

# METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO DIAGNÓSTICO DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 12

Informe final



**SYSTRA**  
MEXISTRA

Handwritten signature in blue ink, circled in blue.

Handwritten signature in blue ink.



# METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

## FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Contratante	Gobierno del Distrito Federal – Secretaría de Obras y Servicios
Proyecto	Metro de la Ciudad de México
Estudio	Diagnóstico del túnel de la línea 12
Naturaleza del documento	Informe final
Fecha	07/07/2015
Nombre del archivo	Informe de diagnóstico del túnel
Referencia	L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1
Confidencialidad	
Idioma del documento	Español
Número de páginas	497

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1


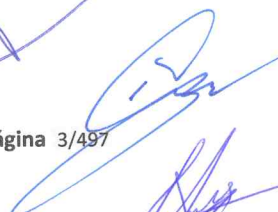

07/07/2015

Página 2/497



**APROBACIÓN**

Versión	Nombre	Función	Fecha	Visa	Modificaciones
1	Autores: Denis KLIPFEL Mexistra	Experto de vía	05/07/2015		
	Verificador: Pierre MANSOZ SYSTRA	Director de proyecto	06/07/2015		
	Autorizado: Pierre SAUTJEAU	Director técnico	07/07/2015		
	Aprobación cliente: Ing. Jorge Armando Barrios Avila	Residente del contrato de Mexistra	07/07/2015		
	Aprobación cliente: D.I. Rodrigo Ortiz de Zarate Cordova	Supervisó	07/07/2015		
2					
3					

## CONTENIDO

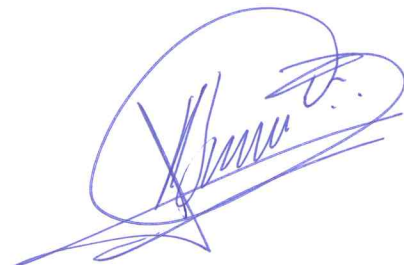
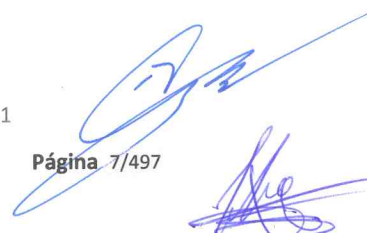
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>15</b>
<b>3.</b>	<b>LISTA TEXTOS REFERENCIALES</b>	<b>17</b>
3.1	NORMAS EUROPEAS	17
3.2	NORMAS NORTEAMERICANAS	18
3.3	NORMAS “UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER” (UIC)	18
3.4	NORMAS FRANCESAS	20
3.5	OTROS TEXTOS DE REFERENCIA	20
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA LINEA 12</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>DOCUMENTOS ENTREGADOS PARA REALIZAR EL ANALISIS</b>	<b>23</b>
5.1	DOCUMENTOS ENTREGADOS POR EL PMDF A SYSTRA	23
5.2	DOCUMENTOS ENTREGADOS POR EL PMDF A MEXISTRA EN ARCHIVO ELECTRÓNICO	26
5.3	DOCUMENTOS ENTREGADOS POR EL PMDF A MEXISTRA EN FORMATO FÍSICO	37
<b>6.</b>	<b>PRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TÚNEL.</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>INSPECCIÓN VISUAL DEL TÚNEL.</b>	<b>46</b>
7.1	CONSTATAIONES GENERALES LUEGO DE LA INSPECCIÓN VISUAL	46
7.2	DIFERENTES COMPONENTES DE LA VÍA	47
<b>8.</b>	<b>EXAMEN DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA</b>	<b>47</b>
8.1	RIELES	47
8.2	DURMIENTES	50
8.3	SISTEMA DE FIJACIÓN	52
8.4	CONTRARRIEL EN LAS CURVAS	53
8.5	BALASTO	54
8.5.1	ESTATUS DEL BALASTO	54
8.5.2	DIAGRAMA DEL ESPESOR DE BALASTO EN EL TÚNEL	56
8.6	GEOMETRÍA DE LA VÍA Y NIVELACIÓN	57

8.7	APARATOS DE VÍA	58
8.8	SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA	62
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS DEL TRAZADO DE VÍA</b>	<b>63</b>
9.1	TRAZADO EN PLANTA	63
9.1.1	RADIO MÍNIMO Y LONGITUD MÍNIMA DE LOS ELEMENTOS	63
9.1.2	PERALTE MÁXIMO, INSUFICIENCIA DE PERALTE, VELOCIDAD MÁXIMA	65
9.2	PERFIL LONGITUDINAL	67
<b>10.</b>	<b>SINTESIS DEL ANALISIS DEL SISTEMA COMPLETO VÍA FÉRREA</b>	<b>67</b>
<b>11.</b>	<b>ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA PLATAFORMA.</b>	<b>68</b>
11.1	PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS PRELIMINARES	68
11.2	MEDICIONES.	69
11.3	ANÁLISIS ESPECÍFICO INTERTRAMO EJE CENTRAL – PARQUE DE LOS VENADOS.	74
11.4	NIVEL DE AGUA	75
11.5	CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS PRELIMINAR	76
<b>12.</b>	<b>ANÁLISIS DETALLADO DE LA PLATAFORMA DEL TÚNEL</b>	<b>77</b>
12.1	INTRODUCCIÓN	77
12.2	ESTUDIO DEL PROYECTO “AS DESIGN”	77
12.2.1	ESTUDIO DEL PROYECTO “AS DESIGN” DE LA PLATAFORMA	77
12.2.2	CONCLUSIONES RELATIVAS AL DISEÑO DE LA PLATAFORMA DEL TÚNEL	86
12.2.3	CARACTERÍSTICAS DE LA SUBCAPA DEL TRAMO EN TÚNEL CON ESCUDO	86
12.2.3.1	Presentación	86
12.2.3.2	Características geotécnicas.	87
12.2.3.2.1	Composición granulometría	87
12.2.3.2.2	Características adicionales	88
12.2.3.2.3	Compactación - Relación resistencia/compactación:	88
12.2.3.3	Conclusiones relativas a la subcapa del tramo en túnel con escudo	89
12.2.4	CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO UTILIZADO EN LOS TRAMOS EN TÚNEL	89
12.2.4.1	Características del concreto ciclópeo	89
12.2.4.2	Conclusiones relativas al concreto ciclópeo	90
12.2.5	SISTEMA DE DRENAJE	90
12.2.5.1	Presentación	90
12.2.5.2	Análisis del proyecto del sistema de drenaje en el tramo en túnel con escudo	90
12.2.5.3	Conclusiones relativas al sistema de drenaje	96
12.3	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN “AS BUILT”	97



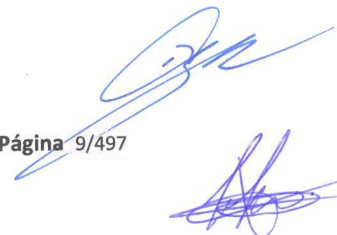
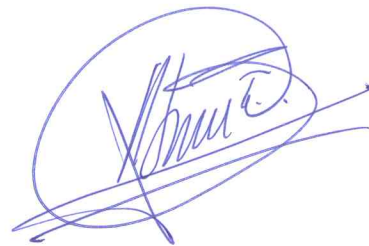
12.3.1	PRESENTACIÓN DE LOS PLANOS AS “AS BUILT” RECIBIDOS	97
12.3.2	METODOLOGÍA DE LAS PRUEBAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA OBRA	102
12.3.3	DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS	102
12.3.3.1	Pruebas para calificar la subcapa y sus desempeños	102
12.3.4.1	Lista de pruebas para calificar el concreto	103
12.3.4.2	Ubicación de las calas	103
12.3.5	PRUEBAS COMPLEMENTARIAS	105
12.3.5.1	Objetivo de las pruebas complementarias	105
12.3.5.2	Ubicación de las líneas georadar	105
12.3.6	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN RELACIÓN CON LA SUBCAPA	108
12.3.6.1	Composición granulométrica	108
12.3.6.2	Proporción de los elementos	114
12.3.6.3	Características adicionales.	116
12.3.6.4	Prueba con cono dinámico de penetración.	120
12.3.6.5	Ensayo Proctor AASHTO modificada ASTM D-1557	124
12.3.6.6	Saturación de agua.	127
12.3.6.7	Conclusiones relacionadas a la calidad de la subcapa	130
12.3.7	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN RELACIÓN CON LA CAPA DE CONCRETO	131
12.3.7.1	Resultados de la pruebas para caracterizar el concreto	131
12.3.7.2	Conclusiones relacionadas al concreto ciclópeo	132
12.3.8	ANÁLISIS DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS	133
12.3.8.1	Levantamiento de los espesores de cada capa	133
12.3.8.2	Conclusiones relacionadas a los espesores de las capas	139
12.3.9	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DRENAJE	139
12.3.9.1	Recordatorio de los comentarios y de las conclusiones del análisis del diseño del sistema de drenaje en el tramo en túnel con escudo	139
12.3.9.2	Funcionamiento del sistema de drenaje	140
12.3.9.3	Levantamiento topográfico	144
12.3.9.4	Cárcamo de rebombeo dren cubeta – PK 24+490	151
12.3.9.5	Conclusiones sobre el sistema de drenaje	154
12.4	RESUMEN Y ACCIONES CORRECTIVAS	155
12.4.1	RIELES	155
12.4.1.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	155
12.4.1.2	Acciones Correctivas	155
12.4.2	DURMIENTES	155
12.4.2.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	155
12.4.2.2	Verificación del sistema calidad durante la producción	155
12.4.2.3	Acciones Correctivas	155
12.4.3	FIJACIONES	156

12.4.3.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	156
12.4.3.2	Verificación del sistema calidad a través de la producción	156
12.4.3.3	Análisis de la instalación de la vía	156
12.4.3.4	Acciones correctivas	156
12.4.4	BALASTO	156
12.4.4.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	156
12.4.4.2	Espesor puesto en obra	157
12.4.4.3	Granulometría – Dureza (ensayos Los Ángeles y Micro-deval)	157
12.4.4.4	Acciones correctivas	157
12.4.5	APARATOS DE VÍA	157
12.4.5.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	157
12.4.5.2	Acciones correctivas	158
12.4.6	CONTRARRIEL	158
12.4.6.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	158
12.4.6.2	Acciones correctivas	158
12.4.7	TRAZO	158
12.4.7.1	Conformidad con las especificaciones técnicas	158
12.4.7.2	Acciones correctivas	158
12.4.8	CAPA DE GRAVA ARENA	159
12.4.8.1	Conformidad con las especificaciones técnicas de la capa de grava arena	159
12.4.8.2	Acciones correctivas	159
12.4.9	CAPA DE CONCRETO CICLÓPEO	159
12.4.9.1	Conformidad con las especificaciones técnicas del concreto ciclópeo	159
12.4.9.2	Acciones correctivas	159
12.4.10	SISTEMA DE DRENAJE	159
12.4.10.1	Conformidad con las especificaciones técnicas del sistema de drenaje	159
12.4.10.2	Acciones correctivas	160
12.4.11	ACCIONES CORRECTIVAS GENERALES EN RELACIÓN CON EL TRAMO DEL EN TÚNEL CON ESCUDO	160
<b>13.</b>	<b>ETAPAS SIGUIENTES</b>	<b>161</b>
<b>14.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>162</b>
<hr/>		
14.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 21+530	162
14.2	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 21+600	174
14.3	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 21+750	182
14.4	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 22+050	192
14.5	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 22+300	204
14.6	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 22+590	212
14.7	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 23+090	224

14.8	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 23+390	232
14.9	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 23+650	244
14.10	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+173	252
14.11	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+273	260
14.12	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+423	268
14.13	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+579	280
14.14	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+733	292
14.15	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+794	304
14.16	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 24+900 Y 24+920	312
14.17	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 25+230 Y 25+250	327
14.18	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 25+640	341
14.19	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 25+770	349
14.20	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 25+970	361
14.21	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 26+320	369
14.22	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 26+380	377
14.23	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 26+540	389
14.24	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 26+900	396
14.25	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 27+120	405
14.26	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PK 27+350	413
14.27	REPORTE FINAL CONCRETO KM 24 + 910-25+240	425
14.28	REPORTE FINAL CONCRETO KM 24 + 423	427
14.29	REPORTE FINAL CONCRETO KM 21+530	429
14.30	REPORTE FINAL CONCRETO KM 20+130 Y 22+300	431
14.31	CALIBRACIÓN DE LOS MICRÓMETROS	433
14.32	CALIBRACIÓN DE ANILLOS DE CARGA	462
14.33	CALIBRACIÓN DE BALANZAS	479
14.34	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL PENETROMETRO DINÁMICO	489
14.35	DGOP-RL12-14-LEV-14-001_026_C 24+020-24+395	491
14.36	DGOP-RL12-14-LEV-14-001_026_C 24+785-24+395	492

14.37	DGOP-RL12-14-LEV-14-001_026_C 25+190-24+785	493
14.38	DGOP-RL12-14-LEV-14-001_026_C 25+295-25+190	494
14.39	LÍNEA 12_EJE CENTRAL - PARQUE VENADOS_DRENAJE 1	495
14.40	LÍNEA 12_EJE CENTRAL - PARQUE VENADOS_DRENAJE 2	496





## INDICE DE LAS FIGURAS

Figura 1.	Principio del "Ciclo en V"	21
Figura 2.	Esquema de la estructura del túnel.	39
Figura 3.	Sección del túnel del PK20+326 al PK21+300.	40
Figura 4.	Sección del túnel del PK21+300 al PK22+470.	41
Figura 5.	Sección del túnel del PK22+470 al PK22+900.	42
Figura 6.	Sección del túnel del PK22+900 al PK 27+390.	43
Figura 7.	Sección del túnel de la estación Insurgentes hasta el final de la Línea.	44
Figura 8.	Sección en cajón, del inicio del túnel hasta el PK20+327.	45
Figura 9.	El espesor de balasto en el túnel varía de 28 a 81 cm	56
Figura 10.	Comunicación 13/23	58
Figura 11.	Esquema de la medición de altura de agua en la subcapa	68
Figura 12.	Altura de agua en el dren	75
Figura 13.	Sección del túnel tipo 1 (del PK20+326 al PK21+300) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.	78
Figura 14.	Sección del túnel tipo 2 (del PK21+300 al PK22+470) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.	79
Figura 15.	Sección del túnel tipo 3 (del PK22+470 al PK22+900) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.	80
Figura 16.	Sección del túnel tipo 4 (del PK22+900 al PK 27+390) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.	81
Figura 17.	Sección transversal (tipo 4) del túnel según plano PMDF-10-IHS-612255-III-0001-32052-P-00	82
Figura 18.	Sección transversal (tipo 4) del túnel según plano PMDF-10-IHS-612255-III-0001-32052-P-00	83
Figura 19.	Sección del túnel de la estación hasta el final de la Línea.	84
Figura 20.	Sección del túnel de la estación Atlalilco hasta el PK20+357.	85
Figura 21.	Relleno grava-arena (tipo base)	86
Figura 22.	Representación gráfica de la granulometría aceptable	88
Figura 23.	Proctor : relación densidad / contenido de agua	89
Figura 24.	Sección transversal del sistema de drenaje con las coladeras de piso (pk 24+680 al pk 25+313)	91
Figura 25.	Sección tipo 4 (PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01)	92
Figura 26.	Tubo central del sistema de drenaje	92
Figura 27.	Vista en planta del sistema de drenaje	93
Figura 28.	Vista isométrica de un registro del sistema de drenaje	93
Figura 29.	Trazado del sistema del drenaje (tipo-extracto de plano PMDF-10-IHS-612255-III-0002-32053-P-00)	94
Figura 30.	Perfil longitudinal del sistema del drenaje (extracto de plano PMDF-10-IHS-612255-III-0002-32053-P-00)	95
Figura 31.	Sección del cajón según el plano PMDF-12-IHS-612225-IV-0001-13416-P-AB (del PK18+958 al PK19+418).	97

Figura 32.	Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612225-IV-0004-13419-P-AB (del PK20+368 al PK20+848).	98
Figura 33.	Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612235-IV-0001-30075-P-AB (del PK21+677 al PK22+190).	99
Figura 34.	Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612255-IV-0001-32052-P-AB (del PK24+029 al PK24+680).	100
Figura 35.	Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612285-IV-0001-34006-P-AB (del PK26+771 al PK27+395).	101
Figura 36.	Explicaciones de la ubicación de las calas en el tramo “Parque de los Venados – Eje Central”	103
Figura 37.	Explicaciones de la ubicación de las calas en el tramo “ en el resto del túnel”	104
Figura 38.	Pruebas en las calas	104
Figura 39.	Explicaciones de la ubicación de las líneas georadar	105
Figura 40.	Ejemplo de línea georadar con ubicación del tubo del dren	106
Figura 41.	Principio del levantamiento	106
Figura 42.	Ejemplo de análisis georadar PK 24+948.2	107
Figura 43.	Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 24+900)	108
Figura 44.	Granulometría de las muestras de grava arena	113
Figura 45.	Proporción de los elementos Grava, Arena, y Elementos Finos	114
Figura 46.	Estratos del documento PMDF-11-MS-612290-III-0301-51442-E-00	115
Figura 47.	Estratos del documento PMDF-11-MS-612290-III-0301-51442-E-00	116
Figura 48.	Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 26+380)	117
Figura 49.	Limite liquido de la grava arena	118
Figura 50.	Índice plástico de la grava arena	119
Figura 51.	Presentación del Cono Dinámico de Penetración (CDP)	121
Figura 52.	Representación gráfica de la compactación con CDP	123
Figura 53.	Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 24+733)	124
Figura 54.	Representación gráfica de la compactación	126
Figura 55.	Ejemplos de resultados de clasificación visual y de contenido de agua (muestra PK 21+600)	128
Figura 56.	Contenido de agua y presencia de agua en el balasto	129
Figura 57.	Representación gráfica de la resistencia del concreto	132
Figura 58.	Espesor de balasto medido en las calas	136
Figura 59.	Espesor de relleno de grava arena medido en las calas	137
Figura 60.	Niveles de las capas previstas en el proyecto y actuales por mediciones con georadar	138
Figura 61.	Explicación de los daños	145
Figura 62.	Registro en contacto con los durmientes	146
Figura 63.	Línea de georadar de un registro en contacto con los durmientes	147
Figura 64.	Análisis georadar de un registro en contacto con los durmientes	148
Figura 66.	Distancia entre el eje del túnel y el sistema de drenaje	149
Figura 67.	Perfil longitudinal del dren en relación con el nivel del fondo cubeta en el tramo “Parque de los Venados-Eje Central”	150
Figura 68.	Cárcamo adicional	152
Figura 69.	Detalle de cárcamo adicional	153

## INDICE DE LAS TABLAS

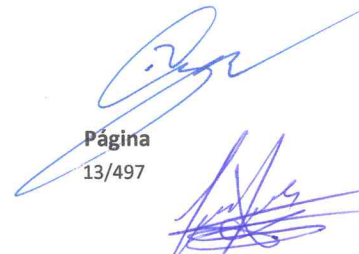
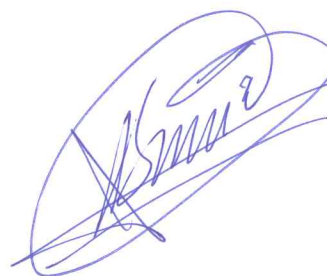
Tabla 1	Lista de abreviaturas	16
Tabla 2	Lista de textos referenciales-Europa	17
Tabla 3	Lista de textos referenciales-USA	18
Tabla 4	Lista de textos referenciales-UIC	19
Tabla 5	Lista de textos referenciales-Francesas	20
Tabla 6	Lista de textos referenciales	20
Tabla 7	Lista de documentos túnel 1	25
Tabla 8	Lista de documentos túnel 2	36
Tabla 9	Lista de los aparatos de vía 1	59
Tabla 10	Lista de los aparatos de vía 2	60
Tabla 11	Resumen de las curvas de radio inferior a 350 m donde existen elementos de trazo que no cumplen la longitud mínima exigida	64
Tabla 12	Lista de curvas en las que se debe reducir el peralte	66
Tabla 13	Requerimientos de granulométricos para una base hidráulica	87
Tabla 14	Características adicionales	88
Tabla 15	Lista de pruebas para calificar la capa de grava arena	102
Tabla 16	Lista de pruebas para calificar el concreto	103
Tabla 17	Lista y objetivos de las pruebas adicionales	105
Tabla 18	Resultados obtenidos con CDP	122
Tabla 19	Resultados obtenidos con Proctor	125
Tabla 20	Resultados de caracterización del concreto ciclópeo	131
Tabla 21	Presencia de manta elastomérica en las calas	134
Tabla 22	Espesores de las capas medidos en las calas	135

## INDICE DE LAS FOTOS

Foto 1.	Head-checking vía 2 Pk 19+075, cerca de la Estación Atlalilco.	48
Foto 2.	fluencia del hongo – Estación Atlalilco Curva N° 37 –vía 2 – PK 19+185	48
Foto 3.	Desgaste ondulatorio de amplitud 5-6 cm - Estación Mixcoac vía 2 PK 28+450	49
Foto 4.	Durmientes fracturados 25+880.5 y 25+881 fila "A"	50
Foto 5.	Nabla rota - PK 25+111	52
Foto 6.	Nabla fisurada, marcada con gis la fisura 25+678 fila "C"	53
Foto 7.	Tornillo de contra riel roto – PK 25+618 Fila D	54
Foto 8.	El balasto contiene una cantidad de finos importante - PK 24+200	54
Foto 9.	Muchos elementos pequeños PK 23+800	55
Foto 10.	Desgaste ondulatorio en la contra-aguja-Comunicación 13/23	59
Foto 11.	Desgaste geométrico-Comunicación 13/23	60
Foto 12.	Desgaste geométrico-Comunicación 13/23	61
Foto 13.	Desgaste ondulatorio-Comunicación 13/23	61



Foto 14.	Desgaste ondulatorio – Aparato de vía 13/23	62
Foto 15.	Problema de punto bajo. Éste está en el PK 24+500, y la bomba está ubicada al km 24+888.	74
Foto 16.	Prueba de compresión de núcleo de concreto con mucha humedad (PK19+600)	131





## 1. INTRODUCCIÓN

La línea 12 del metro de la Ciudad de México fue abierta al público el 30 de octubre del 2012 y es operada con material rodante de tipo ferroviario construido por CAF.

La línea 12 se localiza al sur de la Ciudad de México con dirección oriente-poniente. Tiene una longitud total de vía de 24.5 km, de los cuales 20.28 km son utilizados para servicio de pasajeros, (aproximadamente 11 km corren en túnel de Mixcoac a Atlalilco).

Durante la etapa de realización de pruebas previa a la puesta en servicio de la línea, se empezó a detectar un desgaste ondulatorio prematuro en algunas zonas de curva. Ya en operación, se empezaron a observar fallas estructurales de la vía, al presentarse en el sistema piezas dañadas (durmientes, fijaciones del riel, ruptura de fijaciones de aparatos de dilatación) y una generalización del desgaste ondulatorio del riel en curvas acompañado de desgaste anormal de las ruedas de los trenes que afectaron al funcionamiento y la seguridad de la operación de la línea. Por todo ello, el 12 de marzo del 2014 el servicio de pasajeros fue suspendido entre las estaciones Tláhuac y Atlalilco.

De acuerdo al programa del primer contrato, en su informe de diagnóstico, SYSTRA detectó un cierto número de fallas, particularmente al nivel del diseño, de la realización y del mantenimiento, que permiten explicar las problemáticas encontradas sobre la línea 12, **en su tramo en viaducto**. En el marco del anterior contrato, SYSTRA emitió una lista de **acciones correctivas** a implementar.

Este peritaje constaba de 5 fases:

1. Un diagnóstico
2. Una lista de acciones correctivas a realizar
3. Un proyecto ejecutivo
4. La supervisión del trabajo de rehabilitación con una dirección técnica del proyecto durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre 2014
5. Una asistencia a la certificación con el fin de poder reanudar la operación de la línea en seguridad con un nivel de mantenimiento aceptable

Como recordatorio, el **diagnóstico** se establecía en base a:

- La documentación técnica del proyecto,
- Las inspecciones de los diferentes sistemas (vía, material rodante, obra civil),
- Las notas de cálculo,
- Los estudios y pruebas realizadas por TSO,
- Las pruebas dinámicas realizadas en la vía.

En este contexto, la Secretaría de Obras y Servicios del GDF solicitó una prestación a MEXISTRA con el fin de conocer las causas y dar solución a la problemática presentada en el tramo en túnel de la Línea 12 incluyendo los sistemas de vía, plataforma de la vía y sistema de drenaje.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
14/497




## 2. LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Definición
Arema	Norma norteamericana
CR	Contra-riel
EN	Norma europea
JAP	Junta aislante pegada
LRS	Largos rieles soldados
MR	Material rodante
PK	Placa kilométrica
PMDF	Proyecto Metro Distrito Federal
SA	Soldadura aluminotérmica
STC	Sistema de Transporte Colectivo -
UCI	Union internationale des chemins de fer
NUM	Número
PI	Punto de inflexión
RC	Radio de curva
Lcl	Longitud de clotoide
V	Velocidad
dp	Diferencia de peralte
i (o I)	Insuficiencia de peralte
CT	Punto de paso de la clotoide a la tangente
CC	Punto de paso de la clotoide a la curva circular y viceversa según el sentido de los cadenamientos
TC	Punto de paso de la tangente a la clotoide
LA	Longitud de aplicación
S	Sentido
A	Eje
G	Izquierda
D	Derecha

Abreviatura	Definición
hp	Peralte práctico
ht	Peralte teórico
p	Pendiente
$\Delta i/\Delta t$	Velocidad de variación de insuficiencia de peralte
CDP	Cono dinámico de Penetración
SNCF	Sociedad nacional de ferrocarriles de Francia
UTM	Universal Transversal de Mercator

Tabla 1 Lista de abreviaturas





### 3. LISTA TEXTOS REFERENCIALES

#### 3.1 Normas Europeas

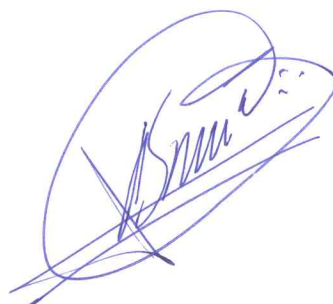
Referencia	Titulo
EN 1 997-1	Eurocode 7 : calcul géotechnique - Partie 1 : règles générales -
EN 1 997-2	Eurocode 7 : calcul géotechnique - Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais
EN 13 146-1 à 9	Méthode d'essai pour les systèmes de fixation
EN 13 230 1-2-5	Traverses béton monobloc
EN 13 231-1 à 8	Travaux de voie ballastée - Qualité géométrique de la voie
EN 13 232-1 à 6	Appareils de voie
EN 13 232-8	Appareils de dilatation
EN 13 450	Granulats pour ballast Voies Ferrées
EN 13 481-1 à 7	Systèmes de fixation
EN 13 674-1	Rails Vignole de masses supérieure ou égale à 46kg/m
EN 13 674-3	Contre Rails
EN 13 803-1	Paramètres de conception du tracé de la voie – Voie courante
EN 13 848-5	Evaluation de la qualité géométrique de la voie
EN 14730-1-2	Soudure Aluminothermique
EN 13715	Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheels. Tread profile
EN 14363	Railway applications. Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Testing of running behavior and stationary tests
EN 50215	Railway applications. Rolling stock. Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service
EN 15427+A1	Railway applications. Wheel/rail friction management. Flange lubrication

Tabla 2 Lista de textos referenciales-Europa

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

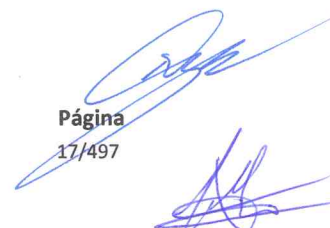
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
17/497





### 3.2 Normas Norteamericanas

Referencia	Titulo
Arema 1997 Volume 1 Track – Chapter 1 Roadway & ballast	2 - Ballast
Arema 2003 Volume 1 Track – Chapter 4	Rails
AREMA ASTM D 698 –AASHTO-T-180	compactación Proctor

Tabla 3 Lista de textos referenciales-USA

### 3.3 Normas “Union internationale des chemins de fer” (UIC)

Referencia	Titulo
406	Capacity
433	Standard General Conditions (SGC) for the introduction into service and operation of privately owned wagons
453	Procedures for air brake tests effected with a powered unit – Provisions concerning international trains
500	Standardisation of transport stock and components. Principles, procedures, results
505-1	Railway transport stock – Rolling stock construction gauge
506	Rules governing application of the enlarged GA, GB, GB1, GB2, GC and GI3 gauges
510-2	Trailing stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters
511	Trailing stock – Wheelbase
518	Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - Safety - Track fatigue - Ride quality
541-08	Brakes – Regulations concerning manufacture of the different brake parts : Derailment detectors for wagons
541-1	Brakes – Regulations concerning the design of brake components
541-5	Brakes – Electropneumatic brake (ep brake) – Electropneumatic emergency brake override (EBO)
544-1	Brakes – Braking power
544-2	Conditions to be observed by the dynamic brake of locomotives and motor coaches so that the extra braking effort produced can be taken into account

Referencia	Titulo
	for the calculation of the braked-weight
567	General provisions for coaches
600	Electric traction with aerial contact line
608	Conditions to be complied with for the pantographs of tractive units used in international services
615-0	Tractive units – Bogies and running gear – General provisions
615-1	Tractive units – Bogies and running gear – General conditions applicable to component parts
710	Minimum track gauge in curves
715-1	Application of digital track geometry analysis to the planning of tamping and lining/levelling work
715-2	Recommendations for management of rails
716	Maximum permissible wear profiles for switches
730-3	Automatic warning of track maintenance gangs
732	Principles for signaling trains routes using wayside signals
774-1	Recommendations for the fatigue design of railway bridges in reinforced and prestressed-concrete
774-3	Track - bridge Interaction. Recommendations for calculations
794-1	Pantograph/overhead line interaction for DC - electrified railway lines
813	Technical specification for the supply of wheelsets for tractive and trailing stock - Tolerances and assembly
UIC ORE S1002	Standardisation of wheel profile

Tabla 4 Lista de textos referenciales-UIC






### 3.4 Normas francesas

Referencia	Título
NF-F-03-402	Railway transport equipment. Wheel sets for standard gauge rolling stock. Theoretical wheel profile V of 135 mm.
PR NF-P-18-545	Granulats - Éléments de définition, conformité et codification
IN-0227	Aparatos de dilatación para largo riel soldado

Tabla 5 Lista de textos referenciales-Francesas

### 3.5 Otros textos de referencia

Referencia	Título
ICA-ALSTHOM-CARSO	Especificación técnica para la ejecución de soldaduras aluminotérmicas en los rieles
ICA-ALSTHOM-CARSO	Especificación técnica para la liberación de esfuerzos en largo riel soldado
ICA-ALSTHOM-CARSO	Manual de mantenimiento de aparatos de dilatación y aparatos de cambio de vía
ICA-ALSTHOM-CARSO	Instrucción técnica para la realineación y renivelación de las vías principales sobre balasto
ICA-ALSTHOM-CARSO	Instrucción técnica para la ejecución de los trabajos de vías
TSO	Informe de control de las soldaduras Línea 12 México
TSO	Informe preliminar de TSO Sobre el diagnóstico de la Línea 12 Bajo el contrato DGOP-AD-L-3-001-14 Control de desgaste de Aparatos de Vía
RAILTECH	Explicación técnica específica de soldadura aluminotérmica. Procedimiento PLA
MEX-S117-REP-0012-B	Informe final de análisis línea 12-VF-REV2.10
EN274-110707-02C	Documento SNCF
MXN-C-169-ONNCCE-2009	Industria de la construcción - Concreto - Extracción de especímenes cilíndricos o prismáticos de concreto hidráulico endurecido
MXN-C-109-ONNCCE-2013	Industria de la Construcción - Concreto hidráulico - Cabeceo de especímenes
MXN-C-083-ONNCCE-2002	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto - Método de prueba

Tabla 6 Lista de textos referenciales

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
20/497



## 4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA LÍNEA 12

El estudio está dividido en dos etapas principales:

Con el objetivo de identificar las causas de las problemáticas encontradas en la línea 12, MEXISTRA ha redactado un plan de investigación en 4 fases basado en el principio del “Ciclo en V”, al cual se integra un análisis de las conclusiones de los análisis ya realizadas o en fase de realización.

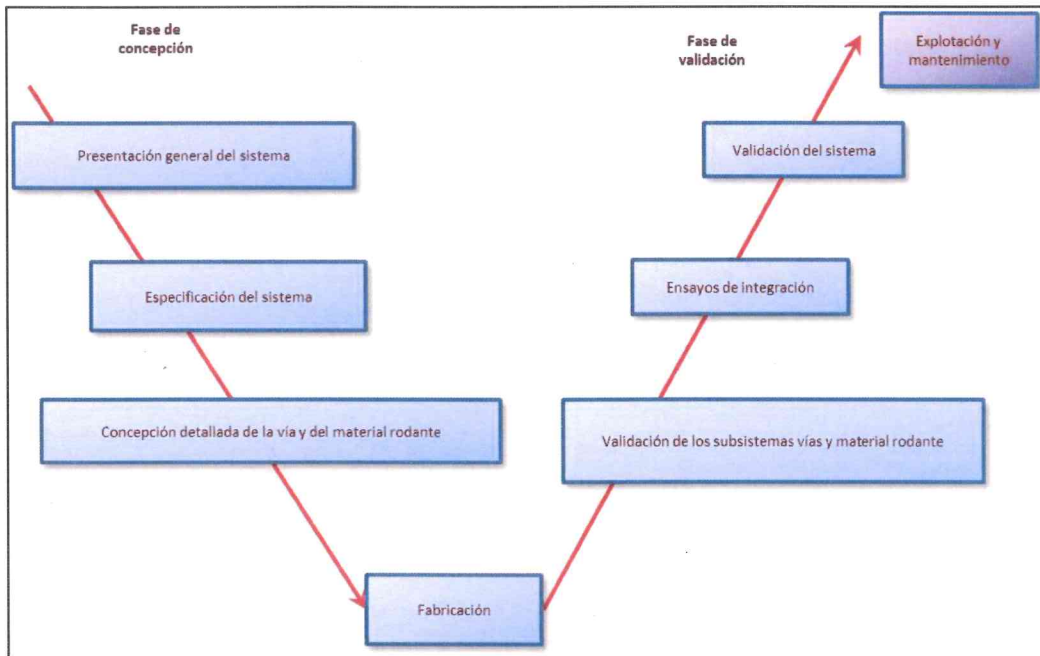


Figura 1. Principio del “Ciclo en V”

En este sentido, se desarrolla el análisis de MEXISTRA según el plan siguiente:

### **Fase 1: Recopilación de las especificaciones técnicas y análisis de los diseños**

- Análisis de los documentos de concepción general del sistema de la línea 12 (especificaciones funcionales y técnicas),
- Análisis de estudios de diseño realizados (ingeniería básica),
- Análisis de los documentos de concepción detallada de los subsistemas túnel y vía (proyecto ejecutivo).
  - MEXISTRA ha dedicado una atención particular a la verificación del respeto de las reglas de concepción, especialmente la toma en cuenta de las interfaces entre los dos subsistemas vía y material rodante y entre los dos subsistemas vía y túnel (subcapa y drenaje).



**Fase 2: Validación de la realización “in situ”**

MEXISTRA ha realizado un análisis in situ de la vía y del túnel (subcapa y drenaje) con el fin de verificar su conformidad con respecto a los documentos de especificaciones técnicas. También se ha utilizado el levantamiento topográfico realizado por la empresa TSO, así como los análisis de la calidad del balasto, de los durmientes y de las fijaciones realizados por un laboratorio de la SNCF durante la primera prestación.

**Fase 3: Recopilación de los datos de validación de los sistemas instalados**

- Análisis de los documentos de validación de los subsistemas túnel (subcapa y drenaje), vía y material rodante,
  - MEXISTRA dedicó una especial atención a la verificación de los ensayos que han permitido validar el rendimiento esperado de las interfaces de estos subsistemas.
- Análisis de los documentos de validación de la integración de los subsistemas.

**Fase 4: Evaluación de las condiciones operacionales**

MEXISTRA auditó la organización implementada para el respeto de las condiciones de operación y de mantenimiento nominal. Para ello, se tomó conocimiento de los manuales de operación y mantenimiento.

El presente informe presenta el resultado preliminar de esta etapa de análisis de las fallas del tramo en túnel de la Línea 12.



## 5. DOCUMENTOS ENTREGADOS PARA REALIZAR EL ANALISIS

Para la revisión física de la situación de las obras civiles y ferroviarias que se ubican en la parte subterránea de la Línea 12, se partió de los planos proporcionados por la DGOP. La mayor parte de estos planos no están marcados como “As-Built” o “Como Construidos”.

### 5.1 Documentos entregados por el PMDF a SYSTRA

Código de Plano	Título del Plano
PMDF-09-EST-612000-III-0020-04761-M-00_	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 20+362 a 21+700
PMDF-09-EST-612000-III-0025-03521-M-01	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 21+620 a 21+774.487
PMDF-10-EST-612000-III-0035-05411-M-00	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 26+774 a 22+900
PMDF-10-EST-612000-III-0051-05426-M-01	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 22+900 a 24+900
PMDF-10-EST-612000-III-0061-05439-M-00	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 24+900 a 26+774.487
PMDF-11-EST-612000-III-0077-05460-M-00	Memoria de cálculo del diseño del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 22+400 a 22+900
PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01	Resumen de las diferentes soluciones aplicadas
	Larguillo documentos estructurales para STC
PMDF-09-MS-612305-III-0044-04658-M-00	Memoria de cálculo para procedimiento constructivo del túnel de cola de maniobras Mixcoac (galibo horizontal de 11.30m). Cola de maniobras Mixcoac lumbrera Revolución a calle Greco cadenamiento: 28+540 a 28+749.431
PMDF-10-MS-612000-III-0116-06067-M-01	Memoria de cálculo de los parámetros y análisis geotécnicos para el diseño de dovelas de la zona homogénea 4. Tramo Eje Central – 20 de Noviembre
PMDF-10-MS-612235-III-0076-06031-M-00	Memoria de cálculo de los parámetros y análisis geotécnicos para el diseño de dovelas de la zona homogénea 2. Tramo Mexicaltzingo – Ermita.
PMDF-11-MS-612000-III-0094-10394-M-00	Memoria de cálculo del diseño geotécnico del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 21+800 a 22+900







Código de Plano	Título del Plano
PMDF-11-MS-612000-III-0096-10396-M-01	Memoria de cálculo del diseño geotécnico del revestimiento de dovelas del túnel. Memoria tipo tramo subterráneo cadenamiento 21+300 a 21+800
PMDF-11-MS-612000-III-0222-06165-M-00	Memoria de cálculo de los parámetros y análisis geotécnicos para el diseño de dovelas de la zona homogénea 5.
PMDF-11-MS-612290-III-0242-06185-B-00	Procedimiento de excavación y construcción de la trabe de borde y acceso a túnel convencional, a través del portal Insurgentes Sur
PMDF-11-MS-612295-III-0223-06166-M-00.	Memoria de cálculo geotécnica del túnel convencional de línea 12 entre la cabecera poniente de la estación insurgentes sur (km 27+544.704) y la lumbrera cadiz (km27+764.007). Insurgentes Sur-Mixcoac
PMDF-11-MS-612305-III-0295-51436-M-00	Memoria de cálculo geotécnica del túnel convencional de línea 12 entre los cadenamientos 28+467.63 al 28+537.38. Colas de maniobras de Mixcoac
PMDF-12-MS-612000-III-0312-05468-B-00.	Características del material tipo base bajo balasto en la cubeta del túnel con dovelas.
PMDF-11-EST-612000-III-0117-50757-B-00_1.	Solución de relleno en cubeta, para dar nivel de proyecto.
PMDF-12-MS-612000-III-0312-05468-B-00.	Características del material tipo base bajo balasto en la cubeta del túnel con dovelas.
Sin referencia	Estudio de calidad de material para relleno
PMDF-09-VI.8-612000-III-0015-02845-E-00	Especificación técnica para el suministro de balasto
PMDF-10-VI.8-612000-III-0101-14949-P-01.	Proyecto información general. Implantación de sistema antivibratorio
PMDF-09-VI.8-612000-III-0427-52633-P-00	Proyecto de sección tipo de cajón en tangente y en curva con sistema de aislamiento de vibraciones a base de manta elastómera
PMDF-09-VI.8-612000-III-0426-52632-P-00	Proyecto de sección tipo en túnel convencional con sistema de aislamiento de vibraciones a base de manta elastómera con losa de flotación
PMDF-09-MS-612305-111-0044-04658-M-00	Instalación pluvial. Proyecto de la red de drenaje en intertramos del cadenamiento 24+680 al 25+313.
NMX-E-215/1-2 SCFI-2003	Sistema de drenaje pluvial dimensiones y especificaciones.
NMX-E-205-SCFI-1997	Instalación, ensamble y prueba de hermeticidad y/o prueba hidrostática de la tubería

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

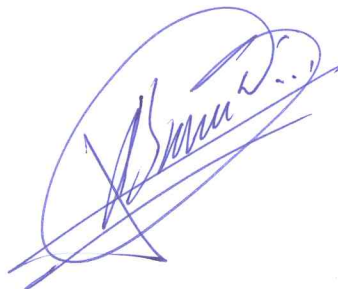
07/07/2015

Página  
24/497

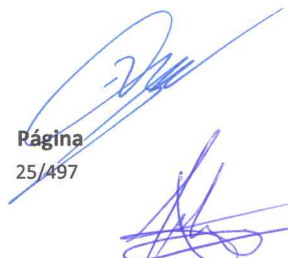
Código de Plano	Título del Plano
P MDF-09-VI.8-612000-III_0023-02853-E-00	Instrucción técnica para la ejecución de los trabajos de vía EN274-110707-02C
DP L 12 004 14	Correspondencia ICA

Tabla 7 Lista de documentos túnel 1

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1  
07/07/2015



Rágina  
25/497



**5.2 Documentos entregados por el PMDF a MEXISTRA en archivo electrónico**

22		CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
<b>CÁRCAMOS</b>			
1	PMDF - 09 - EST - 612230 - III - 0057 - 03341 - P - 00		LOSA DE FONDO CÁRCAMOS DE AGUAS NEGRAS A, B Y C DEFINICIÓN, SECCIÓN, ARMADO
2	PMDF - 09 - EST - 612250 - III - 0070 - 31287 - P - 00		CÁRCAMOS 1 Y 2 DE AGUAS PLUVIALES
3	PMDF - 10 - EST - 612220 - III - 0028 - 13179 - P - 00		ESTACIÓN CÁRCAMOS UBICACIÓN ARMADOS DETALLES ESTACIÓN ATLALILCO LÍNEA L-12 Y PASARELA
4	PMDF - 10 - EST - 612220 - III - 0028 - 13179 - P - 01		ESTACIÓN CÁRCAMOS UBICACIÓN ARMADOS DETALLES
5	PMDF - 10 - EST - 612225 - III - 0029 - 13453 - M - 00		MEMORIA DE CALCULO DE LOS CÁRCAMOS 1 Y 2
6	PMDF - 10 - EST - 612240 - III - 0077 - 30570 - P - 00		CÁRCAMOS DE AGUA PLUVIAL 1 Y 2 DIMENSIONES Y ARMADO ESTACIÓN ERMITA
7	PMDF - 10 - EST - 612240 - III - 0078 - 30571 - P - 00		CÁRCAMOS DE AGUAS NEGRAS 1, 2 Y 3 DIMENSIONES Y ARMADO ESTACIÓN ERMITA
8	PMDF - 10 - EST - 612240 - III - 0118 - 30602 - M - 00		MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL DE CISTERNA Y CÁRCAMOS
9	PMDF - 10 - EST - 612250 - III - 0101 - 31542 - M - 00		MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL DE CÁRCAMOS Y CISTERNAS PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN
10	PMDF - 10 - EST - 612250 - III - 0204 - 39207 - B - 00		SE MODIFICA NIVEL TOPE DE CONCRETO DE LOSA ANDÉN EN ZONA DE CÁRCAMOS PLUVIALES ESTACIÓN EJE CENTRAL PLANO REF. PMDF-10-EST-612250-III-0055-31273-P-01 PMDF-09-EST-612250-III-
11	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0063 - 32150 - P - 00		CÁRCAMOS 1 Y 2 DE AGUAS PLUVIALES ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
12	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0106 - 32245 - M - 00		MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CISTERNA Y CÁRCAMOS.
13	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0115 - 32425 - P - 00		CÁRCAMOS SANITARIOS 2 Y 3 (PLANTA, CORTES Y DETALLES) ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
14	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0204 - 39404 - B - 00		SE INDICA TRASLAPE EN LOSA FONDO PARA ANCLAJE DE CÁRCAMOS 1 Y 2 ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS. PLANO REF. PMDF-10-EST-612260-III-0063-32150-P-00
15	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0210 - 39410 - B - 00		REFUERZO EN LOSA FONDO EN ZONA DE CÁRCAMOS DE CISTERNA ENTRE LOS EJES A-B Y 7-8 Y SE REDUCE EL ESPESOR DE MURO SOBRE CONTRATABES EN EJE B ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS PLANO DE REF. PMDF-10-EST-612260-III-0058-32145-P-01 PMDF-10-EST-612260-III-0048-32182-P-00A
16	PMDF - 11 - EST - 612260 - III - 0217 - 39425 - B - 00		SE MODIFICA NIVEL TOPE DE CONCRETO DE LOSA ANDÉN EN ZONA DE CÁRCAMOS PLUVIALES
17	PMDF - 11 - EST - 612270 - III - 0141 - 33452 - P - 00		CÁRCAMOS PLUVIAL 1 Y CÁRCAMO SANITARIO 2 PLANTA, DIMENSIONES Y ARMADOS ESTACIÓN ZAPATA
18	PMDF - 10 - EST - 612280 - III - 0010 - 33775 - M - 00		MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL DE CÁRCAMOS AGUAS NEGRAS ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
19	PMDF - 10 - EST - 612280 - III - 0080 - 33845 - M - 00		MEMORIA DE CALCULO ESTRUCTURAL DE CÁRCAMOS PLUVIALES EN GALERÍA DE VENTILACIÓN
20	PMDF - 11 - EST - 612290 - III - 0756 - 08060 - M - 00		MEMORIA DE CÁLCULO DE CÁRCAMOS DE AGUAS PLUVIALES, AGUAS NEGRAS Y CISTERNA DE AGUA POTABLE ESTACIÓN INSURGENTES SUR
21	PMDF - 11 - EST - 612300 - III - 0753 - 08057 - M - 00		MEMORIA DE CÁLCULO DE CÁRCAMOS DE AGUAS PLUVIALES AGUAS NEGRAS Y CISTERNA DE AGUA POTABLE ESTACIÓN MIXCOAC
22	PMDF - 11 - EST - 612300 - III - 0753 - 52802 - P - 00		CÁRCAMOS DE AGUAS PLUVIALES Y CÁRCAMOS DE AGUAS NEGRAS ESTACIÓN MIXCOAC
<b>CUBETA</b>			
1	PMDF - 10 - EST - 612000 - III - 0059 - 05435 - M - 00		MEMORIA DE CÁLCULO DEL ARMADO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA DE CONCRETO DEL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS MEMORIA TIPO TRAMO SUBTERRÁNEO CADENAMIENTO 20+362.184 A 21+851
2	PMDF - 10 - EST - 612000 - III - 0060 - 05434 - P - 00		ARMADO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA DE CONCRETO DEL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS. PLANO TIPO CAD. 20+362.184 A 21+851
3	PMDF - 10 - EST - 612000 - III - 0060 - 05434 - P - 01		ARMADO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA DE CONCRETO DEL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS PLANO TIPO CAD. 20+362.184 A 21+851
4	PMDF - 10 - EST - 612000 - III - 0075 - 05457 - P - 00		ALTERNATIVA DE ARMADO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA DE CONCRETO A BASE DE MALLAS EN EL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS PLANO TIPO CAD. 20+362.184 AL 21+851
5	PMDF - 10 - EST - 612000 - III - 0075 - 05457 - P - 01		ALTERNATIVA DE ARMADO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA DE CONCRETO A BASE DE MALLAS EN EL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS PLANO TIPO CAD. 20+362.184 A 21+320
6	PMDF - 10 - EST - 612230 - III - 0006 - 09206 - B - 01		SOLUCIÓN DE CUBETA Y DE NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN MEXICALTZINGO
7	PMDF - 10 - EST - 612260 - III - 0036 - 05336 - B - 00		CONEXIÓN LOSA DE FONDO CON MURO MILÁN CABECERO EXISTENTE EN ZONA DE CUBETA. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
8	PMDF - 11 - EST - 612000 - III - 0067 - 05446 - P - 00		ARMADO ESTRUCTURAL DE CUBETA DE CONCRETO DEL TÚNEL DE DOVELAS PREFABRICADAS PLANO TIPO. CAD. 21+851 A 22+900
9	PMDF - 11 - EST - 612230 - III - 0006 - 09206 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN MEXICALTZINGO
10	PMDF - 11 - EST - 612240 - III - 0025 - 09025 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELAS Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN ERMITA
11	PMDF - 11 - EST - 612250 - III - 0026 - 09026 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y DE NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN EJE CENTRAL
12	PMDF - 11 - EST - 612260 - III - 0027 - 09027 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y DE NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
13	PMDF - 11 - EST - 612270 - III - 0028 - 09028 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y DE NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN ZAPATA
14	PMDF - 11 - EST - 612270 - III - 0094 - 50093 - B - 00		SUSTITUCIÓN DE CUBETA POR LOSA CORRIDA EN CAJA RECEPTORA ESTACIÓN ZAPATA PLANO REF. PMDF-10-IHS-612270-III-0029-33283-P PMDF-11-ARQ-612270-III-0308-33390-P PMDF-11-EST-612270-III-0110-
15	PMDF - 11 - EST - 612280 - III - 0029 - 09029 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA Y DE NIVEL DE SUBRASANTE PARA UNIFORMIZAR EL CONTACTO ENTRE DOVELA Y LOSA DE FONDO ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
16	PMDF - 11 - EST - 612295 - III - 0033 - 08934 - B - 00		SOLUCIÓN DE CUBETA PARA OBTENER NIVEL SUBRASANTE EN LUMBRERA DE SALIDA (CÁDIZ) TRAMO INSURGENTES SUR - MIXCOAC

22	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
	DRENAJE	
1	P MDF - 10 - EST - 612280 - III - 0204 - 39804 - B - 00	SE ADICIONA VIGA PARA APOYO DE VIGA TC-3 UBICADA EN NIVEL DE DESCANSO NTC 2243.33 DE LA ESCALERA DE ACCESO 2 Y SE AGREGA PROYECCIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE PLANO DE REF. PMDF-10-EST-612280-III-0051-33816-P
2	P MDF - 11 - EST - 612230 - III - 0027 - 05727 - B - 00	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y SOLUCIÓN A LÍNEAS SECUNDARIAS DE DRENAJE - PROYECTO EJECUTIVO DE DESVÍO DE COLECTOR Ø= 1.07 M SUBTRAMO. INCORPORACIÓN PERIFÉRICO Y AV.
3	P MDF - 11 - EST - 612260 - III - 0221 - 39431 - B - 00	SE ACTUALIZA PLANTA DE ESCALERA -1 COLOCANDO LOS REGISTROS Y ADICIONANDO UNA REJILLA PARA EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE ACUERDO AL PROYECTO HIDRÁULICO ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS PLANO DE REF. PMDF-10-EST-612260-III-0071-32193-P-01

Metro de la Ciudad de México

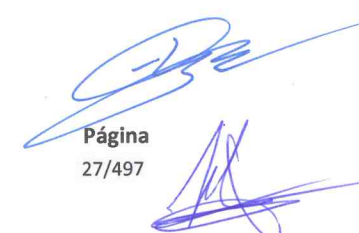
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015



Página  
27/497



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
<b>CÁRCAMOS</b>		
1	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0034 - 30650 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMOS SANITARIOS 2 Y 3 A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO.
2	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0037 - 30653 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2 A RED MUNICIPAL" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN ERMITA.
3	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0021 - 31432 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS SANITARIOS. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
4	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0021 - 31432 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS SANITARIOS. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
5	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0030 - 31441 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMOS A RED MUNICIPAL" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
6	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0030 - 31441 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2 A RED MUNICIPAL". ESTACIÓN EJE CENTRAL.
7	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0031 - 31442 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
8	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0031 - 31442 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
9	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0030 - 32276 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMOS A RED MUNICIPAL" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
10	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0030 - 32276 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2 A RED MUNICIPAL" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
11	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0036 - 32282 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE LOS CÁRCAMOS 2 Y 3 A RED MUNICIPAL" PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN
12	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0036 - 32282 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMOS SANITARIOS 2 Y 3 A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
13	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0037 - 32283 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
14	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0037 - 32283 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS SANITARIOS. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
15	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0022 - 33276 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DESCARGA DE CÁRCAMOS SANITARIOS 1 Y 2 A RED MUNICIPAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO.
16	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0038 - 33292 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS PLUVIALES" ESTACIÓN ZAPATA.
17	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0039 - 33293 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DESCARGA DE "CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2" A RED MUNICIPAL PLANTA Y CORTES ESTACIÓN ZAPATA.
18	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0044 - 33430 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMOS SANITARIOS ESTACIÓN ZAPATA.
19	PMDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0031 - 33908 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DESCARGA DE CÁRCAMOS PLUVIALES 1 Y 2 A RED MUNICIPAL PLANTA Y CORTES ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE.
20	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0104 - 39008 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DE REGISTROS PLUVIALES CUYA DESCARGA ES HACIA CÁRCAMOS PLUVIALES ENTRE LOS CADENAMIENTOS 22+843.815 AL 22+997.818 REF.: PMDF-10-IHS-612240-III-0023-30639-P.
21	PMDF - 11 - IHS - 612250 - III - 0105 - 39218 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DE REGISTROS PLUVIALES CUYA DESCARGA ES HACIA CÁRCAMOS PLUVIALES ENTRE LOS CADENAMIENTOS 24+029.161 AL 23+875.161 REF.: PMDF-10-IHS-612250-III-0023-31434-P.
22	PMDF - 11 - IHS - 612260 - III - 0106 - 39443 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DE REGISTROS PLUVIALES CUYA DESCARGA ES HACIA CÁRCAMOS PLUVIALES ENTRE LOS CADENAMIENTOS 25+459.198 AL 25+305.206 REF.: PMDF-10-IHS-612260-III-0023-32269-P.
23	PMDF - 11 - IHS - 612270 - III - 0107 - 39636 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DE REGISTROS PLUVIALES CUYA DESCARGA ES HACIA CÁRCAMOS PLUVIALES ENTRE LOS CADENAMIENTOS 26+209.708 AL 26+417.608 REF.: PMDF-10-IHS-612270-III-0028-33282-P. REF. PMDF-10-
24	PMDF - 11 - IHS - 612280 - III - 0108 - 39812 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DE REGISTROS PLUVIALES CUYA DESCARGA ES HACIA CÁRCAMOS PLUVIALES ENTRE LOS CADENAMIENTOS 26+771.885 AL 26+617.885 REF.: PMDF-10-IHS-612280-III-0020-33897-P.
<b>CUBETA</b>		
1	PMDF - 11 - IHS - 612000 - III - 0021 - 50760 - B - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DEL DREN CUBETA DE INTERTRAMOS PARA TÚNEL CON DOVELAS.
<b>DRENAJE</b>		
1	PMDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0001 - 30075 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTOS 21+677.88 AL 22+190.00 (PLANTA Y PERFIL 1 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN MEXICALTZINGO -ESTACIÓN
2	PMDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0002 - 30076 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 22+200.00 AL 22+850.37 (PLANTA Y PERFIL 2 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN MEXICALTZINGO -ESTACIÓN
3	PMDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0004 - 30095 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA SUR 81 KM 21+680 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 81 KM 21+680"



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
4	PMPDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0006 - 30097 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMO PLUVIAL A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA SUR 81 KM 21+680 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 81 KM 21+680"
5	PMPDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0007 - 30098 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES DE DRENAJE Y CÁRCAMO PLUVIAL LUMBRERA SUR 81 KM 21+680 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 81 KM 21+680"
6	PMPDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0008 - 30099 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL KM 21+680 TRAMO MEXICALTZINGO - ERMITA
7	PMPDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0009 - 30100 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA SUR 73 KM 22+160.00 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 73 KM 22+160.00"
8	PMPDF - 10 - IHS - 612235 - III - 0010 - 30101 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE "DETALLES GENERALES DE DRENAJE Y CÁRCAMO PLUVIAL LUMBRERA SUR 73 KM 22+160" ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 73 KM 22+160"
9	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0001 - 30617 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ESTACIÓN "ERMITA" ENTRE LOS CADENAMIENTOS 22+843.815 AL 22.997.815
10	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0012 - 30628 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIOS PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN
11	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0013 - 30629 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "CUARTOS DE ASEO ACERA SUR Y ACERA NORTE" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN ERMITA
12	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0014 - 30630 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE NIVEL MEZZANINE "CRUCE DE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA Y CORTES ESTACIÓN ERMITA
13	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0015 - 30631 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ERMITA.
14	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0016 - 30632 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" ACERA NORTE PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO.
15	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0017 - 30633 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" ACERA SUR PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO.
16	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0019 - 30635 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMO SANITARIO 1 A RED MUNICIPAL" PLANTA Y CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ERMITA.
17	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0020 - 30636 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ERMITA.
18	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0021 - 30637 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SANITARIOS, PARA CONDUCTORES ACERA SUR Y NORTE (PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO) ESTACIÓN
19	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0022 - 30638 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ERMITA.
20	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0023 - 30639 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDÉN Y BAJO ANDÉN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ERMITA.
21	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0024 - 30640 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 4. ESTACIÓN ERMITA.
22	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0025 - 30641 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES. ESTACIÓN ERMITA.
23	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0026 - 30642 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ERMITA.
24	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0027 - 30643 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 4. ESTACIÓN ERMITA.
25	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0029 - 30645 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES GENERALES. ESTACIÓN
26	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0038 - 30654 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES. ESTACIÓN ERMITA.
27	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0039 - 30655 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMO SANITARIO. ESTACIÓN ERMITA.
28	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0041 - 30657 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLES DE ACCESOS 1, 2 Y 3. ESTACIÓN ERMITA.
29	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0042 - 30384 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO A" PLANTA GENERAL PASARELA ERMITA
30	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0044 - 30386 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO A" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTAS EN DIFERENTES NIVELES PASARELA ERMITA
31	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0045 - 30387 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO A" "CONEXIÓN A INFRAESTRUCTURA DELEGACIONAL"
32	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0046 - 30388 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO A" "MÓDULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO PASARELA ERMITA
33	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0047 - 30389 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B Y C" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES PASARELA ERMITA
34	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0048 - 30390 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B Y C" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO PASARELA
35	PMPDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0050 - 30392 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO "B" PLANTA GENERAL PASARELA ERMITA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
29/497



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
36	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0051 - 30393 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO "B" "CONEXIÓN A INFRAESTRUCTURA DELEGACIONAL" PASARELA ERMITA
37	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0053 - 30395 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO "B" MODULO SANITARIO PARA EMPLEADOS PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO PASARELA ERMITA
38	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0054 - 30396 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 CUERPO "B" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE PLANTAS EN DIFERENTES NIVELES PASARELA ERMITA
39	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0055 - 30397 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO C" " DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTAS EN DIFERENTES NIVELES PASARELA ERMITA
40	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0056 - 30398 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL PASARELA ERMITA
41	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0057 - 30821 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 3 DE 4. ESTACIÓN ERMITA.
42	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0058 - 30822 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 4 DE 4. ESTACIÓN ERMITA.
43	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0061 - 30906 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 CUERPO D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE CORTES E ISOMÉTRICO
44	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0062 - 30907 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B, C Y D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES PASARELA ERMITA
45	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0065 - 30910 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO A Y B" DETALLES GENERALES PASARELA ERMITA
46	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0067 - 30994 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES. ESTACIÓN ERMITA.
47	PMDF - 10 - IHS - 612240 - III - 0067 - 52415 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL
48	PMDF - 10 - IHS - 612245 - III - 0001 - 31063 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 22+997.18 AL 23+520.00 (PLANTA Y PERFIL 1 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN ERMITA- ESTACIÓN EJE CENTRAL.
49	PMDF - 10 - IHS - 612245 - III - 0002 - 31064 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 23+520.00 AL 23+890.26 (PLANTA Y PERFIL 2 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN ERMITA- ESTACIÓN EJE CENTRAL.
50	PMDF - 10 - IHS - 612245 - III - 0003 - 31065 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE PLANTA GENERAL, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA BALBOA KM 23+342.72 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON CAMBIO DE TÍTULO EN "LUMBRERA"
51	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0001 - 31412 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ENTRE LOS CADENAMIENTOS 23+875.161 AL 24+029.161
52	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0012 - 31423 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MODULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
53	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0012 - 31423 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MODULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
54	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0013 - 31424 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "CUARTO DE ASEO Y GENERALES" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
55	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0013 - 31424 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "CUARTO DE ASEO Y GENERALES" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN EJE CENTRAL.
56	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0014 - 31425 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "CRUCE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
57	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0014 - 31425 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "CRUCE DE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
58	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0015 - 31426 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS", PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
59	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0015 - 31426 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
60	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0016 - 31427 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MODULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
61	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0016 - 31427 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MODULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
62	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0017 - 31428 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SERVICIOS PARA EMPLEADOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
63	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0017 - 31428 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SERVICIOS PARA EMPLEADOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
64	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0019 - 31430 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMO A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
65	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0019 - 31430 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMO SANITARIO 1 A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
66	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0020 - 31431 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
67	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0020 - 31431 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
68	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0022 - 31433 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
69	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0022 - 31433 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
70	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0023 - 31434 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDEN Y BAJO ANDEN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
71	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0023 - 31434 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDEN Y BAJO ANDEN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
72	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0024 - 31435 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
73	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0024 - 31435 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
74	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0025 - 31436 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 2. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
75	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0025 - 31436 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 5. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
76	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0026 - 31437 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 2. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
77	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0026 - 31437 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 5. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
78	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0027 - 31438 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
79	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0027 - 31438 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
80	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0031 - 31442 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES ESTACIÓN EJE CENTRAL.
81	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0031 - 31442 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES ESTACIÓN EJE CENTRAL.
82	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0032 - 31443 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESO NORTE. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
83	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0032 - 31443 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESOS ACERA NORTE. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
84	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0033 - 31444 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESOS SUR. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
85	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0033 - 31444 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESOS ACERA SUR. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
86	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0036 - 31447 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 3 DE 5. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
87	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0037 - 31448 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 4 DE 5. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
88	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0038 - 31449 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 5 DE 5. ESTACIÓN EJE CENTRAL.
89	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0039 - 31450 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES ESTACIÓN EJE CENTRAL.
90	PMDF - 10 - IHS - 612250 - III - 0039 - 31450 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES ESTACIÓN EJE CENTRAL.
91	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0001 - 32052 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 24+014.55 AL 24+670.00 (PLANTA Y PERFIL 1 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN EJE CENTRAL - ESTACIÓN PARQUE
92	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0002 - 32053 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 24+680.00 AL 25+313.76 (PLANTA Y PERFIL 2 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN EJE CENTRAL - ESTACIÓN PARQUE
93	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0004 - 32058 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA VERTIZ KM 24+890 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA VERTIZ KM 24+890"
94	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0006 - 32060 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMO PLUVIAL A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO LOCALIZADO EN LUMBRERA KM 24+880 TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS
95	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0006 - 32060 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DESCARGA DE CÁRCAMO PLUVIAL A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA VERTIZ KM 24+890 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA VERTIZ KM 24+890"
96	PMDF - 10 - IHS - 612255 - III - 0007 - 32061 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES DE DRENAJE Y CÁRCAMO PLUVIAL LUMBRERA VERTIZ KM 24+890 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA VERTIZ KM 24+890"
97	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0001 - 32247 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ENTRE LOS CADENAMIENTOS 25+305.206 AL 25+459.198
98	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0001 - 32247 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ENTRE LOS CADENAMIENTOS 25+305.206 AL 25+459.198
99	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0011 - 32257 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
100	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0012 - 32258 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE
101	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0012 - 32258 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN PARQUE
102	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0013 - 32259 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SANITARIO PARA CONDUCTORES, CÁRCAMO 2 Y CUARTO DE ASEO ACERA NORTE (PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO). ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
31/497



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
103	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0013 - 32259 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SANITARIOS, ASEO Y GENERALES" ACERA NORTE (PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO) ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
104	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0014 - 32260 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SANITARIO PARA CONDUCTORES, CÁRCAMO 3 Y CUARTO DE ASEO ACERA SUR (PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO). ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
105	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0014 - 32260 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN SANITARIOS, ASEO Y GENERALES (ACERA SUR) (PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO) ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
106	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0015 - 32261 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN PARQUE
107	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0015 - 32261 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN PARQUE
108	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0016 - 32262 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "CRUCE DE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA Y CORTES. ESTACIÓN PARQUE
109	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0017 - 32263 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SERVICIOS PARA EMPLEADOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
110	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0018 - 32264 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO CÁRCAMO 1 (DRENAJE SANITARIO) "GEOMÉTRICO Y FUNCIONAL" PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
111	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0021 - 32267 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
112	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0022 - 32268 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
113	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0023 - 32269 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDÉN Y BAJO ANDÉN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
114	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0024 - 32270 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
115	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0025 - 32271 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 2 ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
116	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0026 - 32272 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 2. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
117	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0026 - 32272 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 2 ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
118	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0029 - 32275 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES GENERALES. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
119	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0029 - 32275 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES GENERALES. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
120	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0031 - 32277 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
121	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0035 - 32281 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMO 1 A RED MUNICIPAL" PLANTA CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS.
122	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0038 - 32284 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESO SUR ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
123	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0039 - 32357 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES GENERALES. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
124	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0043 - 32361 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "DESCARGA DE CÁRCAMO SANITARIO 1 A RED MUNICIPAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS
125	PMDF - 10 - IHS - 612260 - III - 0045 - 32435 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES. ESTACIÓN: PARQUE DE LOS VENADOS
126	PMDF - 10 - IHS - 612265 - III - 0001 - 32770 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 25+457.20 AL 26+029.44 (PLANTA Y PERFIL) TRAMO ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS ESTACIÓN
127	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0001 - 33255 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ENTRE LOS CADENAMIENTOS 26+055.708 AL 26+209.708
128	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0013 - 33267 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL VESTÍBULO Y MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ZAPATA
129	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0014 - 33268 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL VESTÍBULO "MÓDULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ZAPATA
130	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0015 - 33269 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "SANITARIO EN TAQUILLA NIVEL VESTÍBULO Y CUARTO DE EXTRACCIÓN NIVEL MEZZANINE" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ZAPATA
131	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0016 - 33270 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL VESTÍBULO "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ZAPATA
132	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0017 - 33271 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "SERVICIO PARA EMPLEADOS" PLANTA GENERAL. ESTACIÓN ZAPATA
133	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0018 - 33272 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "CUARTOS DE ASEO Y GENERALES" 1 DE 2 PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN ZAPATA
134	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0019 - 33273 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDÉN "CUARTOS DE ASEO Y GENERALES" 2 DE 2 PLANTAS, CORTES E ISOMÉTRICO. ESTACIÓN: ZAPATA
135	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0023 - 33277 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL VESTÍBULO CRUCE DE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS PLANTAS Y CORTE. ESTACIÓN: ZAPATA
136	PMDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0024 - 33278 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES. ESTACIÓN ZAPATA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
32/497



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
137	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0025 - 33279 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL VESTÍBULO "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN" PLANTA GENERAL ESTACIÓN ZAPATA
138	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0026 - 33280 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL VESTÍBULO "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL ESTACIÓN ZAPATA
139	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0027 - 33281 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL ESTACIÓN ZAPATA
140	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0028 - 33282 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDEN Y BAJO ANDEN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL ESTACIÓN ZAPATA
141	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0029 - 33283 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES ESTACIÓN ZAPATA
142	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0030 - 33284 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO ESTACIÓN ZAPATA
143	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0031 - 33285 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 5 ESTACIÓN ZAPATA
144	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0034 - 33288 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 5 ESTACIÓN ZAPATA
145	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0035 - 33289 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 3 DE 5 ESTACIÓN ZAPATA
146	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0036 - 33290 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 4 DE 5 ESTACIÓN ZAPATA
147	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0037 - 33291 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 5 DE 5 ESTACIÓN ZAPATA
148	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0040 - 33294 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "NIVEL VESTÍBULO" DETALLE DE ACCESOS PONIENTE ESTACIÓN ZAPATA
149	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0041 - 33427 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "NIVEL VESTÍBULO" DETALLE DE ACCESOS ORIENTE ESTACIÓN ZAPATA
150	P MDF - 10 - IHS - 612270 - III - 0045 - 32961 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES ESTACIÓN ZAPATA
151	P MDF - 10 - IHS - 612275 - III - 0001 - 33457 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 26+216.86 AL 26.630.44 (PLANTA Y PERFIL) TRAMO: ESTACIÓN ZAPATA - ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
152	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0001 - 33963 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE ENTRE LOS CADENAMIENTOS 26+617.885 AL 26+771.885
153	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0001 - 33963 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL ENTRE LOS CADENAMIENTOS 26+617.885 AL 26+771.885
154	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0011 - 33888 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA GENERAL ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
155	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0012 - 33889 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EMPLEADOS" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN 20 DE
156	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0013 - 33890 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "MÓDULO SANITARIO PARA EL PÚBLICO" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN 20 DE
157	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0014 - 33891 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL MEZZANINE "CRUCE DE DESCARGA ENTRE MÓDULOS SANITARIOS" PLANTA Y CORTE ESTACIÓN 20 DE
158	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0015 - 33892 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDEN "SERVICIOS PARA EMPLEADOS" PLANTA GENERAL ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
159	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0016 - 33893 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO NIVEL ANDEN "CUARTOS DE ASEO Y EXTRACCIÓN" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
160	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0018 - 33895 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DESCARGA DE CÁRCAMO SANITARIO 1 A RED MUNICIPAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO ESTACIÓN 20 DE
161	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0019 - 33896 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
162	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0020 - 33897 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL ANDEN Y BAJO ANDEN "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
163	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0021 - 33898 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
164	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0022 - 33899 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO.
165	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0025 - 33902 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 1 DE 5 ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
166	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0026 - 33903 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 2 DE 5 ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
167	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0027 - 33904 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 3 DE 5 ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
168	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0028 - 33905 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 4 DE 5
169	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0029 - 33906 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES 5 DE 5 ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
170	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0030 - 33907 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES DE CÁRCAMO PLUVIALES 1 Y 2 ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
171	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0032 - 33909 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESOS ACERA NORTE ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
172	P MDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0033 - 33910 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL" DETALLE DE ACCESOS ACERA SUR ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
173	PMDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0036 - 33913 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
174	PMDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0037 - 33914 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES GENERALES DE CÁRCAMO SANITARIO ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE
175	PMDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0038 - 33916 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES.
176	PMDF - 10 - IHS - 612280 - III - 0038 - 33916 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL LOSA TAPA SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN LA LOSA TAPA PLANTA, CORTES Y DETALLES
177	PMDF - 10 - IHS - 612285 - III - 0001 - 34006 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 26+759.34 AL 27+421.26 (PLANTA Y PERFIL) TRAMO: ESTACIÓN 20 DE NOVIEMBRE ESTACIÓN INSURGENTES
178	PMDF - 10 - IHS - 612295 - III - 0001 - 34566 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 27+514.24 AL 27+920.00 (PLANTA Y PERFIL 1 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN INSURGENTES SUR- ESTACIÓN
179	PMDF - 10 - IHS - 612295 - III - 0002 - 34567 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 27+920.00 AL 28+282.41 (PLANTA Y PERFIL 2 DE 2) TRAMO: ESTACIÓN INSURGENTES SUR - ESTACIÓN
180	PMDF - 10 - IHS - 612305 - III - 0001 - 35259 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CADENAMIENTO 28+460.00 AL 28+760.00 (PLANTA Y PERFIL) TRAMO: ESTACIÓN MIXCOAC - COLA DE MANIOBRAS MIXCOAC
181	PMDF - 10 - IHS - 612305 - III - 0002 - 35260 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DETALLES DE REGISTROS Y CUBIERTA DE DREN LATERAL DETALLES TRAMO: ESTACIÓN MIXCOAC- COLA DE MANIOBRAS MIXCOAC
182	PMDF - 10 - IHS - 612307 - III - 0012 - 51363 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL CÁRCAMO PLUVIAL 2 'GEOMÉTRICO Y FUNCIONAL' PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO
183	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0003 - 35497 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 11.
184	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0004 - 35504 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO 11
185	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0005 - 35505 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS RED DE DRENAJE EN GALERÍA DE CONEXIÓN A TÚNEL PLANTA Y CORTE SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN N.º 11 (ERMITA)
186	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0006 - 21761 - P - 00	DRENAJE PLUVIAL SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-04 PK 10+040
187	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0006 - 22657 - P - 00	DRENAJE PLUVIAL SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN 05 PK 11+988.
188	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0008 - 20376 - P - 00	DRENAJE PLUVIAL SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-01 PK 4+535
189	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0008 - 35511 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 12 TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS
190	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0009 - 35512 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 12 TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS
191	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0009 - 35512 - P - 02	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 12 TRAMO: EJE CENTRAL PARQUE DE LOS VENADOS
192	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0010 - 35516 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS RED DE DRENAJE EN TRINCHERA PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 12 TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS
193	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0013 - 35539 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO.13.
194	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0014 - 35540 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 13.
195	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0015 - 35541 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO RED DE DRENAJE EN TRINCHERA PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO.13.
196	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0018 - 35544 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PLANTA, CORTES, ISOMÉTRICO Y DETALLES "SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 14" TRAMO: INSURGENTES SUR
197	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0018 - 35544 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO PLANTA, CORTES, ISOMÉTRICO Y DETALLES "SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 14" TRAMO: INSURGENTES SUR
198	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0019 - 35545 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES, ISOMÉTRICO Y DETALLES "SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 14" TRAMO: INSURGENTES SUR
199	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0019 - 35545 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PLANTA, CORTES, ISOMÉTRICO Y DETALLES "SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 14" TRAMO: INSURGENTES SUR
200	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0020 - 35546 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS RED DE DRENAJE EN GALERÍA DE CONEXIÓN A TÚNEL PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 14 (AUGUSTO RODIN) TRAMO: INSURGENTES
201	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0020 - 35546 - P - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO RED DE DRENAJE EN GALERÍAS DE CONEXIÓN A TÚNEL PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN N.º 14 (AUGUSTO RODIN). TRAMO INSURGENTES SUR - MIXCOAC.
202	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0022 - 35547 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO CÁRCAMO SANITARIO "GEOMÉTRICO Y FUNCIONAL" PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 11.
203	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0023 - 35548 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DESCARGA DE CÁRCAMO SANITARIO A RED MUNICIPAL PLANTA Y CORTES SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 11.
204	PMDF - 10 - IHS - 612320 - III - 0024 - 35549 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES DE CÁRCAMO SANITARIO SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO. 11.
205	PMDF - 11 - IHS - 612235 - III - 0003 - 30077 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTER-TRAMOS LUMBRERA VÍA LÁCTEA A LA COLA DE MANIOBRAS MIXCOAC (CASETA DEL VISITADOR) ENTRE LOS CADENAMIENTOS 21+670.00 AL 28+749.43
206	PMDF - 11 - IHS - 612235 - III - 0012 - 30103 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DESCARGA DE CÁRCAMO PLUVIAL A RED MUNICIPAL PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO LUMBRERA SUR 73 KM 22+160.000 ACLARACIÓN: SE AUTORIZA CON ELIMINACIÓN EN EL TÍTULO DE "LUMBRERA SUR 73 KM 22+160.000"
207	PMDF - 11 - IHS - 612235 - III - 0013 - 30104 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL LUMBRERA SUR 73 KM. 22+160.00
208	PMDF - 11 - IHS - 612235 - III - 0030 - 52014 - B - 00c	INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y PLUVIALES PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL CÁRCAMO EN LUMBRERA SUR 81 TRAMO ERMITA - MEXICALTZINGO CAD 21+680.000
209	PMDF - 11 - IHS - 612235 - III - 0030 - 52014 - B - 01	INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y PLUVIALES PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL CÁRCAMO EN LUMBRERA SUR 81

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
34/497



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
210	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0039 - 52412 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL DE LA REJILLA DE VENTILACIÓN MAYOR CABECERA ORIENTE
211	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0047 - 30389 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B Y C" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES PASARELA ERMITA
212	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0048 - 30390 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B Y C" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" ISOMÉTRICO PASARELA
213	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0055 - 30397 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO C" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA EN DIFERENTES NIVELES PASARELA ERMITA
214	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0056 - 30398 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPO D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" PLANTA GENERAL PASARELA
215	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0061 - 30906 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 CUERPO "D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE CORTES E ISOMÉTRICO
216	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0062 - 30907 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA A LÍNEA 2 "CUERPOS A, B, C Y D" "DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN Y RED DE DRENAJE" DETALLES GENERALES PASARELA ERMITA
217	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0066 - 30911 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA L12 A L2 ENTRE LOS CADENAMIENTOS 23+018.37 AL 23+135.93
218	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0066 - 30911 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL PASARELA DE CORRESPONDENCIA L12 A L2 ENTRE LOS CADENAMIENTOS 23+018.37 AL 23+135.93
219	PMDF - 11 - IHS - 612240 - III - 0352 - 53482 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL CUARTO DE VENTILACIÓN MAYOR CABECERA PONIENTE NIVEL VESTÍBULO ESTACIÓN ERMITA L-12 ESTACIÓN ERMITA
220	PMDF - 11 - IHS - 612245 - III - 0007 - 31080 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL LUMBRERA BALBOA KM 23+342.72
221	PMDF - 11 - IHS - 612245 - III - 0012 - 06861 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DISTRIBUCIÓN DE ZOCLODREN LUMBRERA BALBOA KM 23+343.95
222	PMDF - 11 - IHS - 612255 - III - 0008 - 32062 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL LUMBRERA VERTIZ KM 24+890
223	PMDF - 11 - IHS - 612255 - III - 0010 - 52916 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE NIVELES DEL CÁRCAMO PLUVIAL UBICADO EN LA LUMBRERA PARA SALIDA DE EMERGENCIA DE VERTIZ CAD 24+890.00 ESTACIÓN EJE CENTRAL - ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS KM 24+890.00
224	PMDF - 11 - IHS - 612260 - III - 0046 - 32440 - P - 00	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y SOLUCIÓN A LÍNEAS SECUNDARIAS DE DRENAJE.- PROYECTO EJECUTIVO DE DESVÍO DE ATARJEA DE Ø= 45CM SUBTRAMO: CALLE RELACIONES EXTERIORES Y
225	PMDF - 11 - IHS - 612260 - III - 0102 - 39428 - B - 00	AJUSTE DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL CONDUCCIÓN ENTRE REJILLAS DE CAPTACIÓN RP-01 Y RP-02 LOCALIZADAS EN ACCESO 1 EN LA ZONA NORPONIENTE DE LA ESTACIÓN ENTRE LOS CADENAMIENTOS 25+459.198 AL 25+382.202 REF. PMDF-10-IHS-612260-III-0022-32268-P
226	PMDF - 11 - IHS - 612270 - III - 0349 - 53478 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL, CONEXIÓN DE ZOCLODREN DE TÚNEL DE INTERCONEXIÓN ENTRE LÍNEA 12 Y LÍNEA 3 PASARELA DE CORRESPONDENCIA DIRECCIÓN UNIVERSIDAD ESTACIÓN ZAPATA
227	PMDF - 11 - IHS - 612280 - III - 0047 - 53118 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL AJUSTE DE DRENES POR COLOCACIÓN DE MANTA ELASTÓMERA EN BAJO ANDEN
228	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2019 - 07700 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
229	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2019 - 07700 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL NIVEL MEZZANINE "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
230	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2020 - 07701 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PLANTAS ANDEN "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
231	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2020 - 07701 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PLANTAS ANDEN "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
232	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2021 - 07702 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PLANTA BAJO ANDEN "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
233	PMDF - 11 - IHS - 612290 - III - 2021 - 07702 - P - 01	INSTALACIÓN PLUVIAL PLANTA BAJO ANDEN "INSTALACIÓN DE DRENAJE"
234	PMDF - 11 - IHS - 612295 - III - 0002 - 06659 - B - 00	PROPUESTAS DE INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES DE REGISTROS Y CUBIERTA DE DREN LATERAL
235	PMDF - 11 - IHS - 612295 - III - 0013 - 06867 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE EN INTERTRAMOS DEL CAD. 27+546.248 AL 27+765.793
236	PMDF - 11 - IHS - 612295 - III - 0032 - 52096 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DESAGÜE EN ÁREA DE VENTILACIÓN MAYOR CABECERA ORIENTE MIXCOAC
237	PMDF - 11 - IHS - 612295 - III - 0040 - 52413 - B - 00	DRENAJE PLUVIAL DE REJILLA DE VENTILACIÓN MAYOR LOCALIZADA EN LA CALLE DE CÁDIZ CADENAMIENTO 27+774.657
238	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0001 - 06600 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DETALLES DE REGISTROS Y CUBIERTA DE DREN LATERAL Y DETALLES ANDEN DE MANIOBRAS Y DEPÓSITOS MIXCOAC
239	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0001 - 06634 - P - 00	PLANTA Y PERFIL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DEL CADENAMIENTO 28+450.775 AL
240	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0002 - 06635 - P - 00	DETALLES PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL REGISTROS Y CUBIERTA DE DREN LATERAL
241	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0003 - 06685 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL REGISTROS Y CUBIERTA DE DREN LATERAL DEL CADENAMIENTO 28+500 AL 28+ 535.82
242	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0004 - 06637 - P - 00	PLANTA, CORTES, ISOMÉTRICO Y DETALLES INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO Y CÁRCAMO 1 "CASITA DEL VISITADOR".
243	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0005 - 06638 - P - 00	DETALLES DE CÁRCAMO SANITARIO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO "CASITA DEL VISITADOR".
244	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0007 - 06640 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL LOCALIZADO EN EL KM 28+720.40 CASITA DEL VISITADOR"
245	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0011 - 35290 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DETALLES DE CÁRCAMO SANITARIO CASITA DEL VISITADOR.
246	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0013 - 51366 - M - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL CÁRCAMO DE TRASPALCO 1 MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO LUMBRERA 1 KM. 28+541.36



290	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
247	PMDF - 11 - IHS - 612305 - III - 0014 - 51365 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL CÁRCAMO DE TRASPALCO 1 "GEOMÉTRICO Y FUNCIONAL" PLANTA, CORTES E ISOMÉTRICO
248	PMDF - 11 - IHS - 612307 - III - 0011 - 06836 - B - 00	PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL REJILLAS DE VENTILACIÓN DE LA LUMBRERA "2" UBICADA EN EL CAD. 29+369.694
249	PMDF - 11 - IHS - 612307 - III - 0013 - 51364 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL LUMBRERA 2 KM 29+360 TRAMO NAVE DE DEPOSITO MIXCOAC
250	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0004 - 24360 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO HOJA 1 DE 2
251	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0005 - 24361 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO HOJA 2 DE 2
252	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0007 - 24363 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DEL DRENAJE DE FILTRACIONES HOJA 1 DE 2 PLANTA DE CIMENTACIÓN
253	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0008 - 20046 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DEL DRENAJE DE FILTRACIONES HOJA 2 DE 2 PASO CONFINADO Y GALERÍA DE CABLES
254	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0010 - 24366 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL HOJA 1 DE 2
255	PMDF - 11 - IHS - 612310 - III - 0011 - 24367 - P - 00	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL HOJA 2 DE 2
256	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0001 - 35495 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL LOCALIZADO EN EL KM. 23+040.00
257	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0006 - 35506 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL. TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS. SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-12'. LOCALIZADO EN EL KM. 25+273.87.
258	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0006 - 35506 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL TRAMO: EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-12' LOCALIZADO EN EL KM. 25+273.87
259	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0006 - 35506 - M - 02	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL TRAMO EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-12' LOCALIZADO EN EL KM. 25+273.87
260	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0007 - 21762 - P - 00	DRENAJE PLUVIAL SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-03 TRAMO: NOPALERA - LOS OLIVOS PK 8+110
261	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0011 - 35517 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL. TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE. SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-13'. LOCALIZADO EN EL KM. 26+639.35.
262	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0016 - 35542 - M - 00	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL TRAMO: INSURGENTES SUR - MIXCOAC SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-14 LOCALIZADO EN EL KM. 28+000.00
263	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0016 - 35542 - M - 01	MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS PROYECTO DE LA RED DE AGUA POTABLE, DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL. TRAMO: INSURGENTES SUR - MIXCOAC. SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-14". LOCALIZADO EN EL KM. 28+000.00.
264	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0019 - 50419 - B - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN NO 12 TRAMO EJE CENTRAL - PARQUE DE LOS VENADOS
265	PMDF - 11 - IHS - 612320 - III - 0362 - 53628 - B - 00	UBICACIÓN DE VÁLVULA DE DRENAJE EN SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN SR-12 EN PK 25+273.89 ESTACIÓN PARQUE DE LOS VENADOS

10	CLAVE DEL PLANO	CONCEPTO DEL PLANO
	<b>CUBETA</b>	
1	PMDF - 11 - MS - 612235 - III - 0274 - 06216 - B - 00	USO DE CUBETA DE CONCRETO NO ESTRUCTURADA EN EL TÚNEL DE DOVELAS
2	PMDF - 11 - MS - 612290 - III - 0301 - 51442 - E - 00	ESPECIFICACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DE SUELO-CEMENTO EN LA CUBETA DE LA ESTACIÓN
	<b>DRENAJE</b>	
1	PMDF - 09 - MS - 612300 - III - 0027 - 00109 - P - 00	PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN DE ZANJA, POZOS DE VISITA Y REGISTROS E INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE DESVÍO DE LAS LÍNEAS DE DRENAJE SECUNDARIO DE 0.30M, 0.38M Y 0.60M DE DIÁMETRO
1	PMDF - 11 - MS - 612220 - III - 0196 - 06140 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL BAJO ANDEN "PASOS PARA ESCURRIMIENTOS EN ZONA DE BAJO ANDEN" PLANTA GENERAL.
2	PMDF - 11 - MS - 612220 - III - 0197 - 06141 - P - 00	INSTALACIÓN PLUVIAL PROYECTO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL NIVEL BAJO ANDEN "PASOS PARA ESCURRIMIENTOS EN ZONA DE BAJO ANDEN" PLANTA GENERAL.
	<b>CÁRCAMOS</b>	
1	PMDF - 10 - MS - 612240 - III - 0213 - 30898 - P - 00	PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN DE LOS CÁRCAMOS DE AGUA PLUVIAL 1 Y 2. ESTACIÓN ERMITA
2	PMDF - 10 - MS - 612240 - III - 0214 - 30899 - P - 00	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS CÁRCAMOS DE AGUA PLUVIAL 1 Y 2. ESTACIÓN ERMITA
3	PMDF - 10 - MS - 612260 - III - 0117 - 32434 - P - 00	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS CÁRCAMOS DE AGUA PLUVIAL 1 Y 2
4	PMDF - 12 - MS - 612235 - III - 0324 - 05480 - B - 00	PROCESO CONSTRUCTIVO PARA TENDIDO DE TUBERÍA DE 200MM DEL TÚNEL DE LÍNEA 12 AL CÁRCAMO DE LA SALIDA DE EMERGENCIA SUR 81
5	PMDF - 12 - MS - 612255 - III - 0325 - 05481 - B - 00	PROCESO CONSTRUCTIVO PARA TENDIDO DE TUBERÍA DE 250 MM DEL TÚNEL DE LÍNEA 12 AL CÁRCAMO DE LA SALIDA DE EMERGENCIA VERTIZ

Tabla 8 Lista de documentos túnel 2



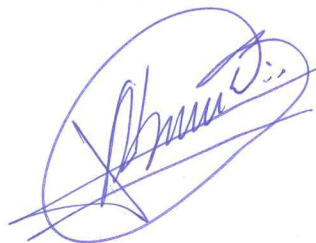
**5.3 Documentos entregados por el PMDF a MEXISTRA en formato físico**

	Código de Plano	Título del Plano	Cadenamiento		
1	PMDF-12-IHS-612225-IV-0001-13416-P-AB	Instalación pluvial dren lateral	18+959	19+419	Atlalilco-Mexicaltzingo
2	PMDF-12-IHS-612225-IV-0002-13417-P-AB	Instalación pluvial dren lateral	19+419	19+899	
3	PMDF-12-IHS-612225-IV-0003-13418-P-AB	Instalación pluvial dren lateral	19+899	20+369	
4	PMDF-12-IHS-612225-IV-0004-13419-P-AB	Instalación pluvial dren lateral	20+369	20+849	
5	PMDF-12-IHS-612235-IV-0001-30075-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos	21+678	22+190	Mexicaltzingo- Ermita
6	PMDF-12-IHS-612235-IV-0002-30076-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos	22+830	22+190	
7	PMDF-12-IHS-612235-IV-0004-30095-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos "distribución de zoclodren y red de drenaje" planta general, cortes e isométrico	LUMBRERA SUR 81	21+680	Ermita- Eje Central
8	PMDF-12-IHS-612235-IV-0006-30097-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos "descarga de cárcamo pluvial a red municipal" planta general, cortes e isométrico	LUMBRERA SUR 81	21+680	
9	PMDF-12-IHS-612245-IV-0001-31063-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	22+984	23+520	Parque de los venados-Eje Central
10	PMDF-12-IHS-612245-IV-0002-31064-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	23+520	23+875	
11	PMDF-12-IHS-612245-IV-0003-31065-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red pluvial "distribución de zoclodren y red de drenaje" planta general, cortes e isométrico	LUMBRERA BALBOA	23+343	
12	PMDF-12-IHS-612245-IV-0004-31088-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red pluvial "distribución de zoclodren y red de drenaje" detalles generales de drenaje y cárcamo pluvial	LUMBRERA BALBOA	23+344	
13	PMDF-12-IHS-612255-IV-0001-32052-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	24+029	24+680	Parque de los venados-Eje Central
14	PMDF-12-IHS-612255-IV-0004-32058-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos "distribución de zoclodren y red de drenaje" planta general, cortes e isométrico	LUMBRERA VERTIZ	24+680	
15	PMDF-12-IHS-612255-IV-0006-32060-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje en intertramos "descarga de cárcamo pluvial a red municipal" planta general, cortes e isométrico	LUMBRERA VERTIZ	24+890	

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

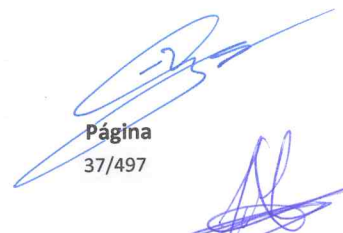
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
37/497



	Código de Plano	Título del Plano	Cadenamiento		
16	PMDF-12-IHS-612275-IV-0001-33457-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	26+172	26+618	Zapata- 20 de Noviembre
17	PMDF-12-IHS-612285-IV-0001-34006-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	26+772	27+395	20 de Noviembre- Insurgentes Sur
18	PMDF-12-IHS-612295-IV-0001-34566-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	27+546	27+890	Insurgentes- Mixcoac
19	PMDF-12-IHS-612285-IV-0001-34006-P-AB	Instalación pluvial proyecto de la red de drenaje pluvial	27+890	28+294	

## 6. PRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TÚNEL.

A partir de los documentos obtenidos, MEXISTRA pudo estudiar la concepción del túnel. El alcance del peritaje no incluye la estructura del túnel (anillo de dovelas).

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
38/497



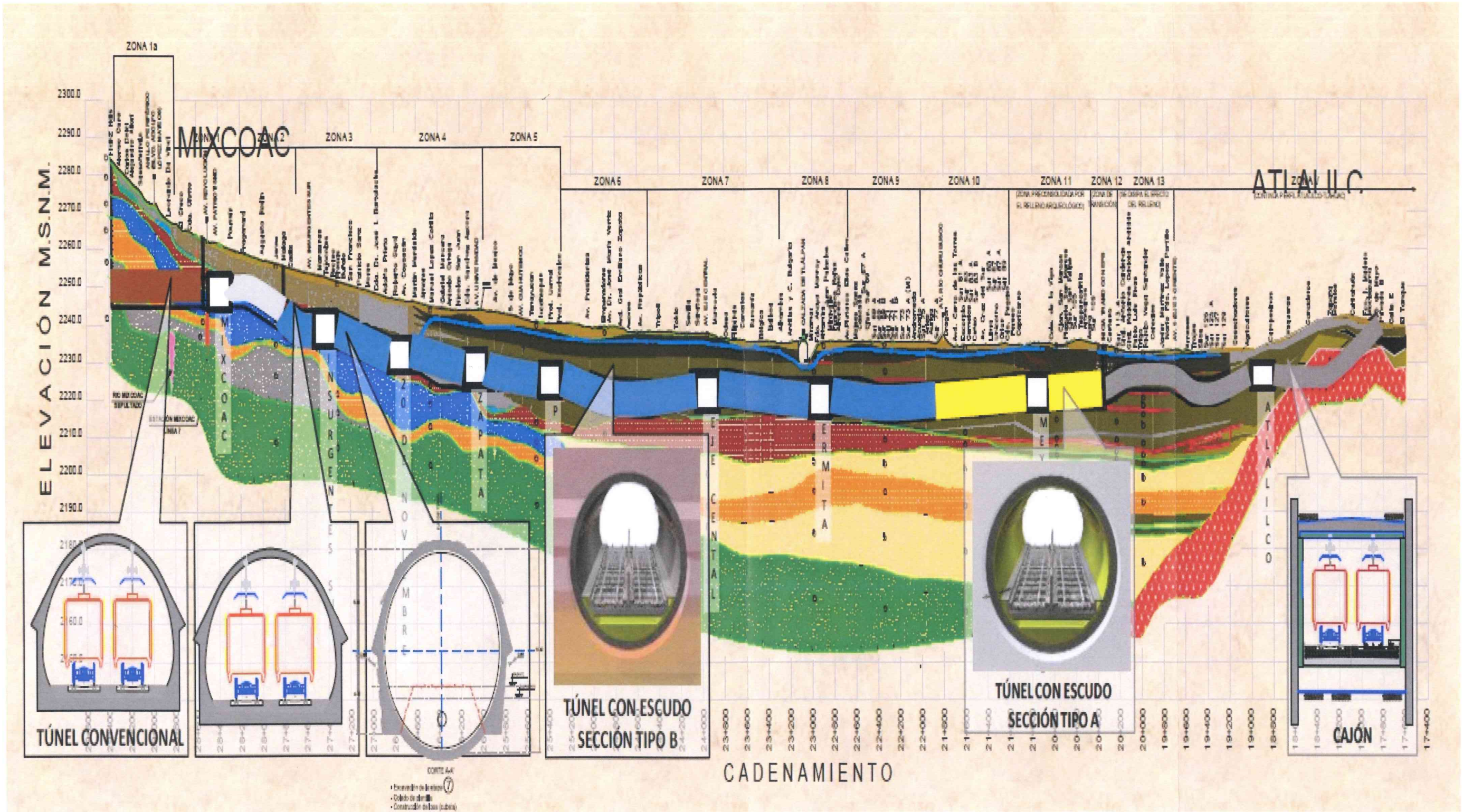
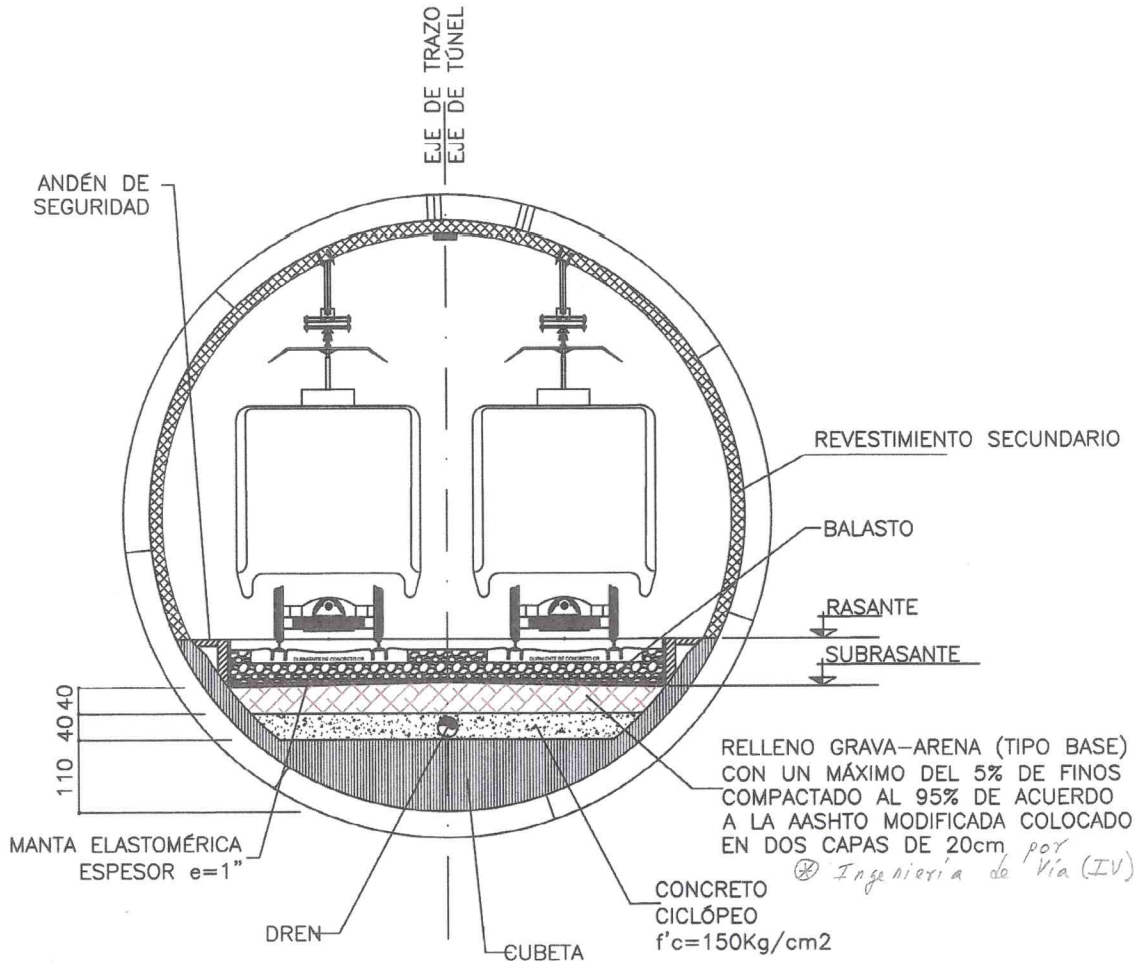


Figura 2. Esquema de la estructura del túnel.



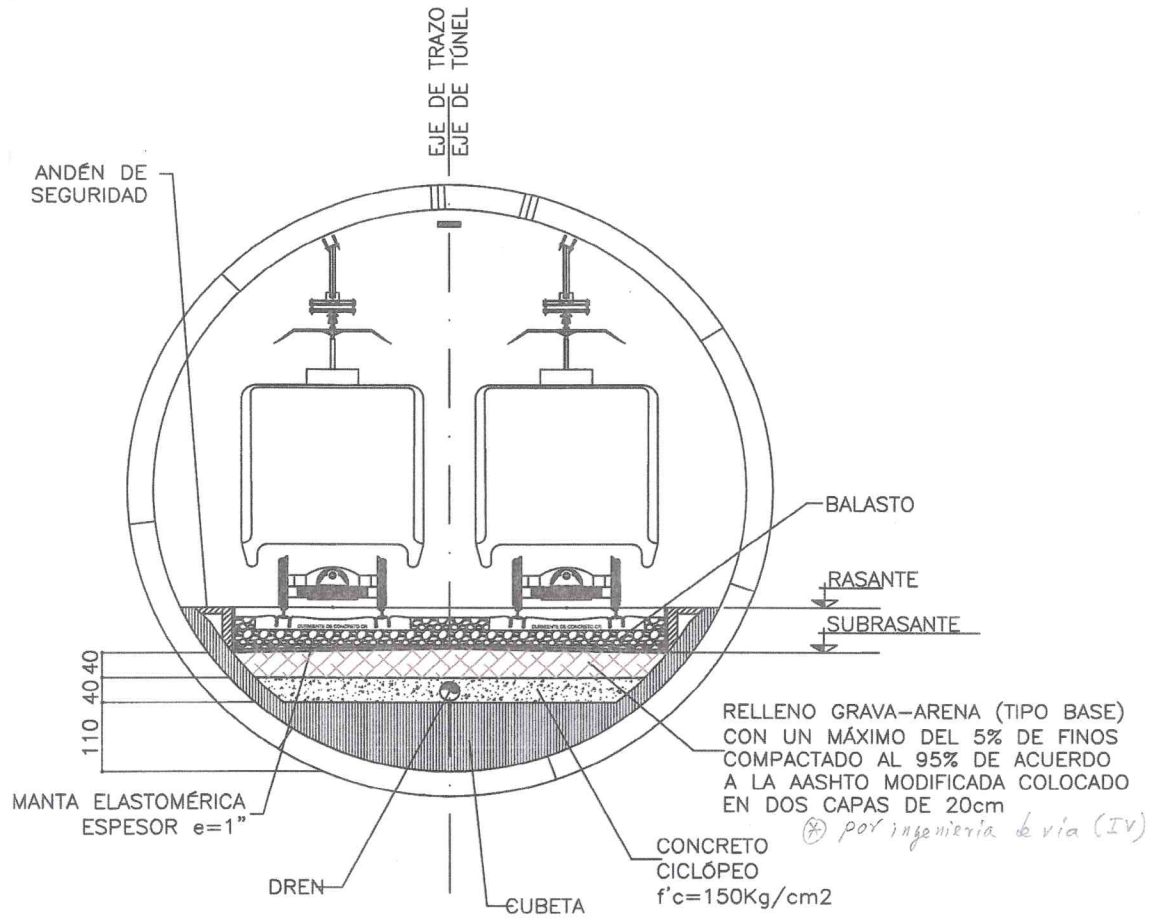
De acuerdo con el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01, la estructura del túnel con escudo (que represente la mayor parte del tramo en túnel) está basada en 4 tipos diferentes de secciones:



**SECCIÓN 1 CAD 20+326 AL 21+300**

REF. 05453-P-00 GEOMETRIA REVESTIMIENTO Y CUBETA  
05434-P-00 ARMADO DE REVESTIMIENTO  
50760-B-00 CONCRETO CICLOPEO e=80 CM

**Figura 3. Sección del túnel del PK20+326 al PK21+300.**



**SECCIÓN 2, CAD. 21+300 AL 22+470**

REF. 05453-P-00 GEOMETRIA REVESTIMIENTO Y CUBETA  
05434-P-00 ARMADO DE REVESTIMIENTO  
50760-B-00 CONCRETO CICLOPEO e=80 CM

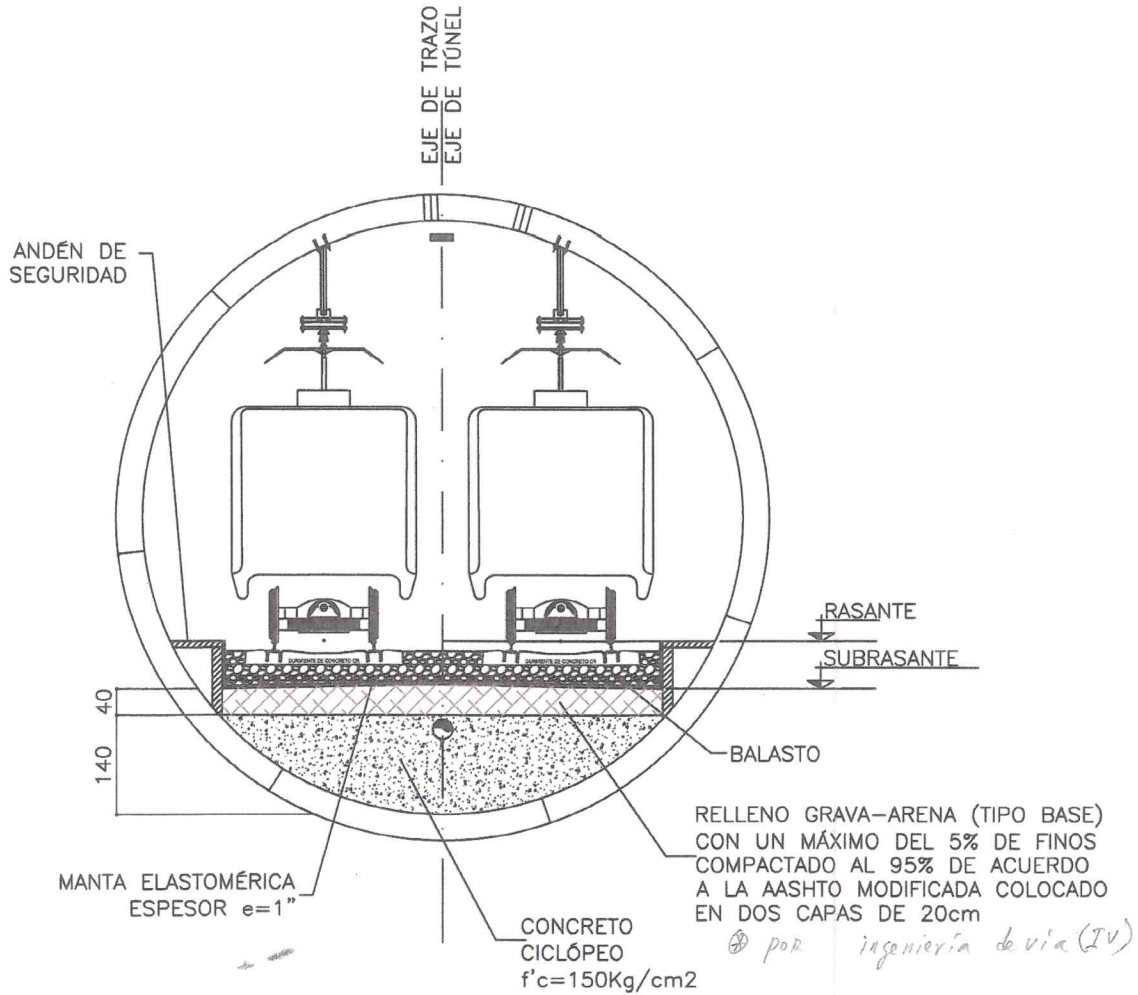
**Figura 4. Sección del túnel del PK21+300 al PK22+470.**

*(Handwritten signature in blue ink)*

*(Handwritten signature in blue ink)*

*(Handwritten signature in blue ink)*





**SECCIÓN 3, CAD. 22+470 AL 22+900**

REF. 50757-B-00 RELLENO GRAVA-ARENA  
05446-P-00 CUBETA ESTRUCTURADA

**Figura 5. Sección del túnel del PK22+470 al PK22+900.**

Metro de la Ciudad de México

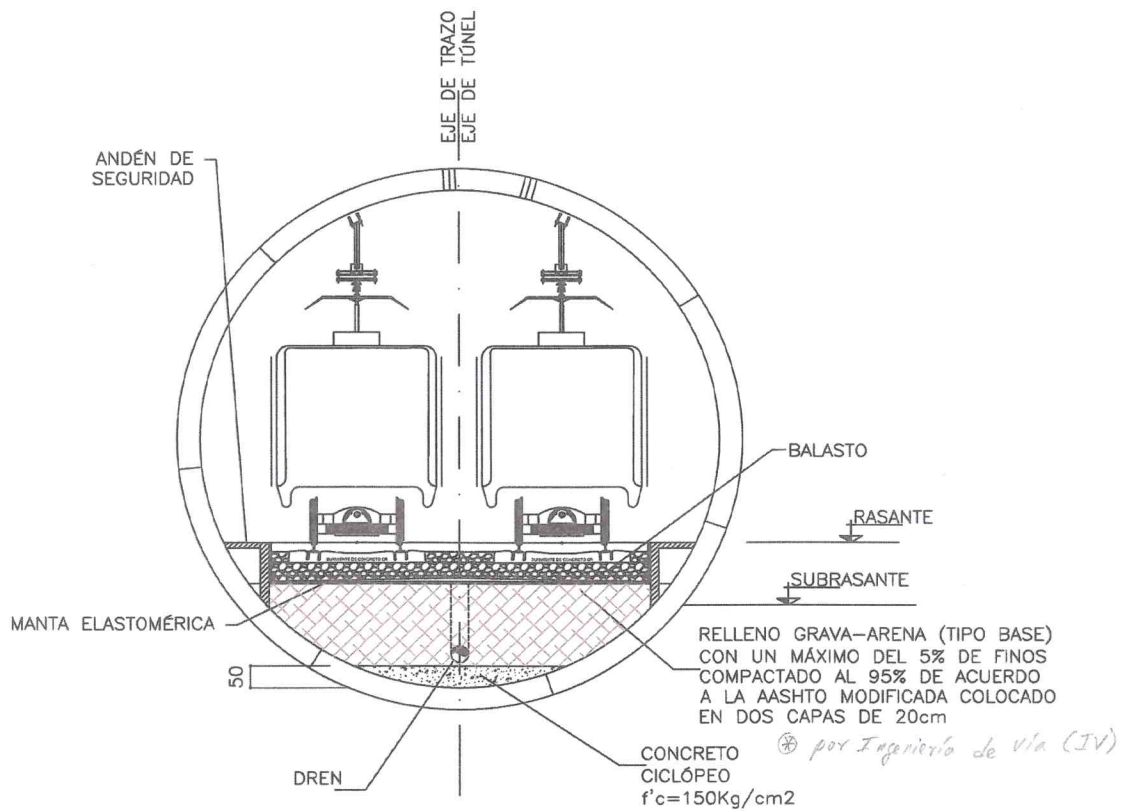
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

**Página**  
42/497



**SECCIÓN 4 CAD. 22+900 AL 27+390**

REF. 06967-B-00 TRAMO SIN CUBETA

**Figura 6. Sección del túnel del PK22+900 al PK 27+390.**

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

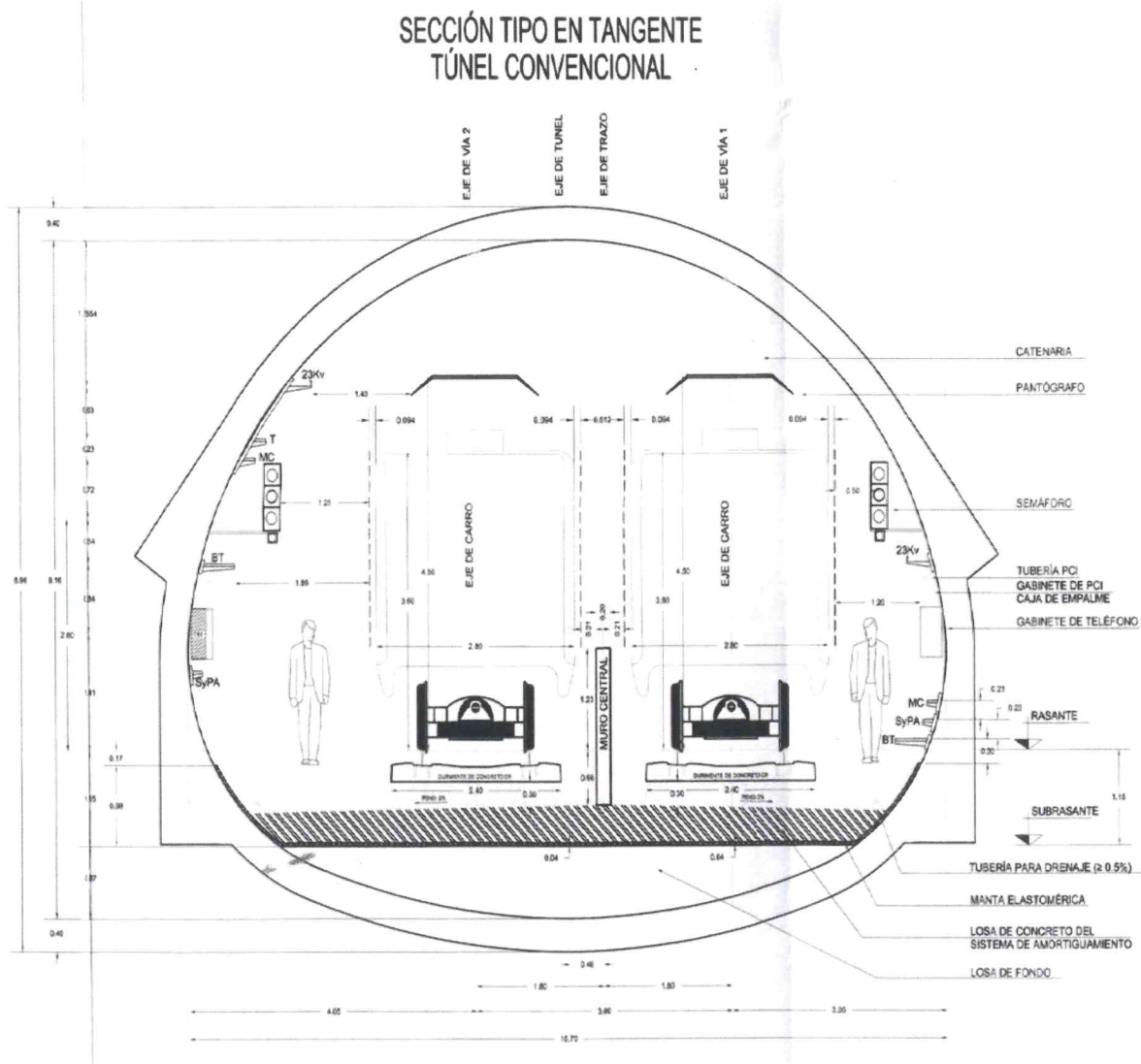
L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

**Página**  
43/497

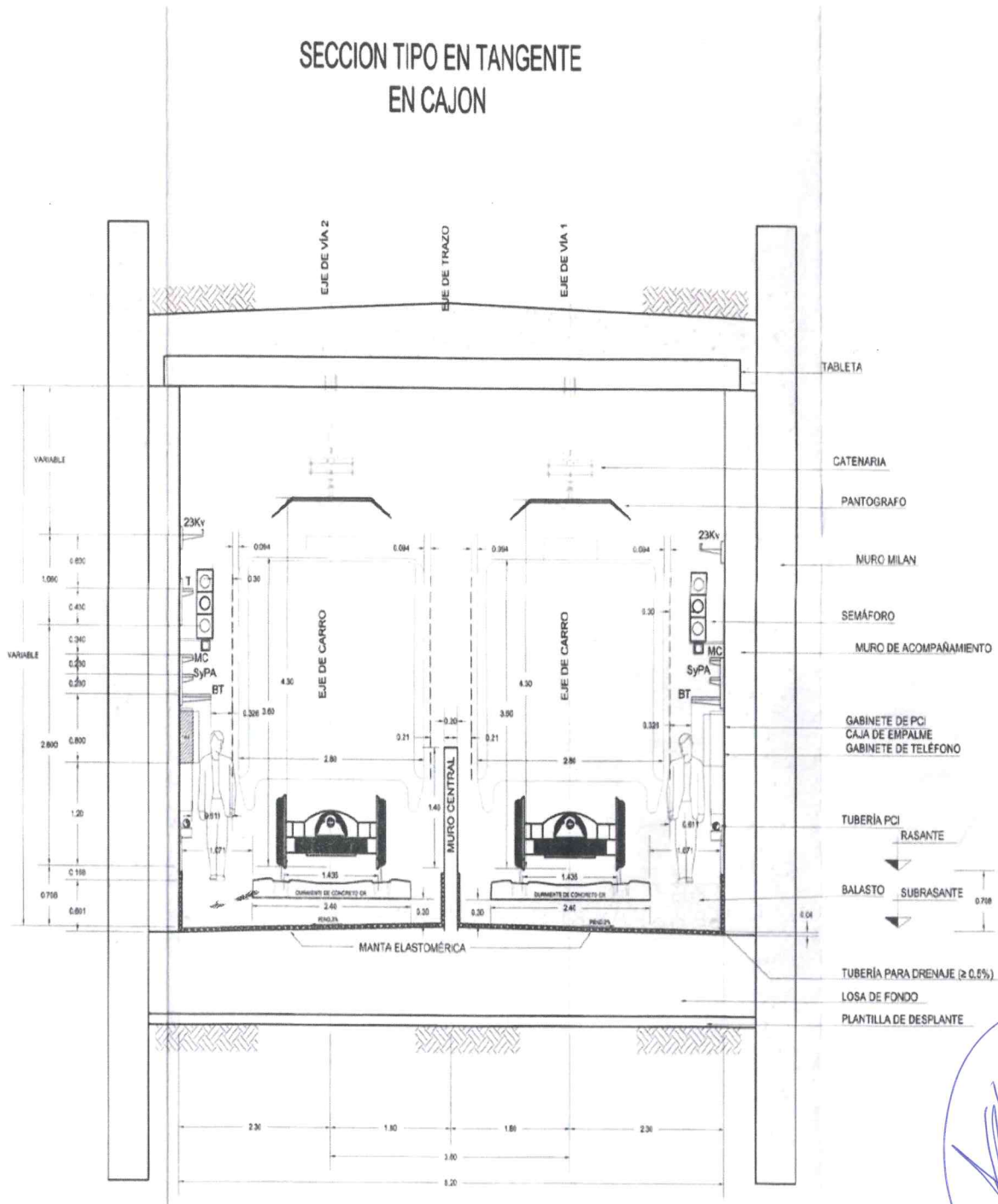


De acuerdo con el plano 209-PMDF-09-VI.8-612000-III-0426-52632-P-00, la estructura del túnel convencional está basada en la siguiente sección:



**Figura 7. Sección del túnel de la estación Insurgentes hasta el final de la Línea.**

De acuerdo con el plano 204-PMDF-09-VI.8-612000-III-0427-52633-P-00, la estructura del túnel en cajón está basada en la siguiente sección:



**Figura 8. Sección en cajón, del inicio del túnel hasta el PK20+327.**



## 7. INSPECCIÓN VISUAL DEL TÚNEL.

Se ha realizado una inspección visual del tramo en túnel de la línea 12. El objetivo de este peritaje fue obtener un diagnóstico preliminar del sistema de drenaje y un diagnóstico de la vía y de sus elementos.

Se ha realizado la Inspección visual en el tramo de la línea donde se mantiene el servicio comercial (entre las estaciones Atlalilco y Mixcoac). Todo este tramo se construyó en túnel.

Las zonas objeto de la inspección son representativas del conjunto de la línea e incluyen la mayor parte de las curvas de radio pequeño (inferiores a 500 m) donde se han detectado los desórdenes más importantes presentes en la línea.

La inspección visual ha sido realizada por los expertos de MEXISTRA en un recorrido a pie sobre ambas vías.

Esta inspección visual ha permitido presentar el estado en que se encuentran actualmente las zonas objeto del mismo para el diagnóstico.

### 7.1 Constataciones generales luego de la inspección visual

La inspección visual pone en evidencia degradaciones y anomalías importantes en las siguientes ubicaciones:

- Componentes de la vía,
- Balasto,
- Sistema de drenaje.

Nota: En esta fase, la capa sub-balasto, de grava arena no se ha retirado, además no se han tomado muestras para análisis en laboratorio.

La inspección visual genera dudas, y por lo tanto, fue necesario la realización de ensayos geotécnicos adicionales.

Estos sondeos geotécnicos han sido realizados mediante penetrómetros dinámicos, muestras con pruebas en laboratorio y ensayos con georadar en el tramo en túnel de la línea 12.

El objetivo fue:

- Determinar la naturaleza y el espesor de las capas de base existentes,
- Determinar la naturaleza del terreno de apoyo,
- Recopilar la información necesaria para una posible rehabilitación de la capa de base de la vía.
- Confirmar el estatus y el diseño del sistema de drenaje

## 7.2 Diferentes componentes de la vía

Los principales defectos observados son:

- Rieles: desgaste ondulatorio, desgaste lateral, desgaste vertical, aplastamiento, deformación por fluencia del metal, fisuras, head-checking, desnivelaciones de la superficie de rodadura,
- Soldaduras aluminotérmicas: defectos de geometría, defectos visuales,
- Durmientes: rotura, fisuras y grietas, desgaste anormal del concreto,
- Fijaciones del riel: apriete excesivo, aflojamiento y rotura
- Fijaciones del contrarriel: aflojamiento y rotura,
- El balasto está contaminado con finos
- La geometría de la vía: defectos de nivelación, defectos de alineación de la vía.

*Nota: Debido al mantenimiento realizado por IMA/TSO muchos elementos han sido reemplazados. Estas operaciones ayudaron a reducir la gravedad de los daños.*

Los defectos están principalmente ubicados en las curvas de radio inferior o igual a 800 m; el número y la gravedad de los defectos constatados están ligados al valor del radio de la curva (cuanto más pequeño es el radio, más grande es el número y la gravedad de las fallas).

Los defectos afectan sobre todo a los rieles (sobre las dos filas). Los defectos de riel, especialmente los que se refieren a la superficie de circulación, generan las vibraciones que ocasionan otras degradaciones:

- Rupturas de fijaciones del riel,
- Deterioro de la nivelación,
- Desgaste del balasto (atrición).

## 8. EXAMEN DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA

### 8.1 Rieles

El riel es de tipo 115 RE de matiz 900; proviene del proveedor TataSteel Francia (Corus Hy)

Las vías están constituidas por largo riel soldado (LRS) formadas a partir de rieles elementales de 18 m soldados en vía por aluminotermia.

Los defectos graves se acumulan sobre las curvas de radio inferior o igual a 800 m y su frecuencia depende del radio de curvatura.

Se observan configuraciones similares en la mayoría de las curvas:

- La entrada y salida a la curva primero es marcada por la aparición de fisuras transversales



- Defecto llamado head-checking sobre el hongo del riel de la fila alta



Foto 1. Head-checking vía 2 Pk 19+075, cerca de la Estación Atlalilco.

- Fluencia del hongo



Foto 2. fluencia del hongo – Estación Atlalilco Curva N° 37 –vía 2 – PK 19+185

- Un desgaste ondulatorio aparece sobre la filas de rieles (aparato del riel). La profundidad y la amplitud de las ondas varían según el radio de la curva y la velocidad de los trenes.



Foto 3. Desgaste ondulatorio de amplitud 5-6 cm - Estación Mixcoac vía 2 PK 28+450

## 8.2 Durmientes

Los durmientes monobloc son de concreto pretensado. Son de 3 tipos:

- Durmiente de vía en línea ITISA,
- Durmiente de vía en línea PRET,
- Durmientes con soporte de contrarrieles PRET.

El número de durmientes es de:

- 1515 durmientes/kilómetro en recta,
- 1666 durmientes/kilómetro en curva.

El análisis puso en evidencia:

- Defectos de moldeado,
- Ruptura de durmientes
- Grietas longitudinales
- Grietas transversales de los durmientes: aparición de un desgaste anormal del concreto sobre las cabezas de los durmientes de la fila baja en las curvas de radio pequeño.



Foto 4. Durmientes fracturados 25+880.5 y 25+881 fila "A"

Se trata del mismo defecto detectado en la zona del viaducto.

La presencia de numerosos durmientes rotos y agrietados, a pesar de la sustitución masiva ya realizada, es un nuevo factor que inquieta a causa del poco tiempo de servicio de la línea.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
50/497



Los durmientes rotos ya no son capaces de asegurar su función principal que consiste en mantener la separación y la estabilidad del riel. Este estado presenta un riesgo para la seguridad de las circulaciones.

Los durmientes agrietados no son reparables; las grietas solo se agravarán para conducir a la rotura del durmiente. Este fenómeno de rotura puede ser rápido a causa de las vibraciones generadas por el estado del riel y puede producirse al paso de un tren.

En las curvas de radio pequeño (< 500 m), la vía está instalada con un peralte importante (alcanzando 160 mm). Los esfuerzos del balasto en la cabeza del durmiente de la fila baja son elevados. Se comprueba en varias zonas un desgaste del concreto de la cabeza del durmiente por los granos de balasto.

Esta situación hace temer el mismo fenómeno para el fondo de los durmientes, lo que sería perjudicial para su resistencia a medio plazo, y sobre todo para el mantenimiento de la nivelación incluso en el muy corto plazo. No fue posible hacer un sondeo para verificar el estado de la superficie inferior de los durmientes de concreto durante el análisis; se tiene que hacer esta comprobación mediante un ensayo suplementario.

### 8.3 Sistema de fijación

El sistema de fijación del riel es de tipo Nabla Evolución (aislamiento plástico + lámina de resorte metálica) utilizadas con placa de asiento de caucho de 9 mm bajo el riel.

De manera general las fijaciones Nabla están muy apretadas. Esta presión excesiva > a 25 KN/m lleva a un desgaste acelerado del aislamiento de plástico y a una pérdida en término de la elasticidad de la lámina de resorte metálica.

*Nota: El exceso de presión se determina visualmente por la deformación de la fijación. Antes del apriete, la fijación colocada correctamente en su lugar presenta verticalmente en su eje una holgura de 5mm entre la lámina y el lado superior de la junta aislante. Al apretar, la holgura disminuye y la deformación de la lámina se modifica. Por lo tanto, se recomiendan usar torquímetro para realizar una apriete adecuado.*

Se constataron también otras anomalías:

- Ciertas fijaciones están rotas o agrietadas
- Las fijaciones están ausentes
- Las fijaciones han sido colocadas con una doble lámina de resorte metálica



Foto 5. Nabla rota - PK 25+111



Foto 6. Nabla fisurada, marcada con gis la fisura 25+678 fila "C"

#### 8.4 Contrarriel en las curvas

No se ha encontrado la documentación que determine el uso de contrarrieles. Solamente se proveyeron las disposiciones técnicas (plano y dispositivo de montaje).

La DGOP y PMDF no tienen los documentos de justificación del contrarriel.

El papel y propósito de estos contrarrieles, si es activo o pasivo por concepción, fue precisado a MEXISTRA:

- Limitar las consecuencias de un descarrilamiento: en ese caso, se colocaría un riel de seguridad en el eje de la vía, lo que favorecería el bateo mecánico.
- Favorecer la inscripción de los vehículos en las curvas: la laguna entonces se adapta para darles una función activa sobre la curva. De hecho, el contrarriel juega este papel a la salida de las curvas.

Las especificaciones de MEXISTRA y las investigaciones de otras redes de metro muestran que este tipo de contrarrieles se instala, habitualmente, en las curvas de radio  $\leq 100$  m y está destinado a retener un eje cuando la rueda exterior comienza a subir sobre el riel de la fila exterior.

Los defectos siguientes están relacionados:

Handwritten signatures in blue ink, including a large signature at the top right and a smaller one at the bottom right.





Foto 7. Tornillo de contra riel roto – PK 25+618 Fila D

## 8.5 Balasto

### 8.5.1 Estatus del balasto

El balasto se encuentra formado por elementos de roca basáltica.

- Contaminación por elementos finos:



Foto 8. El balasto contiene una cantidad de finos importante - PK 24+200

Este desgaste es perjudicial para el posicionamiento y configuración (imbricación) de los pedazos entre ellos y consecuentemente para la estabilidad de la nivelación y de la geometría de la vía.

- Mala granulometría:

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página  
54/497

La granulometría del balasto observada no es conforme a la norma EN 13450 (d=25mm, D=50 mm).



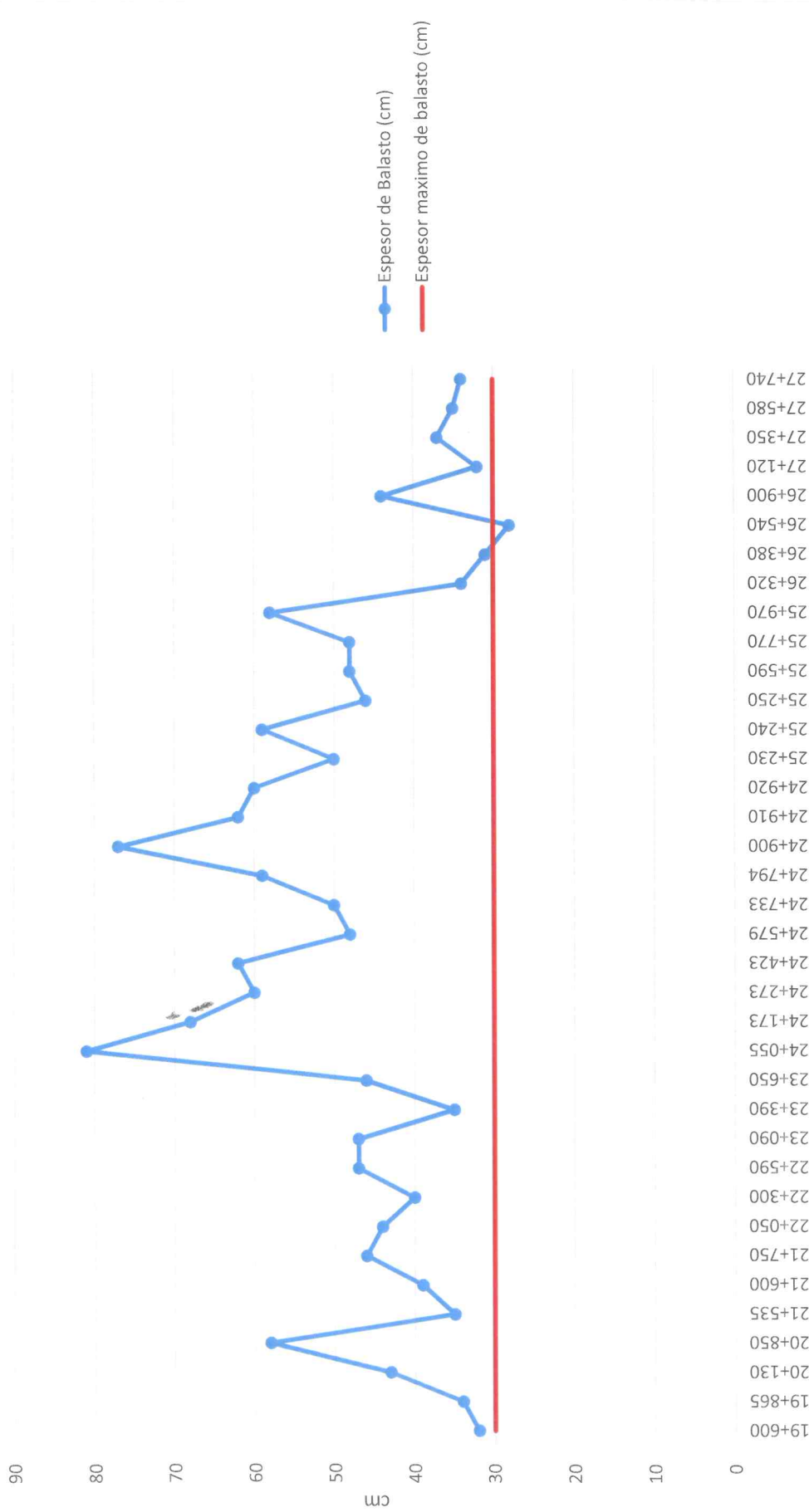
Foto 9. Muchos elementos pequeños PK 23+800

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, irregular blue scribble.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, irregular blue scribble.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, irregular blue scribble.

**8.5.2 Diagrama del espesor de balasto en el túnel**



**Figura 9. El espesor de balasto en el túnel varía de 28 a 81 cm**

Méetro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015



Para estar conforme a la norma EN274-110707-02C de la SNCF, por este tipo de línea, el espesor de balasto debe ser limitado a 20 cm, del lado de la fila baja de la curva. Esta disposición se justifica por el empleo de durmientes de concreto equipados con zapatillas reductoras de atrición bajo durmientes. Hoy en día, los espesores observados son demasiado importantes para asegurar una calidad geométrica correcta de la vía.

### **8.6 Geometría de la vía y nivelación**

Los defectos de superficie del riel generan defectos de nivelación. En cuanto al túnel, la sustitución masiva de durmientes perturba la nivelación y necesitará varios trabajos y acciones correctivas para devolver una calidad de geometría correcta por causa de los asentamientos debajo de los nuevos durmientes.

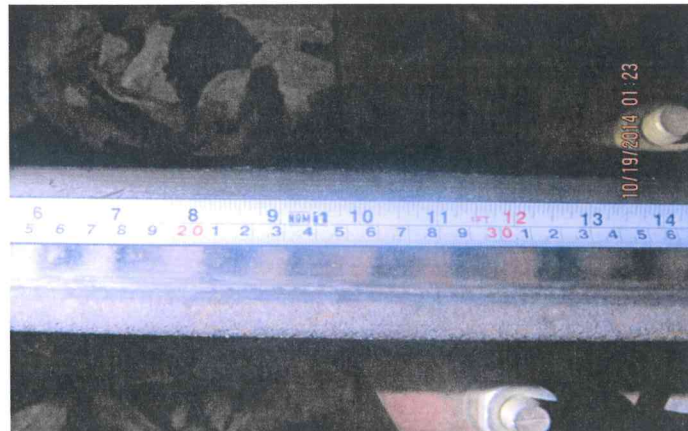
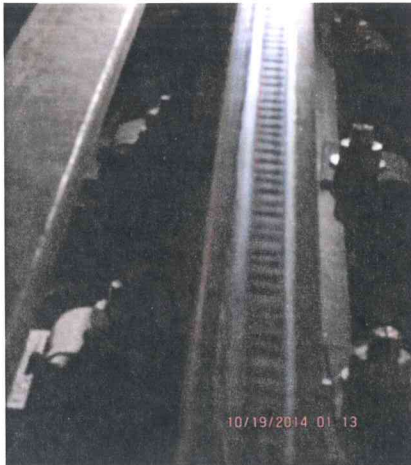
## 8.7 Aparatos de vía

Durante los trabajos de mantenimiento realizados por IMA-TSO, las noches 20/21 de septiembre y 18/19 de octubre de 2014 se llevó a cabo la sustitución de los cambios (agujas, contra-agujas, rieles diagonales y rieles de transición) de la comunicación 13-23 de la Terminal Mixcoac, en virtud del daño producido por los trenes FE-10 utilizados en la Línea 12.



**Figura 10. Comunicación 13/23**

Cuatro semanas después de haber sustituido las agujas contra-agujas y rieles intermedios, el 19 de octubre, se observó que en el aparato 23 había marcas de desgaste ondulatorio en la contra-aguja curva y su riel intermedio, con una longitud de onda de 3 cm, aproximadamente.



**Foto 10. Desgaste ondulatorio en la contra-aguja-Comunicación 13/23**

Para realizar la medición se colocó una regla metálica de 1 m sobre la mesa de rodamiento y se introdujeron láminas calibradoras metálicas graduadas para conocer el espacio entre la regla y la mesa de rodamiento. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Punto	Aparato	Ubicación	Desgaste
1	13	Aguja curva, durmiente 7.	0.10
2	13	Contra-aguja curva, durmiente 7.	0.06
3	13	Aguja curva, entre durmientes 14 y 15.	0.20
4	13	Contra-aguja curva, entre durmientes 15 y 16.	0.13
5	13	Riel intermedio aguja curva, entre durmientes 18 y 19.	0.45
6	13	Riel intermedio contra-aguja curva, durmiente 21	0.06
7	13	Riel intermedio contra-aguja curva, durmiente 21	0.06
8	13	Riel intermedio aguja curva, entre durmientes 27 y 28.	0.10

**Tabla 9 Lista de los aparatos de vía 1**





Foto 11. Desgaste geométrico-Comunicación 13/23

Punto	Aparato	Ubicacion	Desgaste
9	23	Aguja curva, entre durmientes 7y 8.	0.08
10	23	Contra-aguja curva, durmiente 7.	0.08
11	23	Aguja curva, entre durmientes 14 y 15.	0.18
12	23	Contra-aguja curva, entre durmientes 15 y 16.	0.23
13	23	Riel intermedio aguja curva, entre durmientes 19 y 20.	0.06
14	23	Riel intermedio contra-aguja curva, entre durmientes 20 y 21.	0.13
15	23	Riel intermedio aguja curva, entre durmientes 27 y 28.	0.08
16	23	Riel intermedio contra-aguja curva, durmiente 21	0.00

Tabla 10 Lista de los aparatos de vía 2

Página  
60/497



**Foto 12. Desgaste geométrico-Comunicación 13/23**



Vista a trasluz del desgaste en la mesa de rodamiento en el punto 3



Medición del tramo desgastado en el punto 2 (26 cm longitudinales)

**Foto 13. Desgaste ondulatorio-Comunicación 13/23**

En lo referente a la longitud de onda, se observó que las marcas se mantienen con una separación de aproximadamente 3 cm.



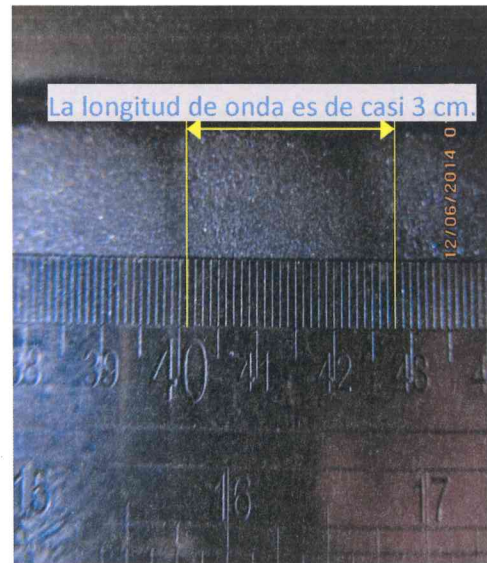
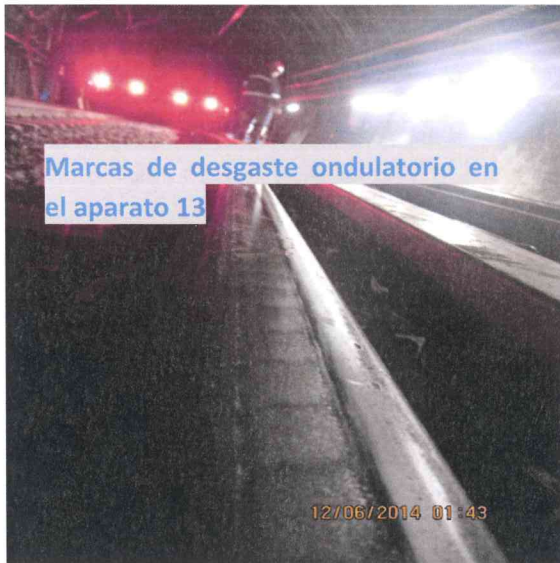


Foto 14. Desgaste ondulatorio – Aparato de vía 13/23

### 8.8 Síntesis del análisis de los componentes de la vía

Los reemplazos y los ajustes de los componentes de la vía, como parte del mantenimiento correctivo llevado a cabo por IMA-TSO, han ayudado a mitigar parcialmente los problemas. Sin embargo, para evitar el desgaste acelerado de los distintos componentes de la vía, es necesario proceder a las mismas medidas correctivas que se adoptan en el viaducto.

Tal como se ha indicado anteriormente, la mayoría de los defectos (y los más graves) conciernen a los rieles y afectan a las curvas de radio inferior a 500 m. Los problemas de interacción riel/rueda e interfaz infraestructura/material rodante parecen ser la causa de la mayoría de los defectos que afectan a los rieles, pero estas situaciones no deben dejar de lado otras causas de las averías y problemáticas de la línea 12.

Así, según las constataciones hechas en la visita de la vía, el origen de las degradaciones puede ser clasificado en dos categorías:

- Problemas de diseño y de ejecución:
  - Mala interacción riel/rueda e interfaz infraestructura/material rodante: desgaste de los rieles en curva
  - Fabricación: agrietamiento y rotura de durmientes, composición del balasto
  - Puesta en ejecución: soldaduras, presión excesiva de las fijaciones, defectos de geometría
- Consecuencias de los defectos de riel y de rueda:
  - Agravación de los defectos de rieles
  - Agravación de los defectos de durmientes



- Rotura de fijaciones
- Desgaste del balasto
- Deterioro de la nivelación

## 9. ANÁLISIS DEL TRAZADO DE VÍA

### 9.1 Trazado en planta

#### 9.1.1 Radio mínimo y Longitud mínima de los elementos

En la visita del tramo en túnel de la línea, MEXISTRA ha constatado diferentes problemas en las curvas de radio inferior a 380 m. Los problemas de un trazado con curvas de radio pequeño ya fueron previstos en la Memoria de Calculo – Proyecto de implantación de vía, trazo y perfil. PMDF-11-VI. 13-612000-III-0001-10296-M00.

La siguiente tabla muestra las curvas de radios menores a 350 m en el túnel donde existen elementos de trazo que no cumplen la longitud mínima exigida.

La comunicación 13/23 no respeta la distancia mínima entre la junta de talón o de punta según el caso de la comunicación y el origen de la clotoide, conforme a la norma EN 13 803-1.

Estaciones	PK	Num	PI	RC	Lcl	V	dp	i	CT	CC	CC'	TC	S	LA	L <	
				m	m	Km/h	mm	mm						m	30m	
<b>Atlatlilco</b>	<b>18+802,346</b>								18 170							
		37	19+185.601	200	53,4	60	160	52	18 956	19 010	19 272	19 326	G	263		
									19 326			19 427	A	101		
		38	19+524.957	2000	0	80	0	38	19 427	19 427	19 623	19 623	G	196		
									19 623			19 670	A	47		
		39	19+694.902	1000	20	90	40	56	19 670	19 690	19 720	19 740	D	31		
									19 740			19 839	A	98		
		40	19+865.962	800	16,5	74,25	40	41	19 839	19 855	19 877	19 893	G	22	XXX	
									19 893			19 944	A	51		
		41	20+009.718	1800	0	70	0	32	19 944	19 944	20 075	20 075	D	130		
									20 075			20 134	A	59		
		42	20+173.918	1200	25	90	50	30	20 134	20 159	20 189	20 214	D	30	XXX	
									20 214			20 583	A	369		
		43	20+661.391	250	62,3	70	160	71	20 583	20 646	20 676	20 738	G	30		
									20 738			20 758	A	20	XXX	
		44	20+813.812	250	40	55	131	12	20 758	20 798	20 828	20 868	D	30	XXX	
<b>Mexicaltzingo</b>	<b>20+873,675</b>								20 868			21 207	A	339		
		45	21+225.193	2100	0	90	0	46	21 207	21 207	21 243	21 243	D	36		
									21 243			21 259	A	16	XXX	
		46	21+278.391	2100	0	80	0	36	21 259	21 259	21 297	21 297	G	38		
									21 297			21 853	A	556		
		47	21+871.060	6000	0	90	0	16	21 853	21 853	21 889	21 889	D	36		
									21 889			22 546	A	657		
		48	22+561.171	3000	0	80	0	25	22 546	22 546	22 577	22 577	G	31		
									22 577			22 619	A	43		
		49	22+635.321	3000	0	90	0	32	22 619	22 619	22 651	22 651	D	32		
<b>Ermitta</b>	<b>22+828,378</b>								22 651			23 065	A	414		
		50	23+115.975	1000	35	90	70	28	23 065	23 100	23 132	23 167	D	32		
									23 167			23 464	A	297		
		51	23+494.868	2000	0	90	0	48	23 464	23 464	23 526	23 526	G	61		
									23 526			23 689	A	163		
		52	23+699.835	3000	0	90	0	32	23 689	23 689	23 711	23 711	D	22	XXX	
<b>Eje Central</b>	<b>23+873,267</b>								23 711			24 044	A	333		
		53	24+259.658	280	62,3	70	160	46	24 044	24 106	24 370	24 432	D	264		
									24 432			24 988	A	555		
		54	25+190.579	255	62,3	70	160	71	24 988	25 050	25 290	25 353	G	241		
<b>Parque de los Venados</b>	<b>25+300,800</b>								25 353			25 567	A	214		
		55	25+671.848	280	62,3	70	160	46	25 567	25 629	25 711	25 773	G	82		
									25 773			25 804	A	31		
		56	25+912.954	280	54	69,42	140	63	25 804	25 858	25 963	26 017	D	105		
<b>Zapata</b>	<b>26+060,260</b>								26 017			26 340	A	323		
		57	26+354.771	8000	0	90	0	12	26 340	26 340	26 369	26 369	D	29	XXX	
									26 369			26 543	A	173		
		58	26+557.984	8000	0	90	0	12	26 543	26 543	26 573	26 573	G	31		
<b>20 de Noviembre</b>	<b>26+615,881</b>								26 573			27 176	A	603		
		59	27+218.966	800	20	72	50	26	27 176	27 196	27 242	27 262	G	45		
									27 262			27 279	A	17	XXX	
		60	27+330.241	750	22	72	55	27	27 279	27 301	27 359	27 381	D	58		
<b>Insurgentes Sur</b>	<b>27+390,7</b>								27 381			27 649	A	267		
		61	27+660.369	4000	0	90	0	24	27 649	27 649	27 672	27 672	D	24	XXX	
									27 672			27 714	A	42		
		62	27+736.047	-2000	0	90	0	48	27 714	27 714	27 758	27 758	G	45		
									27 758			27 909	A	151		
		63	27+954.828	2000	0	90	0	48	27 909	27 909	28 000	28 000	D	91		
<b>Mixcoac</b>	<b>28+292,638</b>								28 000			28 520	A	519		
		64	28+581.084	250	46,7	60	140	30	28 520	28 566	28 595	28 642	G	29	XXX	
									28 642			28 985	A	344		
		65	29+053.710	225	53	60	159	30	28 985	29 038	29 068	29 121	D	29	XXX	
									29 121			29 171	A	50		
		66	29+224.351	260	44,7	60	135	26	29 171	29 216	29 232	29 277	G	16	XXX	
									29 277			29 360	A	83		

**Tabla 11 Resumen de las curvas de radio inferior a 350 m donde existen elementos de trazo que no cumplen la longitud mínima exigida**

### 9.1.2 Peralte máximo, insuficiencia de peralte, velocidad máxima

Los valores indicados en la Memoria de Cálculo son los siguientes:

- Velocidad de operación máxima en vía libre: 90 km/h
- Velocidad de operación máxima en Patios y Talleres: 20 km/h
- Escantillón o trocha de vía: 1435 mm
- Peralte teórico:  $ht = 11.8 V^2/RC$
- Peralte práctico: aproximadamente corresponde a 2/3 del valor teórico  $\leq 160$  mm
- Insuficiencia de peralte:  $l = ht - hp \leq 150$  mm
- Velocidad de variación del peralte:  $di/dt = 75$  mm/seg

Analizando parcialmente el eje en planta del trazado de las vías, observamos ciertas incoherencias en los valores del peralte práctico respecto al método de cálculo preconizado.

El origen del problema no parece ser un defecto de los materiales, sino un problema muy delicado de compatibilidad a nivel de la interfaz riel/rueda donde se tiene un riel que responde al estándar AREMA y una rueda fabricada bajo otros estándares.




MEMORIA DE CALCULO										hpmax=100mm lmax=100mm		
CURVA	PI	RC	Lcl	V	hp	i	p	Ai / At		hp mm	l mm	V km/h
		m	m	Km/h	mm	mm	mm/m	mm/s				
<b>Atlatilco</b>												
<b>18+802,346</b>												
1	37-1	19+187.419	202	54	50	110	36	2,1	9,4	60	86	50
1	37-2	19+183.783	198	72	45	90	31	1,2	5,4	60	86	50
<b>19+694,838</b>												
	39-1	19+694.838	998	40	65	30	20	0,8	9,0	25	26	65
	39-2	19+694.966	1002	20	65	30	20	1,5	17,8	25	26	65
<b>19+861,801</b>												
	40-1	19+861.801	802	17	60	30	23	1,8	23,2	11	42	60
	40-2	19+861.716	798	16	60	30	23	1,8	23,5	11	42	60
<b>20+178,246</b>												
	42-1	20+178.246	1198	25	75	30	25	1,2	21,2	35	20	75
	42-2	20+169.590	1202	25	70	30	18	1,2	14,1	35	20	75
<b>20+661,173</b>												
1	43-1	20+661.173	252	63	50	80	37	1,3	8,3	76	39	50
1	43-2	20+659.481	248	69	55	110	34	1,6	7,5	76	39	50
<b>20+814,039</b>												
	44-1	20+814.039	248	40	40	40	36	1,0	10,1	40	37	40
	44-2	20+814.547	252	40	45	60	35	1,5	10,9	40	37	40
<b>Mexicaltzingo</b>												
<b>Eje Central</b>												
<b>20+873,675</b>												
<b>23+873,267</b>												
1	53-1	24+258.530	277	72	60	125	29	1,7	6,6	88	66	60
1	53-2	24+260.900	280	63	55	100	27	1,6	6,7	88	66	60
1	54-1	25+189.541	261	62	50	50	63	0,8	14,0	58	55	50
1	54-2	25+187.197	257	71	50	50	65	0,7	12,6	58	55	50
<b>Parque de los Venados</b>												
<b>25+300,800</b>												
1	55-1	25+672.088	282	63	55	100	27	1,6	6,5	91	35	55
1	55-2	25+671.140	278	79	55	100	28	1,3	5,5	91	35	55
<b>25+912,428</b>												
	56-1	25+912.428	278	70	50	80	26	1,1	5,2	77	29	50
<b>25+913,480</b>												
	56-2	25+913.480	282	54	50	80	25	1,5	6,3	77	29	50
<b>Zapata</b>												
<b>20 de Noviembre</b>												
<b>26+060,260</b>												
<b>26+615,881</b>												
	59-1	27+219.040	802	20	65	30	32	1,5	29,0	31	30	65
	59-2	27+218.892	798	20	70	40	32	2,0	31,6	31	30	65
<b>27+330,144</b>												
	60-1	27+330.144	748	64	50	0	39	0,0	8,6	1	37	50
<b>27+330,338</b>												
	60-2	27+330.338	752	22	55	0	47	0,0	32,9	1	37	50
<b>Insurgentes Sur</b>												
<b>Mixcoac</b>												
<b>27+390,700</b>												
<b>28+292,638</b>												
	65-1	29+054.773	223	53	35	0	65	0,0	11,9	1	64	35
	65-2	29+053.358	227	53	35	0	64	0,0	11,6	1	64	35
<b>29+224,564</b>												
	66-1	29+224.564	262	45	35	0	55	0,0	12,0	3	51	35
	66-2	29+224.138	258	45	35	0	56	0,0	12,2	3	51	35

Tabla 12 Lista de curvas en las que se debe reducir el peralte

*Nota: Las curvas n° 60, 65 y 66 no tienen peralte. Por lo tanto, no es posible bajar más el peralte, lo que explica que no aparezcan en la tabla.*

## 9.2 Perfil longitudinal

Sin observación.

# 10. SINTESIS DEL ANALISIS DEL SISTEMA COMPLETO VÍA FÉRREA

Los diferentes componentes de la vía (rieles, durmientes, sistema de fijación) tomados individualmente son conformes a las normas internacionales. Sin embargo, se encuentran en los límites de las tolerancias permitidas por dichas normas. Ver el documento SYSTRA "Informe final de análisis línea 12-VF-REV2.10", capítulo 3.4 "examen de los componentes de la vía férrea" MEX-S117-REP-0012-B del 29/08/2014.

Las rupturas de ciertos componentes son la consecuencia del desgaste ondulatorio y no la causa de éste.

La calidad geométrica de la vía (medida y registrada por la maquina ME50 del STC) es irregular. La lectura de los registros permite evidenciar defectos de nivelación longitudinal y transversal de la vía y mala calidad geométrica de las soldaduras. El reemplazo masivo de los durmientes en ciertas zonas ha tenido, igualmente, efectos sobre el deterioro de la geometría.

El desgaste ondulatorio está presente solamente en las curvas con radios inferiores a los 350 m y en las vías desviadas de aparatos. El único punto común entre estas zonas es el radio pequeño: los aparatos se colocan sin peralte y se recorren a velocidad reducida.

El elemento determinante en la causa del desgaste ondulatorio también es el trazo de la vía con curvas de radios inferiores a los 350 m. La velocidad, la baja calidad del balasto, el peralte pronunciado y la calidad irregular de la geometría de la vía son factores agravantes y no son la causa de la aparición del desgaste ondulatorio.



## 11. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA PLATAFORMA.

### 11.1 Presentación de los análisis preliminares

Con el fin de analizar el buen funcionamiento del sistema de drenaje, MEXISTRA ha realizado una inspección visual del tramo en túnel de la línea 12. El objetivo de esto peritaje fue realizar un diagnóstico preliminar del sistema de drenaje.

Esta inspección visual se realizó en el tramo de la línea entre las estaciones CULHUACAN y MIXCOAC. Todo este tramo se encuentra en túnel.

Las zonas objeto de la inspección son representativas del conjunto de la línea e incluyen la mayor parte de las curvas de radio pequeño inferiores a 500 m, donde se observan los desórdenes más importantes presentes en la línea.

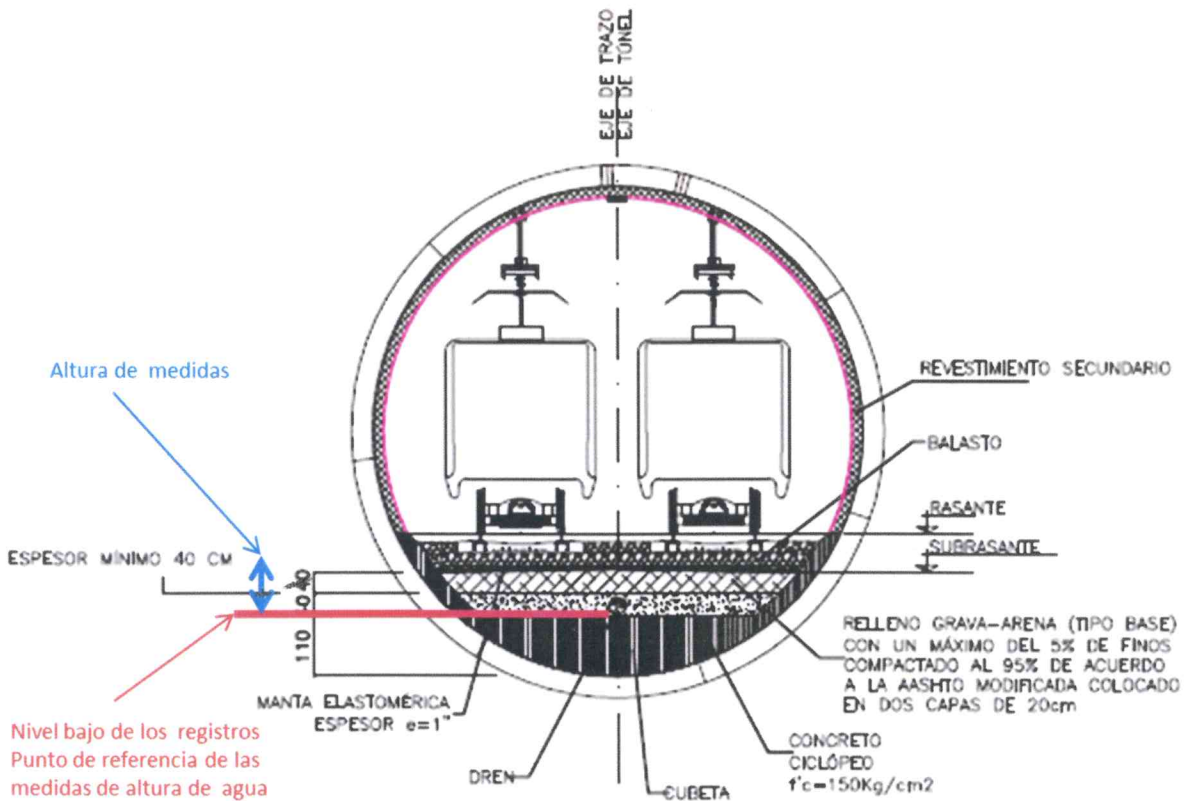


Figura 11. Esquema de la medición de altura de agua en la subcapa



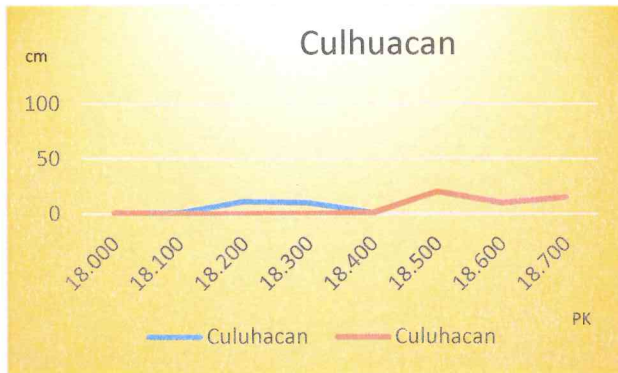
## 11.2 Mediciones.

Durante la inspección visual del túnel, se han realizado ensayos con el fin de comprobar el buen funcionamiento del drenaje del túnel.

Los niveles de agua varían de 0 cm a 90 cm (estación Eje Central). Se observan las siguientes conclusiones en varias estaciones.

Se muestran a continuación las áreas con problema de drenaje (principalmente vía 1). Los gráficos siguientes presentan los tirantes de agua en la vía 1 y 2.

### CULHUACÁN



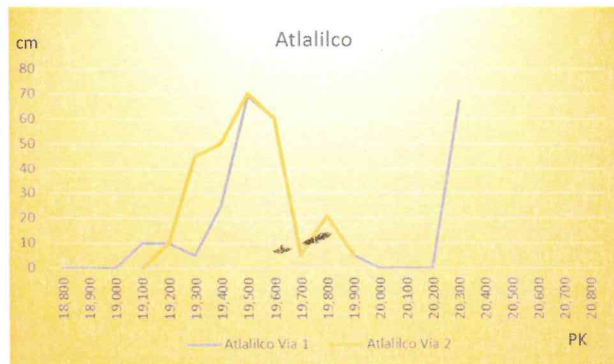
PK 18+000 – 18+700

Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 20 cm.

El espesor del balasto varía entre 22 y 43 cm

Balasto húmedo y con muchos finos

### ATLALILCO



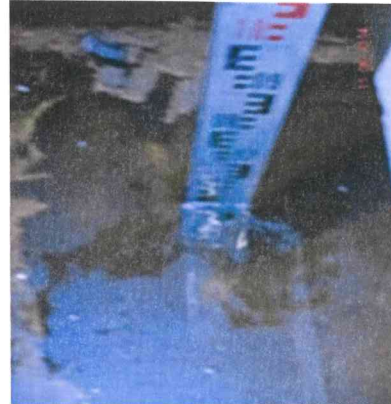
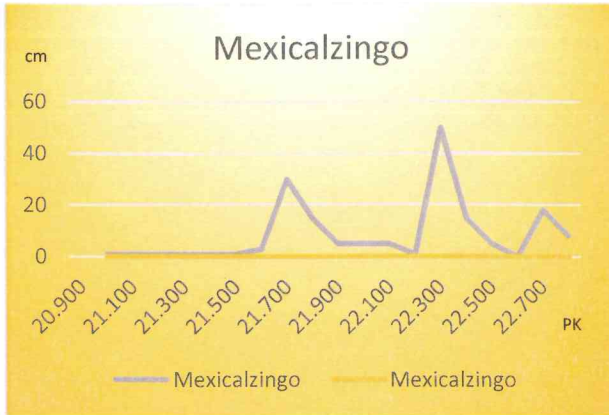
PK 19+020 – 20+800

Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 70 cm.

Espesor varía del balasto entre 28 y 46 cm

Balasto húmedo y con muchos finos

**MEXICALZINGO**



PK 21+027 – 22+818

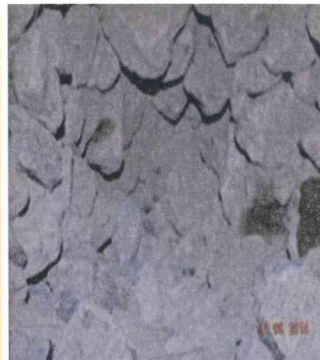
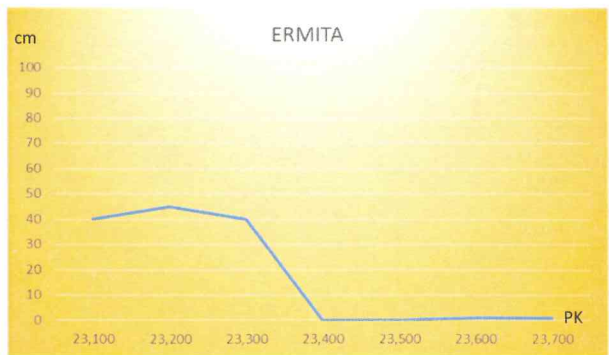
Presencia de agua. El espesor varía entre 1 y 50 cm.

El espesor del balasto varía entre 27 y 42 cm

En la cabecera poniente PK 21+027, se localiza una filtración fuerte de agua que cae a la vía 1.

Balasto húmedo y con muchos finos

**ERMITA**



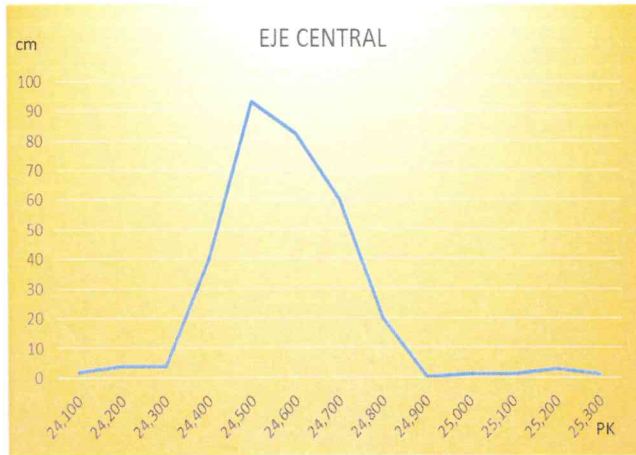
PK 23+100 – 23+800

Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 40 cm.

El espesor del balasto varía entre 28 y 33 cm

Balasto húmedo y con muchos finos

**EJE CENTRAL**



PK 24+100 – 25+289

Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 93 cm.

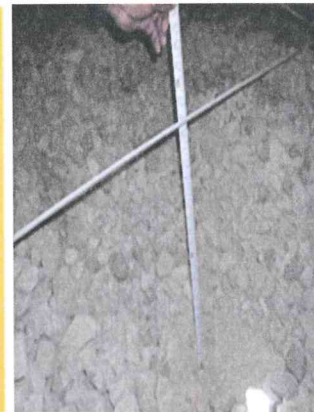
El espesor del balasto varía entre 23 y 38 cm

Húmedo y con mucho fino en el balasto

Pk 24+888: Bombas de elevación:

El agua está a 4,70m de profundidad. La bomba del cárcamo funciona correctamente pero no está situada en el punto bajo (del PK 24+500 aprox.).

**PARQUE DE LOS VENADOS**



PK 25+500 – 26+000

Presencia de agua. El espesor varía entre 1 y 63 cm.

El espesor del balasto varía entre 32 y 40 cm

Húmedo y con muchos finos en el balasto



**ZAPATA**



PK 26+300 – 26+600  
 Presencia de agua. El espesor varía entre 1 y 7 cm.  
 El espesor del balasto varía entre 28 y 47 cm  
 Muchos finos en el balasto

**HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE**



PK 26+800 – 27+300  
 Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 20 cm.  
 El espesor del balasto varía entre 27 y 39 cm  
 Muchos finos en el balasto

**INSURGENTES SUR**



PK 27+-598 – 28+200

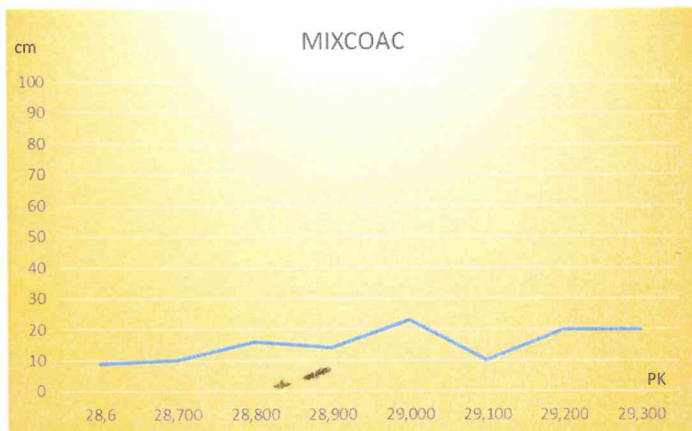
Presencia de agua. El espesor varía entre 0 y 22 cm.

El espesor del balasto varía entre 41 y 56 cm

Finos en el balasto.

En la zona de los PK 27+598 al 27+604 se localiza una fuerte filtración de agua sobre las 2 vías, influyendo en la primera "Cala"

**MIXCOAC**



PK 28+-595 – 29+300

Presencia de agua. El espesor varía entre 9 y 20 cm.

El espesor del balasto varía entre 35 y 41cm

Fino en el balasto.

En la zona de los PK 28+595 se localiza una filtración de agua de mediana intensidad sobre las 2 vías.

### 11.3 Análisis específico intertramo Eje Central – Parque de los Venados.

Se limpiaron los registros del intertramo de la estación Eje Central a estación Parque de los Venados del registro ubicado en el PK 24+210 al registro ubicado en el PK 24+887.

Tras observar que no existe ningún tapón dentro de la tubería que interfiera en el recorrido del agua hacia el cárcamo, se bombeó el agua contenida en el registro del PK 24+700 al registro del PK 24+730, lo cual permitió que el nivel del agua que se encontraba en los registros anteriores bajara.

El único problema que se presenta es que la pendiente de la tubería no es constante y de acuerdo a los planos, lo que permite la aparición de puntos bajos.

MEXISTRA realizará un levantamiento topográfico que determine la posición exacta del ducto para así poder definir la acción correctiva correspondiente.

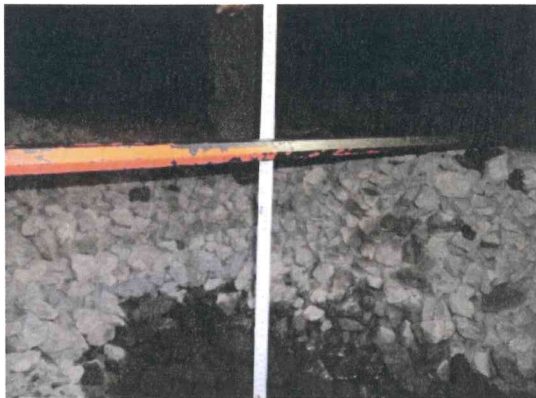


Foto 15. Problema de punto bajo. Éste está en el PK 24+500, y la bomba está ubicada al km 24+888.





11.4 Nivel de agua

Altura de agua en el dren (en centímetros)

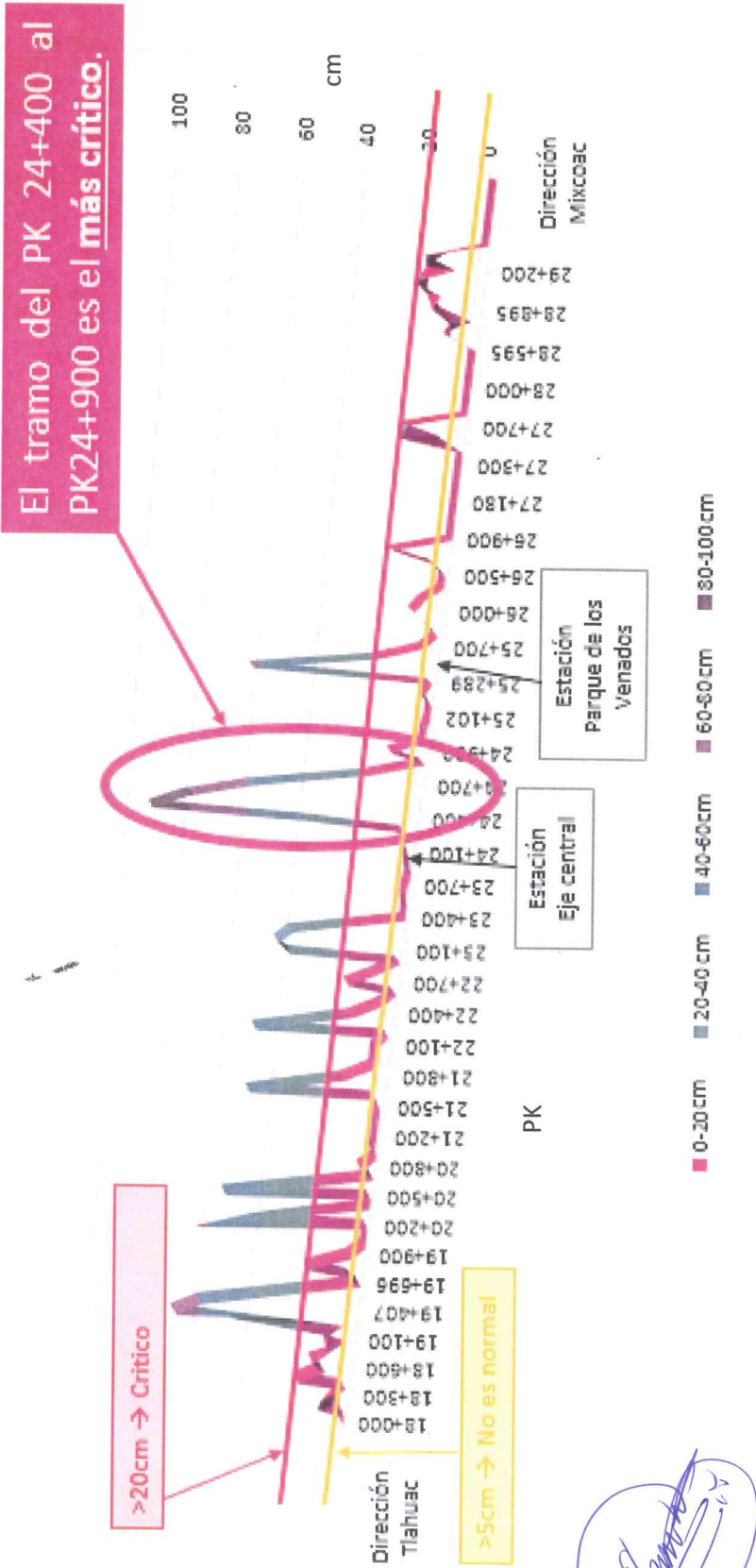


Figura 12. Altura de agua en el dren

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

## 11.5 Conclusión del análisis preliminar

Se reconocen las siguientes irregularidades:

- Con una longitud total de 11,3 km, el túnel tiene un total de 5,7 km de zonas con problema de drenaje (con el criterio agua >5 cm). 23 zonas críticas tienen problemas con un tirante de agua > 20 cm.
- Muchas zonas tienen elementos externos en el sistema de drenaje.
- Mala calidad de la subcapa
- Altura importante de balasto
- El balasto tiene muchos finos
- El balasto está desgastado en la totalidad del túnel (muchos elementos son demasiado pequeños debido a las actividades de bateo reforzado para rectificar la compactación inicial insuficiente que permitió una buena nivelación de la vía desde la construcción original)
- Ubicación e integridad del sistema de drenaje

De acuerdo con las primeras investigaciones, se recomendó:

- Limpiar los registros del sistema de drenaje retirando la basura y cuerpos extraños que se han detectado, durante los recorridos de inspección
- Mantener una campaña de inspección sistemática a lo largo del sistema de drenaje para prever cualquier problema con el agua

Sin embargo, estas primeras investigaciones ponen de relieve varios riesgos:

- Mala instalación del sistema de drenaje
- Problemas de calidad o de degradación de la subcapa

## 12. ANÁLISIS DETALLADO DE LA PLATAFORMA DEL TÚNEL

### 12.1 Introducción

Para confirmar o no las dudas explicadas en el capítulo anterior y después de una limpieza del sistema de drenaje, se ha realizado un análisis detallado y pruebas para:

- Confirmar la ubicación del sistema de drenaje en el suelo
- Calificar los desempeños del relleno de la subcapa y ver si se puede mantener o si se debe cambiar
- Calificar exactamente el suelo
- Calificar el concreto

La especificación de estas pruebas fue entregada al mismo tiempo que el informe de diagnóstico preliminar del túnel (véase documento Especificaciones técnicas para las investigaciones de la plataforma del túnel, Ref L12-TRA-OC-1075-SY-INF-2).

### 12.2 Estudio del proyecto “AS DESIGN”

El área del túnel objeto de la presente versión del diagnóstico se extiende del inter-tramo “Culhuacán – Atlalilco” hasta la estación Mixcoac.

MEXISTRA confirma que a pesar de estas peticiones no ha recibido todos los planos “As-Built”.

En ciertas zonas, los planos no tienen la misma información en los documentos, por ejemplo en el tramo “Parque de los Venados hasta Eje Central”:

- PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01
- PMDF-10-IHS-612255-III-0001-32052-P-00 (Ver las figuras 13 y 17)
- DP L 12 004 14

Además hay errores en el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01 al nivel de la sección 4.

El documento DP L 12 004 14 parece tener la

#### 12.2.1 Estudio del proyecto “As design” de la plataforma





De acuerdo con el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01, la estructura del túnel con escudo (que represente la mayor parte del tramo en túnel) está basada en 4 tipos diferentes de secciones, las cuales tienen diferentes espesores de concreto y de grava arena en las plataformas:

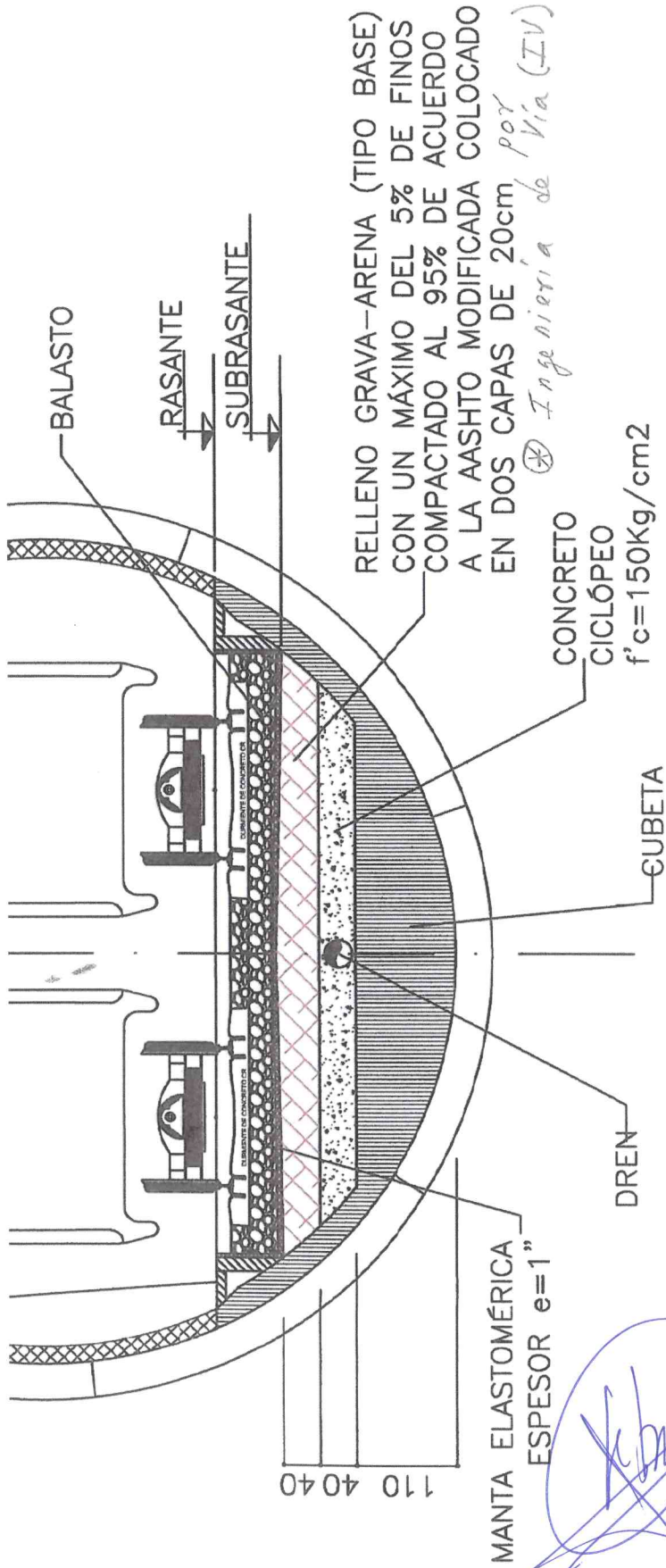


Figura 13. Sección del túnel tipo 1 (del PK20+326 al PK21+300) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.

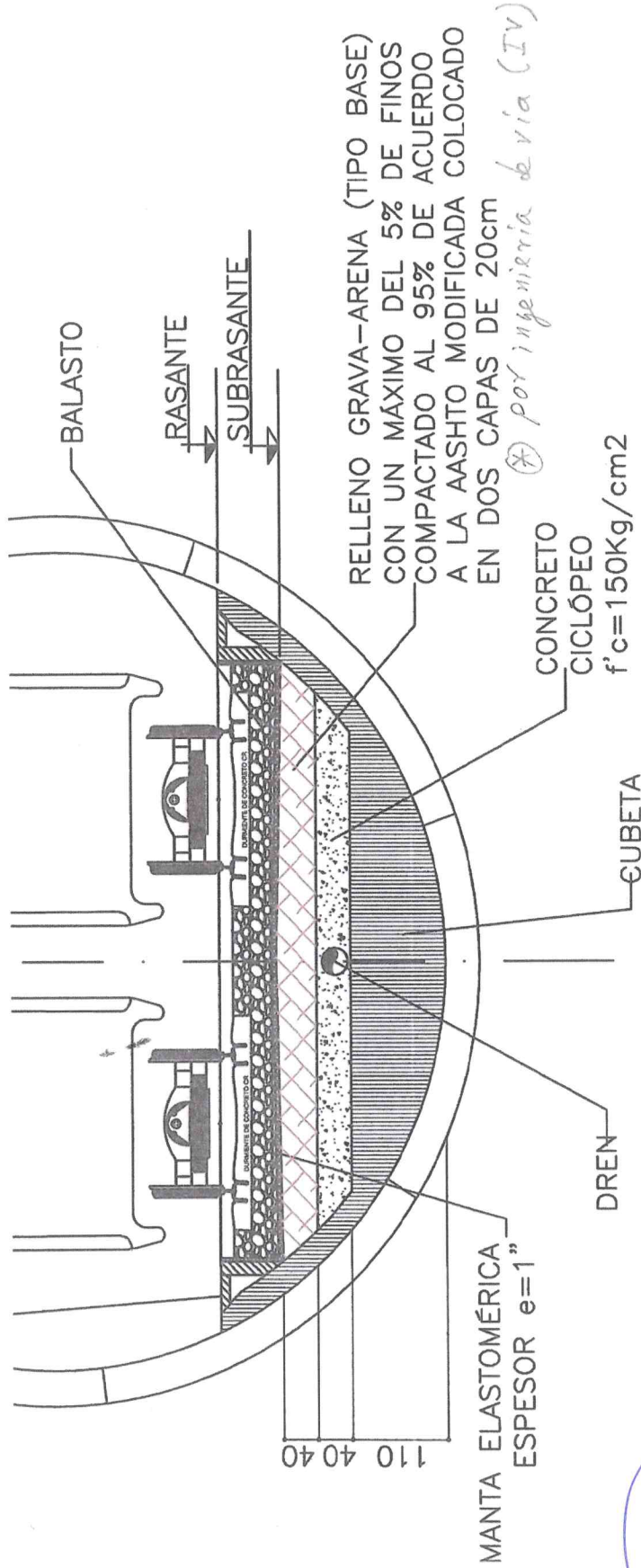


Figura 14. Sección del túnel tipo 2 (del PK21+300 al PK22+470) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
79/497

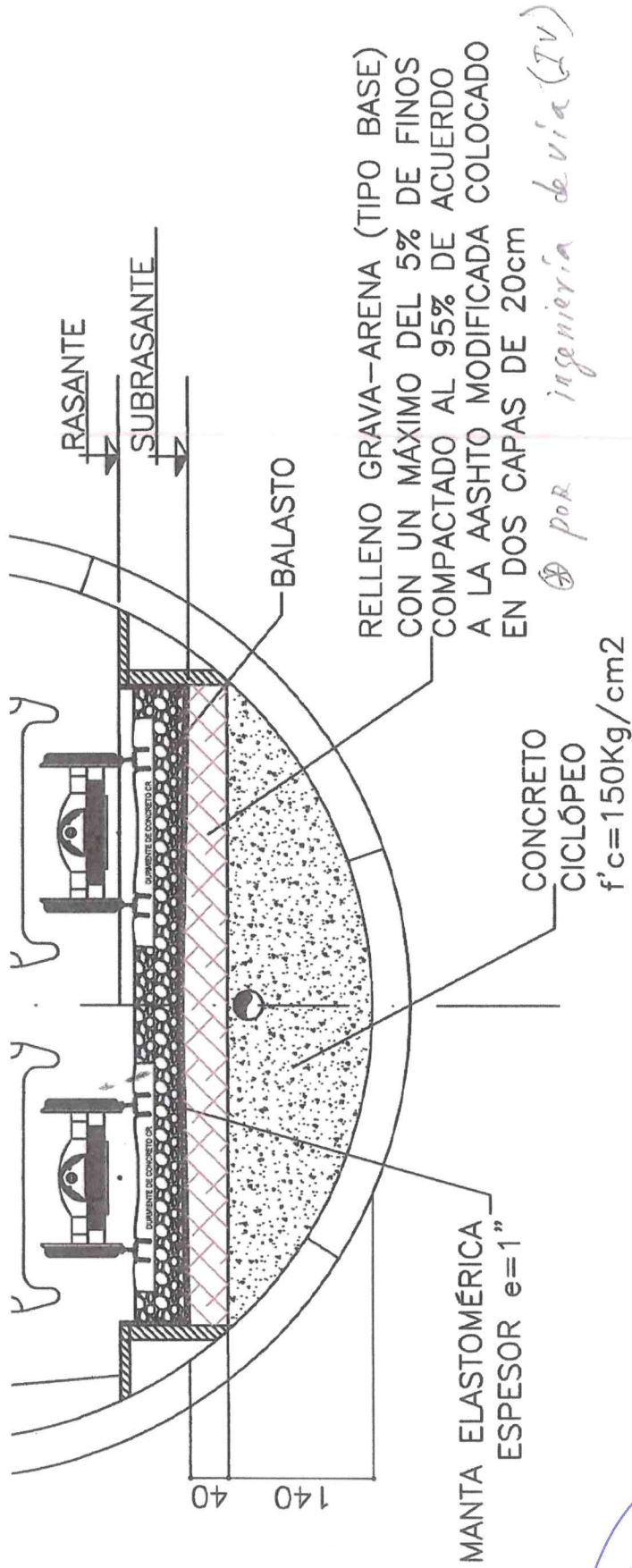


Figura 15. Sección del túnel tipo 3 (del PK22+470 al PK22+900) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
80/497



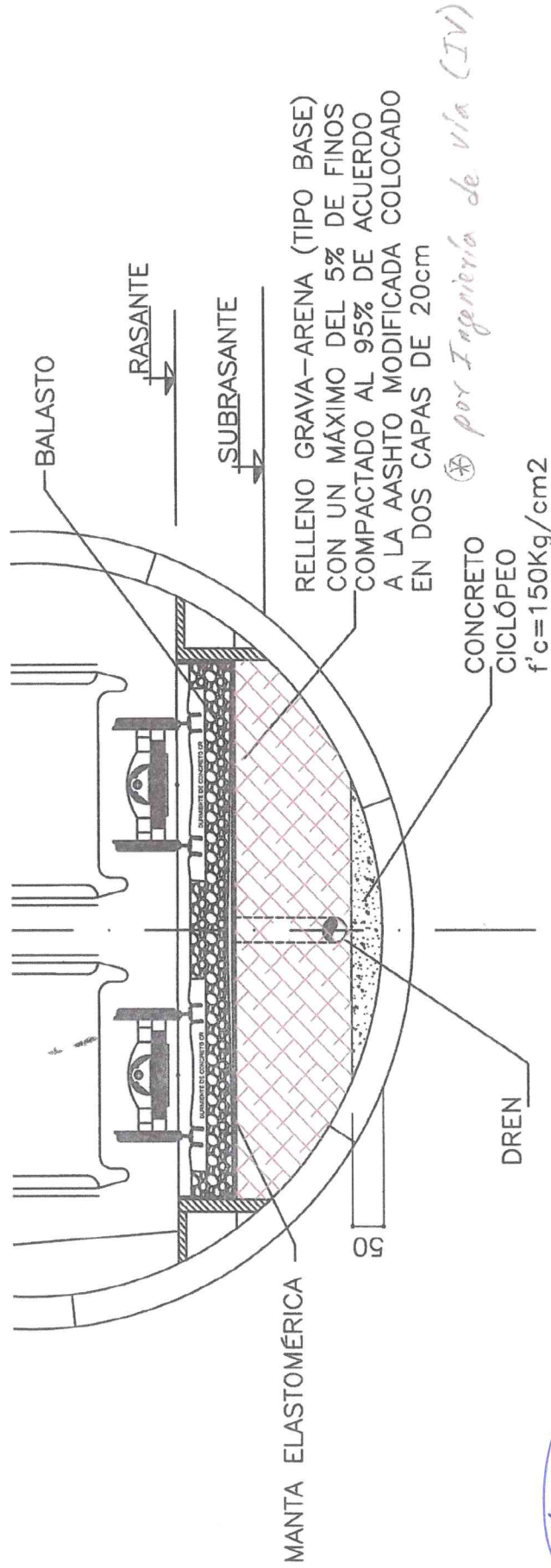


Figura 16. Sección del túnel tipo 4 (del PK22+900 al PK 27+390) según el plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01.

*[Handwritten signatures in blue ink]*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
81/497

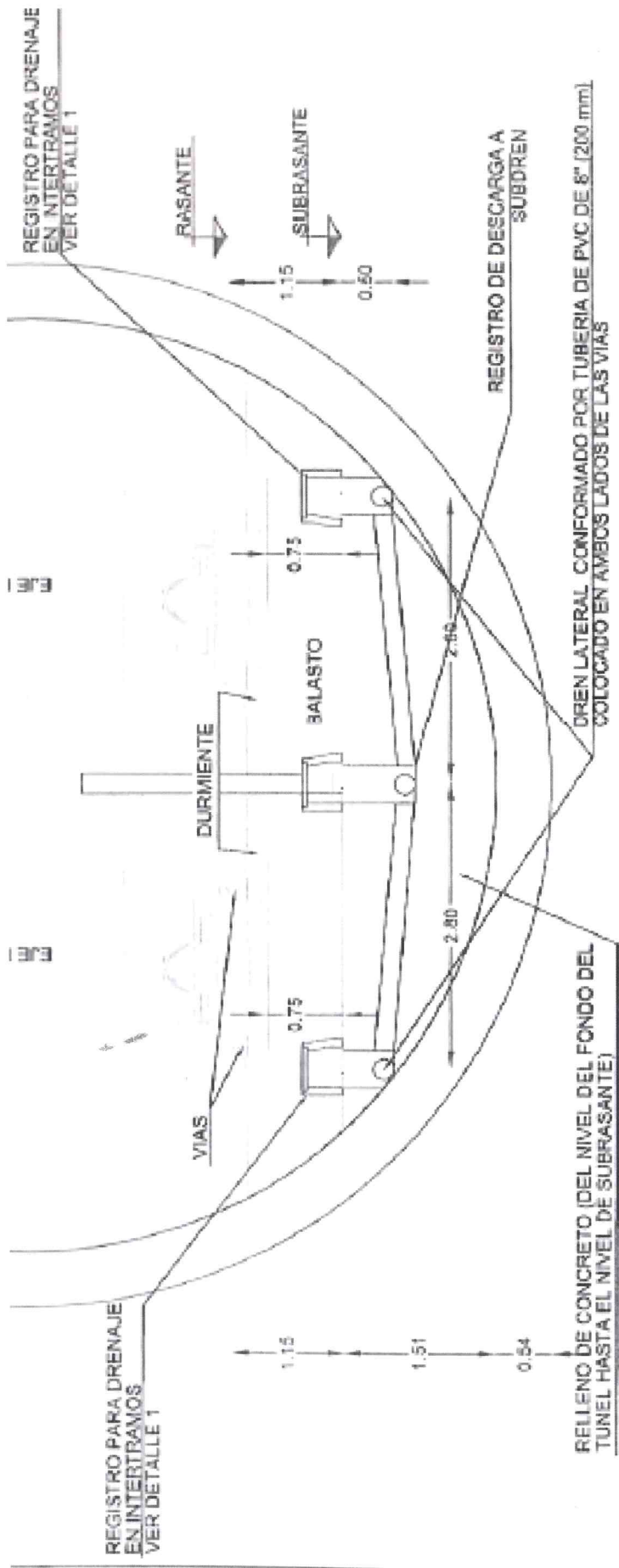


Figura 17. Sección transversal (tipo 4) del túnel según plano PMDF-10-IHS-612255-III-0001-32052-P-00

*(Handwritten signatures in blue ink)*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
82/497

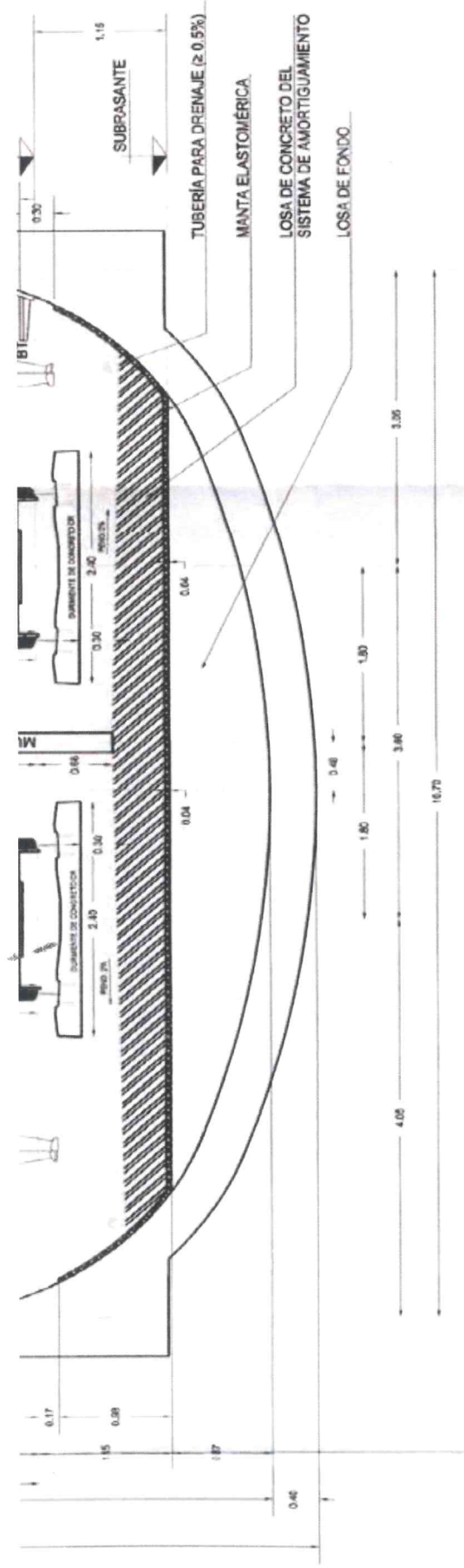
**Nota:** El plano PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01 tiene los comentarios siguientes:

- ✦ (\*)
- ✦ LOS CIMENTOS DE AMPLIACIÓN DE REVESTIMIENTO SECUNDARIO Y CUBETA ESTRUCTURADA NO CORRESPONDEN CON EL PERFIL PREVIAMENTE AUTORIZADO EN LOS PLANOS:  
- 05424-P-00  
- 05443-P-00
- ✦ ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN QUE NO CORRESPONDE A LA DISCIPLINA DE ESTRUCTURAS (DISEÑO DEL RELEVO DE CUBETA)
- ✦ FALTAN TIEMPOS DE COTEO DE SECTORES, I.H.S., VIAS, P.O., ETC.
- ✦ En zonas de colapsos o Valles (perfil) no se recomienda el relleno gravoso, para evitar fines en los catenamientos de captación de filtraciones y falta de tipo de ingeniería de vía.

**Figura 18. Sección transversal (tipo 4) del túnel según plano PMDF-10-IHS-612255-III-0001-32052-P-00**



De acuerdo con el plano 209-PMDF-09-VI.8-612000-III-0426-52632-P-00, la estructura del túnel convencional está basada en la siguiente sección:



**Figura 19.** Sección del túnel de la estación hasta el final de la Línea.

*[Handwritten signatures in blue ink]*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

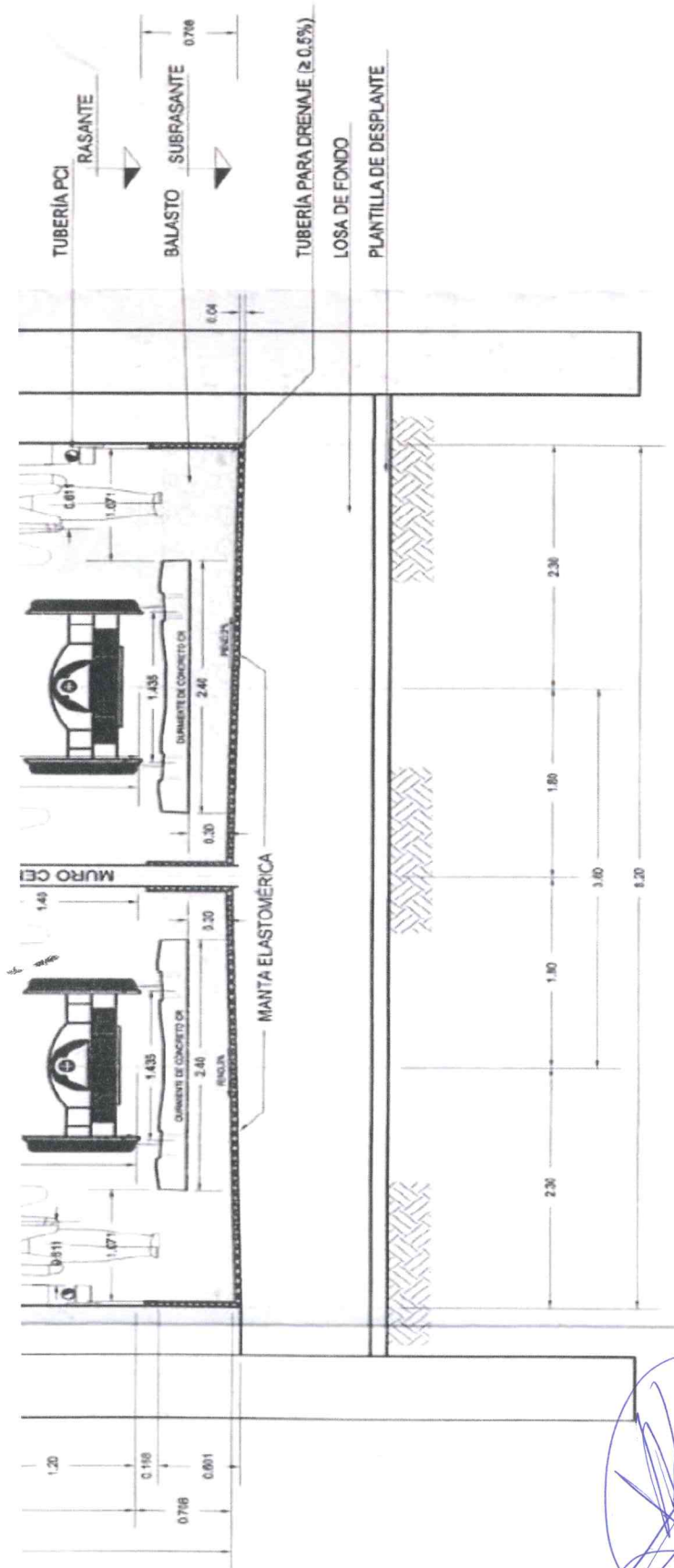
L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
84/497

De acuerdo con el plano 204-PMDF-09-VI.8-612000-III-0427-52633-P-00, la estructura del túnel en cajón está basada en la siguiente sección:



**Figura 20.** Sección del túnel de la estación Atlailco hasta el PK20+357.

*[Handwritten signatures in blue ink]*

### 12.2.2 Conclusiones relativas al diseño de la plataforma del túnel

MEXISTRA confirma que hay muchas dudas sobre el diseño final de las diferentes configuraciones de la plataforma, en efecto, los planos que nos han sido entregados no parecen estar actualizados (particularmente en la sección entre las estaciones “Parque de los Venados” y “Eje Central”) por razón que existen varias versiones.

En el tramo con túnel con escudo, de acuerdo con la estructura de la plataforma que no es la óptima (por razón que tiene grava arena), el sistema de drenaje debería estar perfectamente diseñado y realizado para asegurar que no haya contaminación de la capa de grava arena por el agua. En el caso contrario, eso puede conducir a una degradación del grado de compactación o del material de la grava arena que conducirían a problemas de nivelación de la vía.

En los otros tramos, los planos que tenemos no presentan problemas específicos de diseño al nivel de la plataforma de la vía.

### 12.2.3 Características de la subcapa del tramo en túnel con escudo

#### 12.2.3.1 Presentación

La selección del material de relleno que se utiliza como sub-base de la capa de balasto, sobre la que se apoyan los durmientes del sistema de vías, se basó en las recomendaciones del AREMA (American Railroad Engineering Manual). Esta norma define las características geotécnicas suficientes para recibir los esfuerzos que le transmitirán los trenes, distribuidos a través de los propios durmientes del sistema de vías y de la capa de Balasto de 30 cm de espesor (bajo el lecho inferior del durmiente) en la que se apoyan.

Según las especificaciones de PMDF, se había previsto utilizar un espesor no menor a 30 cm para la capa de balasto y no menor a 40 cm para la capa de relleno de grava-arena (sub-balasto).

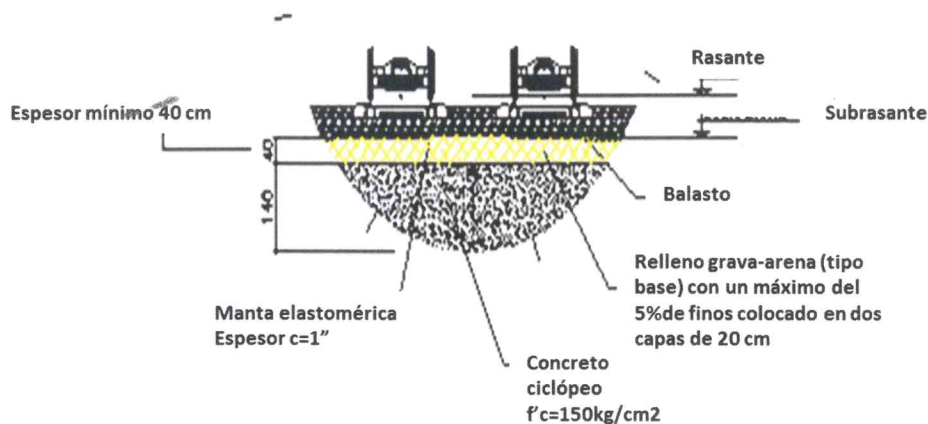


Figura 21. Relleno grava-arena (tipo base)



**12.2.3.2 Características geotécnicas.**

Como se precisa en las especificaciones de PMDF, las cuales se basan en el Manual AREMA (inciso 2.11.2.5): "los materiales más comúnmente empleados para ser usados como sub balasto son los materiales especificados como base hidráulica y sub base en la construcción de autopistas, en donde no más del 5% del material empleado como sub balasto, deberá pasar la malla No. 200.

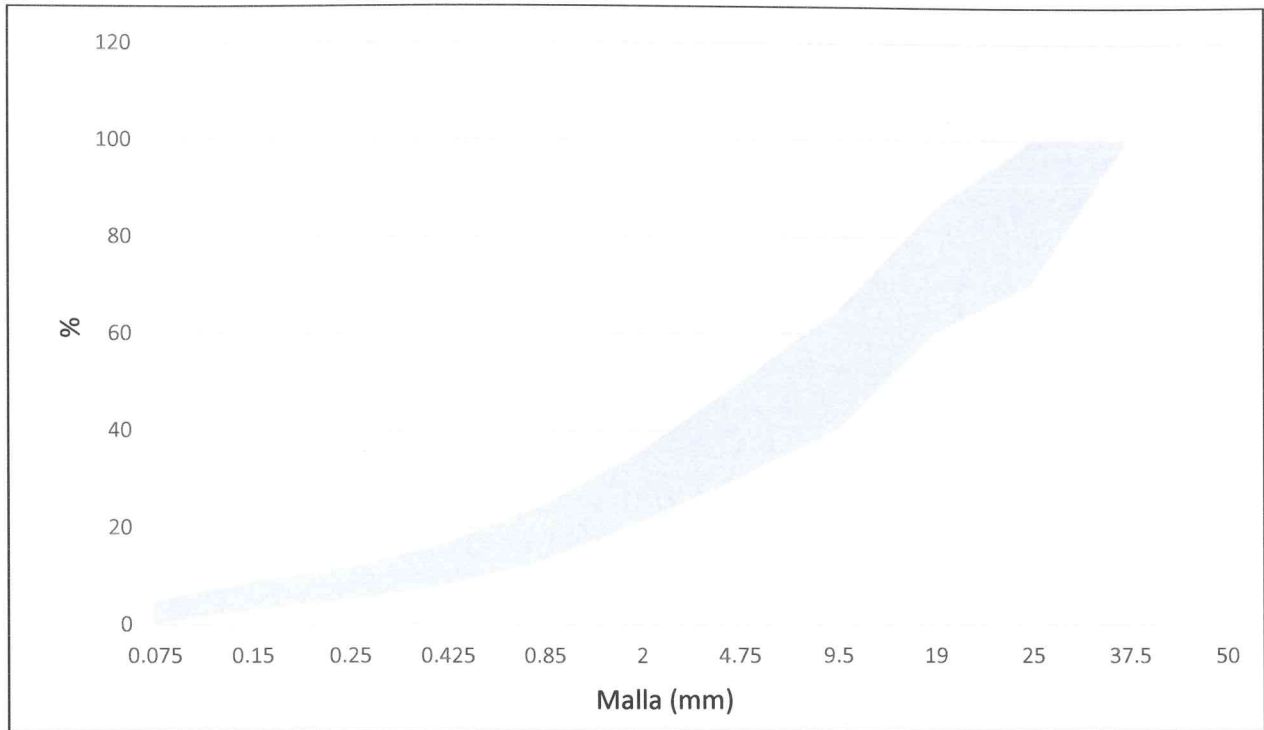
Bajo esta óptica se recomendará emplear como relleno bajo la capa de balasto, una **capa de 40 cm de espesor** que cumpla con los requerimientos de una base hidráulica con un **máximo de 5% de finos** y que cumpla con la zona granulométrica típica de una base hidráulica (se anexa tabla). Esta granulometría es muy similar a la zona que se maneja para materiales filtrantes por lo que el material cumple con dicha función evitando la fuga de partículas."

**12.2.3.2.1 Composición granulometría**

Se define en la tabla siguiente los valores a alcanzar:

Criba (mm)	Designación	Límite superior (%)	Límite inferior (%)
0,075	200	5	0
0,15	100	9	3
0,25	60	12	5
0,425	40	17	8
0,85	20	25	13
2	10	36	21
4,75	4	50	30
9,5	3/8	65	40
19	3/4	86	60
25	1	100	70
37,5	1 ½	---	100
50	2	---	100

**Tabla 13 Requerimientos de granulométricos para una base hidráulica**



**Figura 22.** Representación gráfica de la granulometría aceptable

12.2.3.2.2 Características adicionales

Características	Valor (%)
Limite Liquido	25 máx.
índice plástico	6 máx.
Desgaste de los Ángeles	

**Tabla 14** Características adicionales

12.2.3.2.3 Compactación - Relación resistencia/compactación:

Una base de datos establece una relación entre la tasa de compactación (en porcentaje del Proctor Normalizado-OPN o del Proctor Modificado-OPM (1)) y la resistencia a la penetración de las distintas clases de estado del suelo y su humedad (AREMA ASTM D 698 – AASHTO-T-180).

(1): El ensayo Proctor es una prueba geotécnica para determinar el contenido de agua necesario para obtener la máxima densidad seca de un suelo granular compactado.

Página  
88/497

El ensayo Proctor sigue la norma AREMA ASTM D 698 – AASHTO-T-180 (determinación de la compactación de materiales de referencia). Se observan los valores obtenidos por la prueba  $W_{OPN}$  para contenido óptimo de agua y  $W_{OPN}$  para la máxima densidad seca. Otra referencia puede ser determinada de energía superior (particularmente para las capas de pavimento granular), es el óptimo modificado Proctor (OPM).

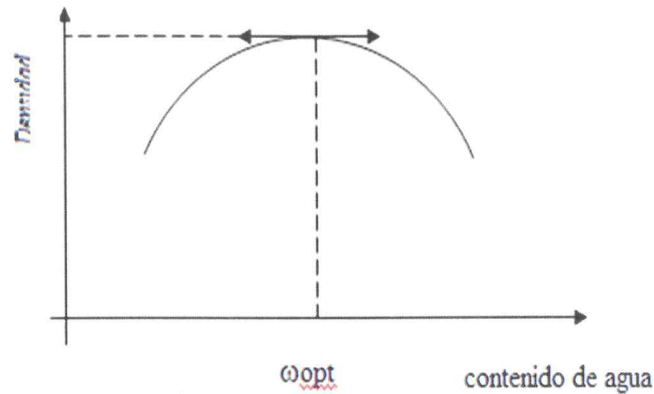


Figura 31. Proctor : relación densidad / contenido de agua

El objetivo de compactación es alcanzar una densidad objetivo q4.

Para ello deben obtenerse los siguientes valores:

- $\gamma_{dm} \geq 95\%$  pd OPN
- $\gamma_{dfc} \geq 92\%$  pd OPN

Con:

- $\gamma_{dm}$ : densidad seca promedio en todo el espesor de la capa compactada.
- $\gamma_{dfc}$ : capa inferior densidad seca; es decir, el valor promedio en una oblea de 8 cm de espesor situadas en la parte inferior de la capa compactada

### 12.2.3.3 Conclusiones relativas a la subcapa del tramo en túnel con escudo

Los requerimientos del proyecto son normales y dentro de las normas. Sin embargo, MEXISTRA insiste sobre la calidad de la subcapa, la cual es un elemento fundamental para asegurar una estabilidad correcta de la vía y evitar potenciales defectos de nivelación. Los parámetros geotécnicos de la subcapa y en particular el estudio granulométrico, el Proctor Optimo, la densidad seca del material y la cantidad de agua deberán imperativamente cumplir con los requerimientos anteriores.

### 12.2.4 Características del concreto utilizado en los tramos en túnel

#### 12.2.4.1 Características del concreto ciclópeo

La superficie de la capa subrasante (grava-arena) será realizada con ayuda de concreto ciclópeo de un espesor total de hasta 1.50 m.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
89/497



Este concreto, compuesto de bloques de piedra y cantos rodados, no requiere una resistencia mecánica muy elevada, puesto que debe asegurar un rol de relleno únicamente. En consecuencia, la resistencia a la compresión mínima para este concreto debe ser de 100 kg / cm<sup>2</sup> (10 MPa) en 28 días, utilizando, para realizar las pruebas mecánicas, un cubo de concreto de tamaño 15x15x15 cm.

#### **12.2.4.2 Conclusiones relativas al concreto ciclópeo**

Los requerimientos del proyecto son normales y dentro de las normas.

#### **12.2.5 Sistema de drenaje**

##### **12.2.5.1 Presentación**

MEXISTRA recuerda que los presupuestos para tener un túnel completamente impermeable son muy elevados y que no es recomendable para las aplicaciones de tipo ferrocarriles, por lo que se debe tener un sistema de drenaje en adecuación con el diseño de la estructura de la plataforma y de su composición. En el túnel de la Línea 12 y de acuerdo al suelo de México hay riesgos de desplazamientos de la estructura del túnel y entonces la aparición de filtraciones.

En los tramos en cajón y en túnel tradicional, los planos que tenemos no presentan problemas específicos de diseño al nivel del principio de funcionamiento del sistema de drenaje. Sin embargo, estos planos solo son secciones tipo, los cuales no detallan el sistema de drenaje completo (registro, tubería, cárcamos...).

En el tramo con túnel con escudo MEXISTRA recuerda que la plataforma está basada sobre una subcapa de grava y arena por lo que se requiere que el sistema de drenaje debe ser perfectamente diseñado (punto de captación de las filtraciones, pendientes, desempeños de evacuación del agua, bombas) y realizado (calidad de realización). El capítulo siguiente presenta el análisis específico del proyecto de este tramo de acuerdo con los riesgos.

##### **12.2.5.2 Análisis del proyecto del sistema de drenaje en el tramo en túnel con escudo**

MEXISTRA recuerda que los planos que nos han sido entregados no parecen ser actualizados (particularmente en la sección entre las estaciones "Parque de los Venados" y "Eje Central").

El drenaje de este tramo se ha construido según los principios siguientes:

- El tubo de drenaje principal está en el eje del túnel con registros cada 30 m y coladeras cada 10 m entre registros
- Adicionalmente, en estaciones se encuentran 2 tuberías laterales conectadas a la principal en cabeza de estación
- El relleno de balasto permite el escurrimiento superficial hacia las coladeras las cuales descargan a tuberías de PVC de 20 cm con conducción por gravedad a cárcamos pluviales en las cabeceras de las estaciones.

La determinación del diámetro de la tubería de drenaje del sistema de vías, toma en cuenta lo establecido en los términos de referencia, en cuanto al diámetro mínimo y al hecho de que deben de trabajar por gravedad (a superficie libre), cuidando que las condiciones de velocidad del agua, se conserven dentro del rango permisible.

El tipo de material considerado para la tubería y piezas especiales es de P.V.C. sanitario. Su ensamble e instalación se realiza mediante un anillo de hule, la velocidad del flujo del agua en la tubería se considera en un intervalo permisible de 0.3 a 3.0 m/s.

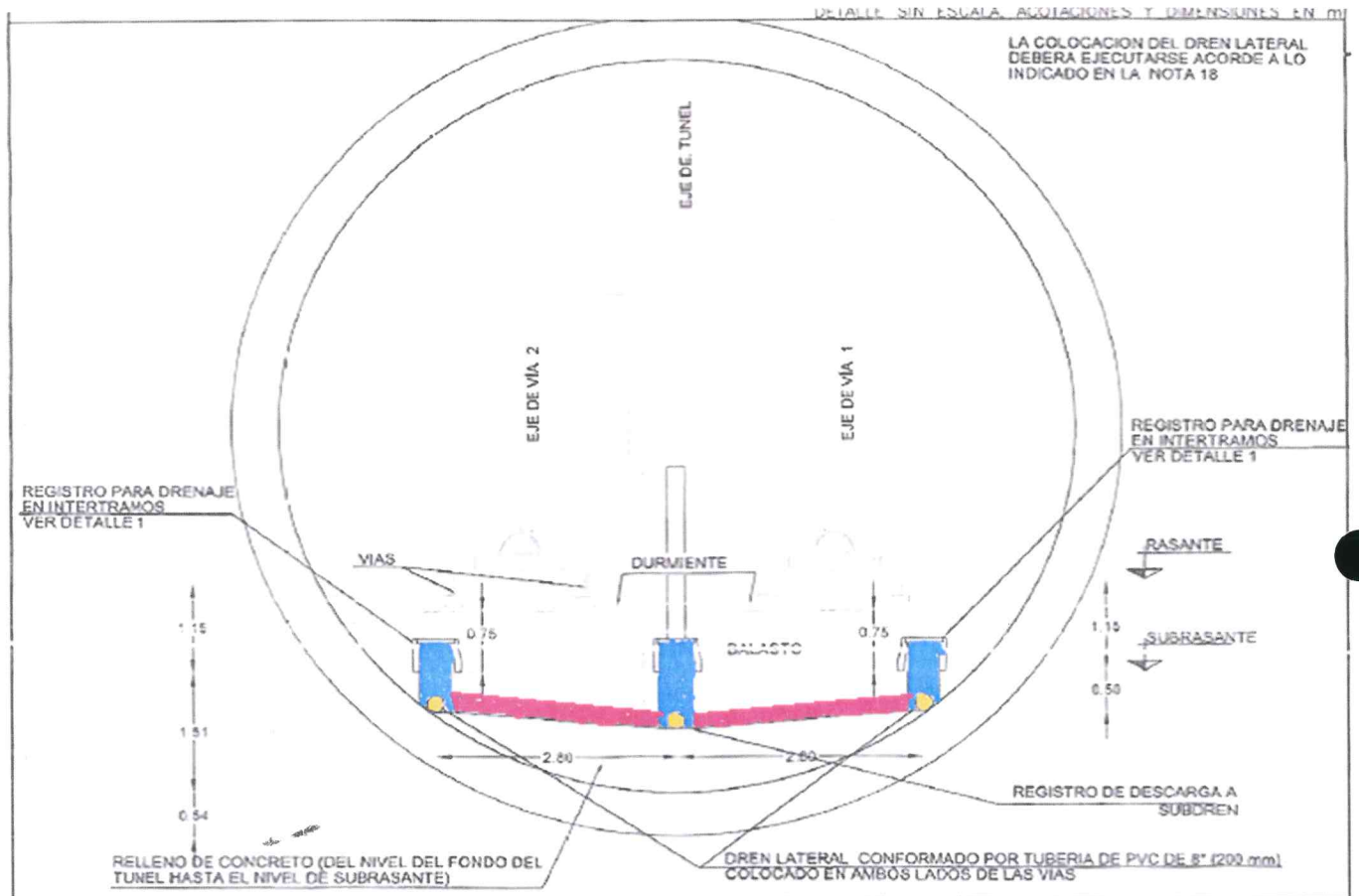
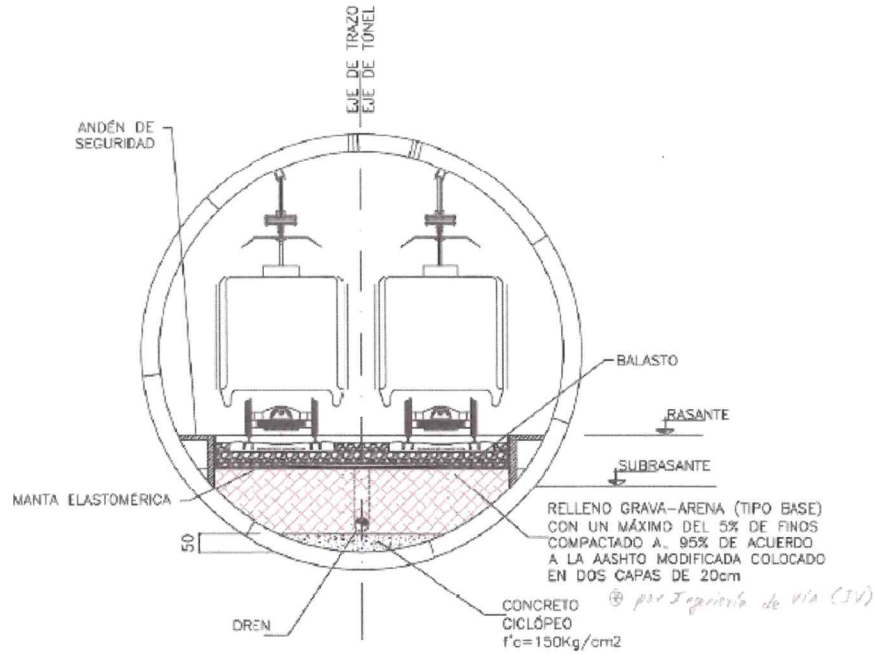


Figura 32. Sección transversal del sistema de drenaje con las coladeras de piso (pk 24+680 al pk 25+313)

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



SECCIÓN 4 CAD. 22+900 AL 27+390  
REF. 05967-B-00 TRAMO SIN CUBETA

**Figura 33. Sección tipo 4 (PMDF-11-EST-612000-III-0240-51298-P-01)**

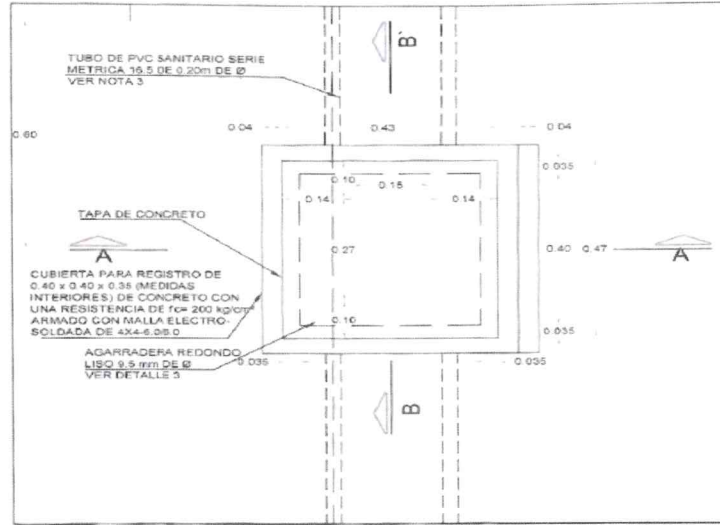
De acuerdo a los planos, el tubo central es de PVC sanitario serie métrica 16,5 de 0,20 m de diámetro sin perforaciones.



**Figura 34. Tubo central del sistema de drenaje**

Según los planos, los registros tienen las dimensiones 0,40 x 0,40 (medidas interiores), son de concreto con una resistencia de  $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , armado con malla electro soldada de 4x4-6 0/6.0.

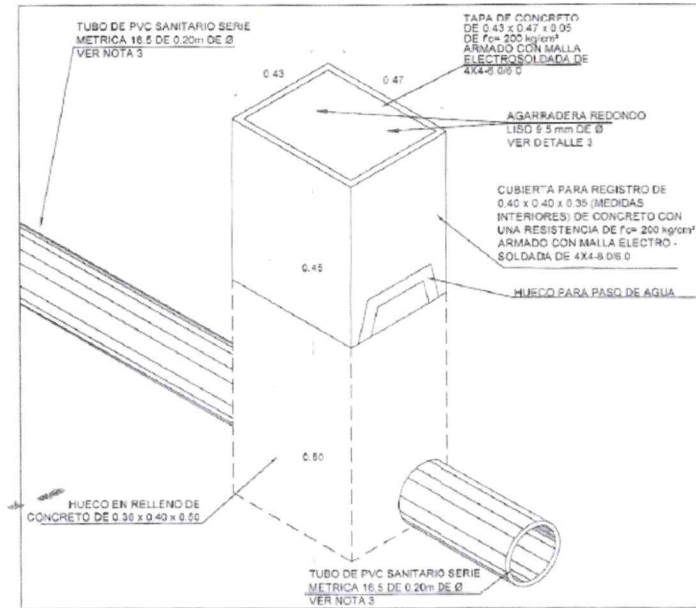




**PLANTA**

NOTA. LA POSICION EN PLANTA DEL REGISTRO DEBE QUEDAR COLOCADO ENTRE DOS DURMIENTES. POR LO QUE SE PODRA HACER EL AJUSTE DE SEPARACION ENTRE REGISTROS ACORDE A LA POSICION DE LOS DURMIENTES.

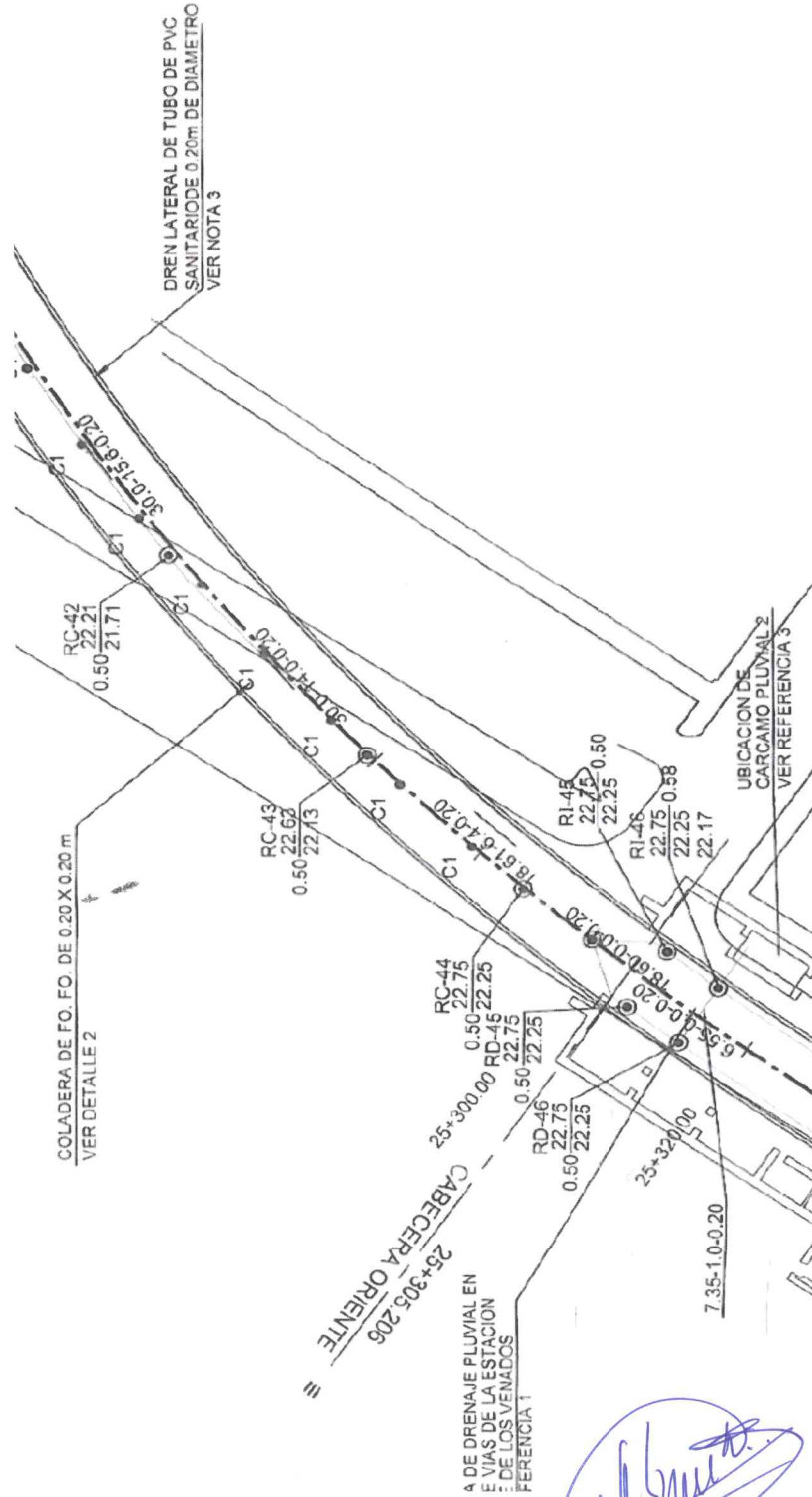
**Figura 35. Vista en planta del sistema de drenaje**



**ISOMETRICO**

**Figura 36. Vista isométrica de un registro del sistema de drenaje**

Los estratos de planos siguientes permiten observar la ubicación de los elementos del sistema de drenaje:



**Figura 37.** Trazado del sistema del drenaje (tipo-extracto de plano PMDF-10-IHS-612255-III-0002-32053-P-00)

Metro de la Ciudad de México

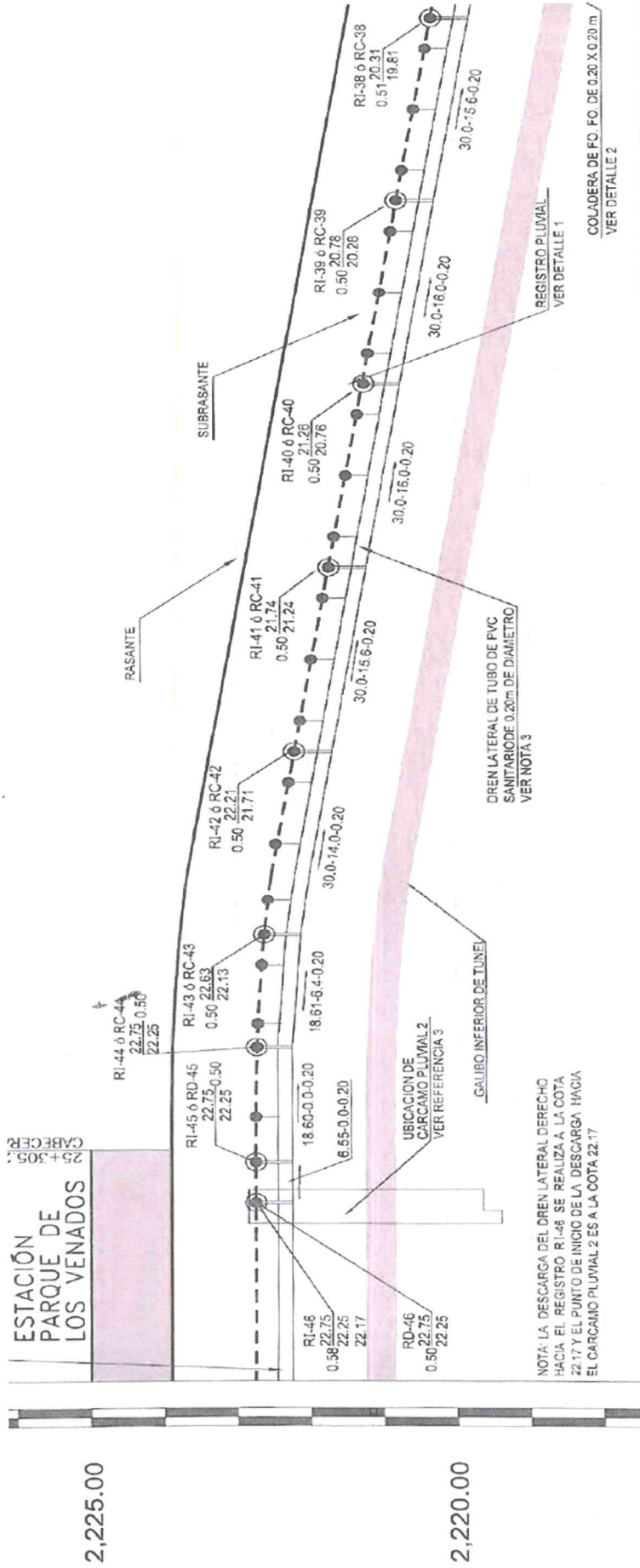
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
94/497



**Figura 38.** Perfil longitudinal del sistema de drenaje (extracto de plano PMDF-10-IHS-612255-III-0002-32053-P-00)

*[Handwritten signatures in blue ink]*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
95/497



### 12.2.5.3 Conclusiones relativas al sistema de drenaje

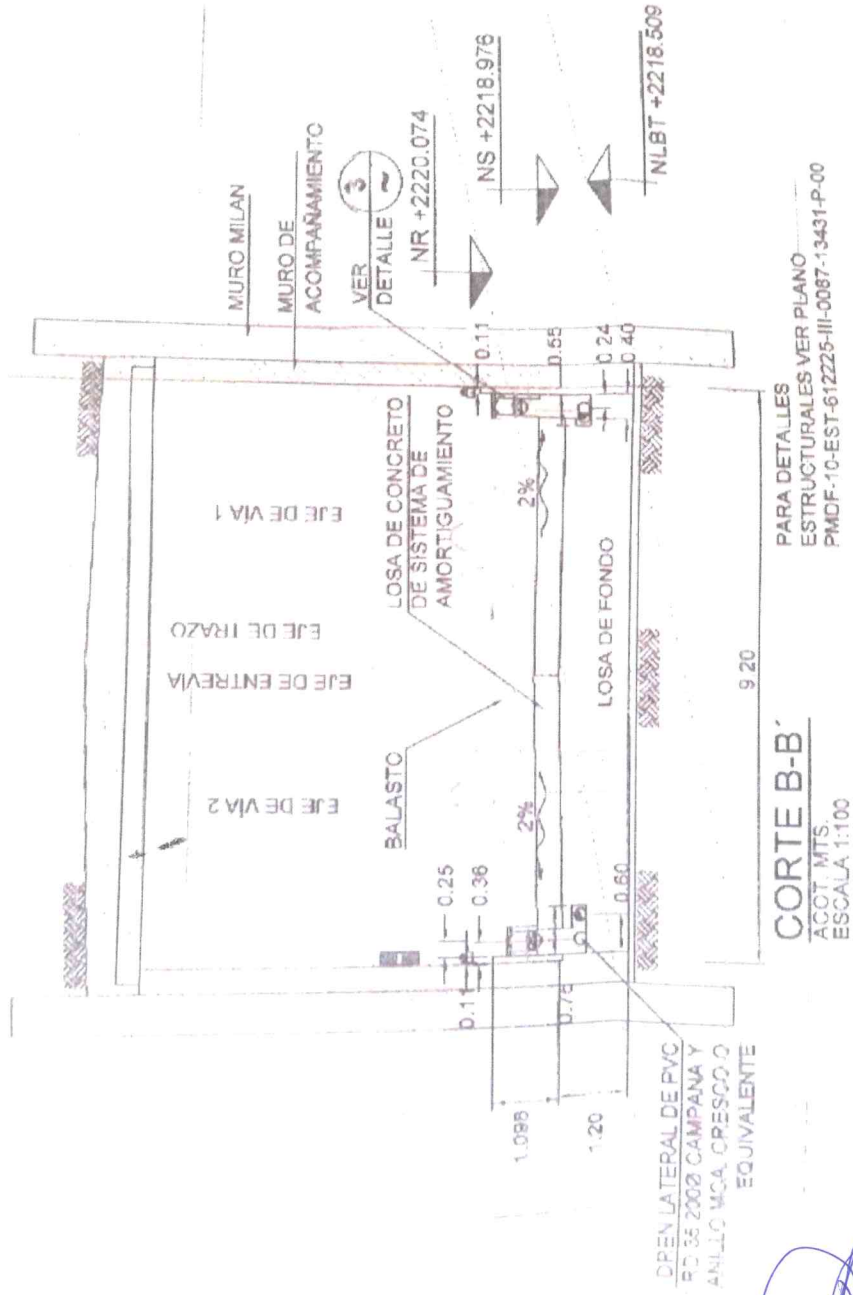
En el tramo en túnel con escudo, los planos de sección "As design" que tenemos permiten confirmar que el diseño del sistema de drenaje previsto no permite asegurar que no haya contaminación de la grava arena en caso de filtraciones importantes, en particular:

- Inexistencia del sistema de recuperación de aguas de escurrimiento sobre el paramento, lo que provoca que el agua que escurre sobre los muros llegue hacia el balasto, y la capa debajo de este.
- El dren central presenta entradas situadas en la base del balasto (al nivel de la membrana elastómera). No hay perforaciones en el tubo que permiten recolectar el agua en caso que esta quede atrapada al infiltrarse en la capa sub-rasante debajo del balasto, incrementando los problemas de mantenimiento de la vía. Además, el tamaño del dren es bastante pequeño (diámetro 20 cm).

En los otros tramos, los planos que tenemos no presentan problemas específicos de diseño al nivel del principio de funcionamiento del sistema de drenaje. Sin embargo, estos planos solo son secciones tipo, los cuales no detallan el sistema de drenaje completo (registro, tubería, cárcamos...).

**12.3 Estudio de la situación "as built"**

**12.3.1 Presentación de los planos as "as built" recibidos**



**Figura 39.** Sección del cajón según el plano PMDF-12-IHS-612225-IV-0001-13416-P-AB (del PK18+958 al PK19+418).

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Metro de la Ciudad de México

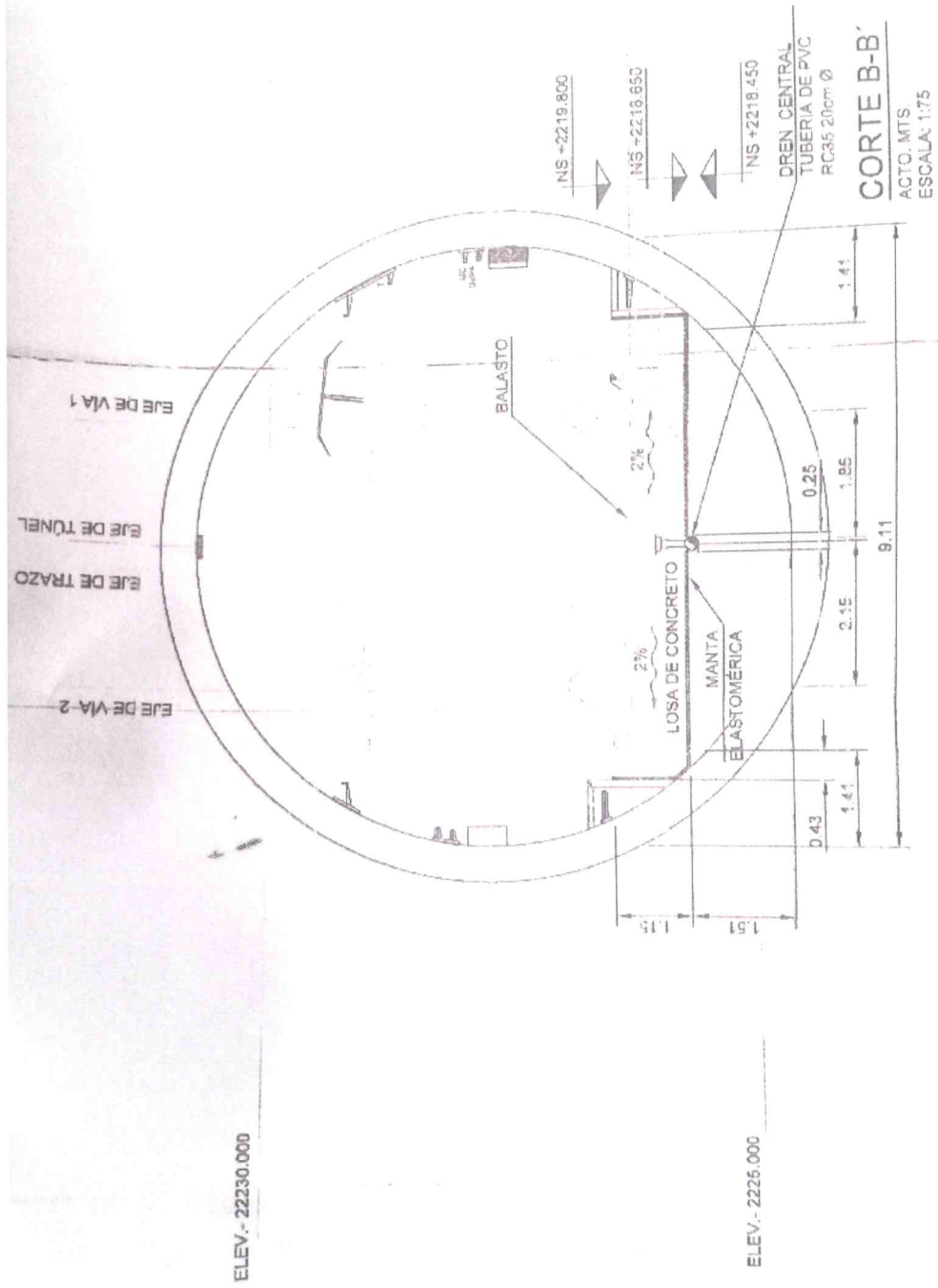
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
97/497



**Figura 40.** Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612225-IV-0004-13419-P-AB (del PK20+368 al PK20+848).

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

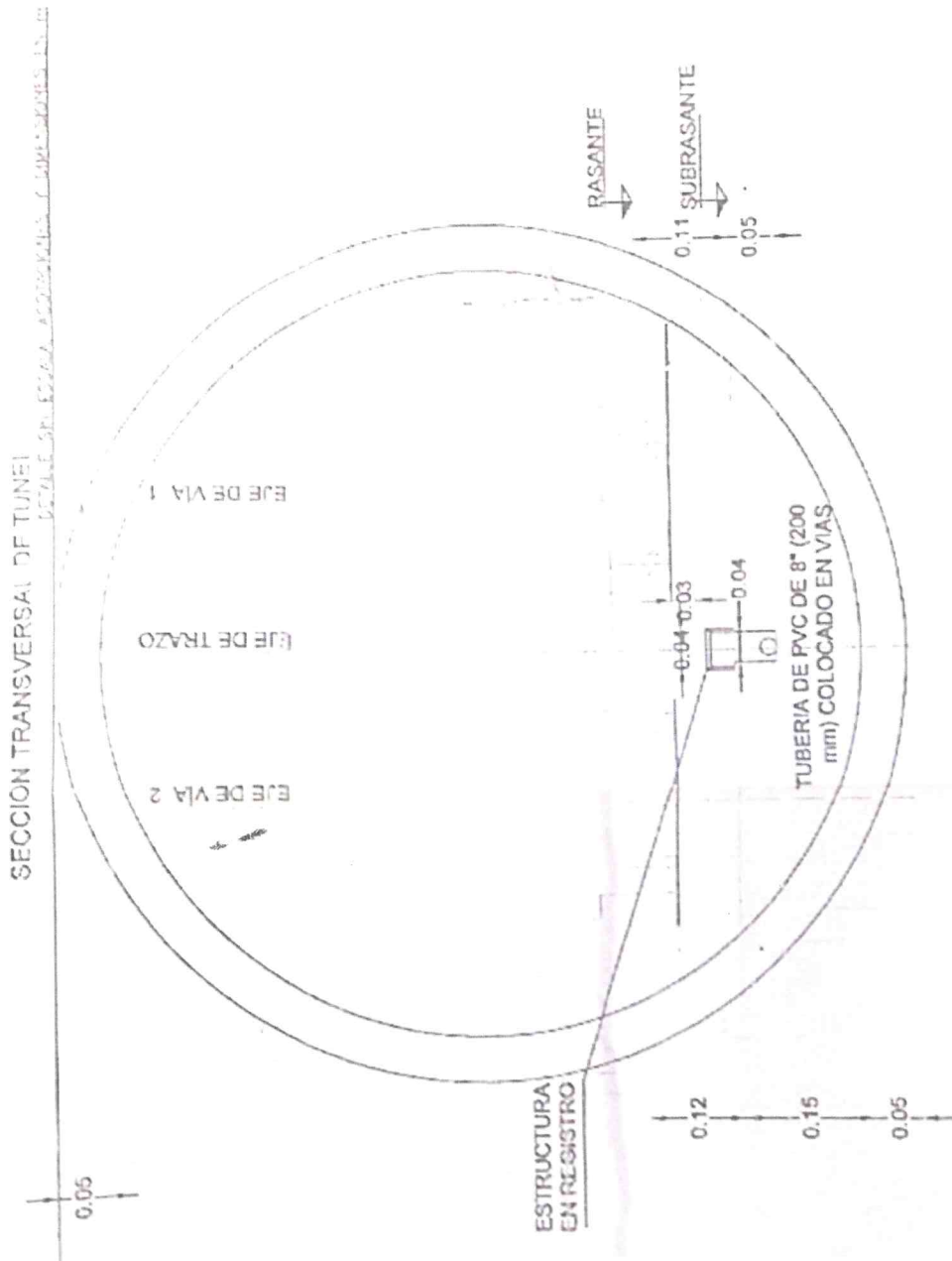
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
98/497





**Figura 41.** Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612235-IV-0001-30075-P-AB (del PK21+677 al PK22+190).

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015  
Página 99/497

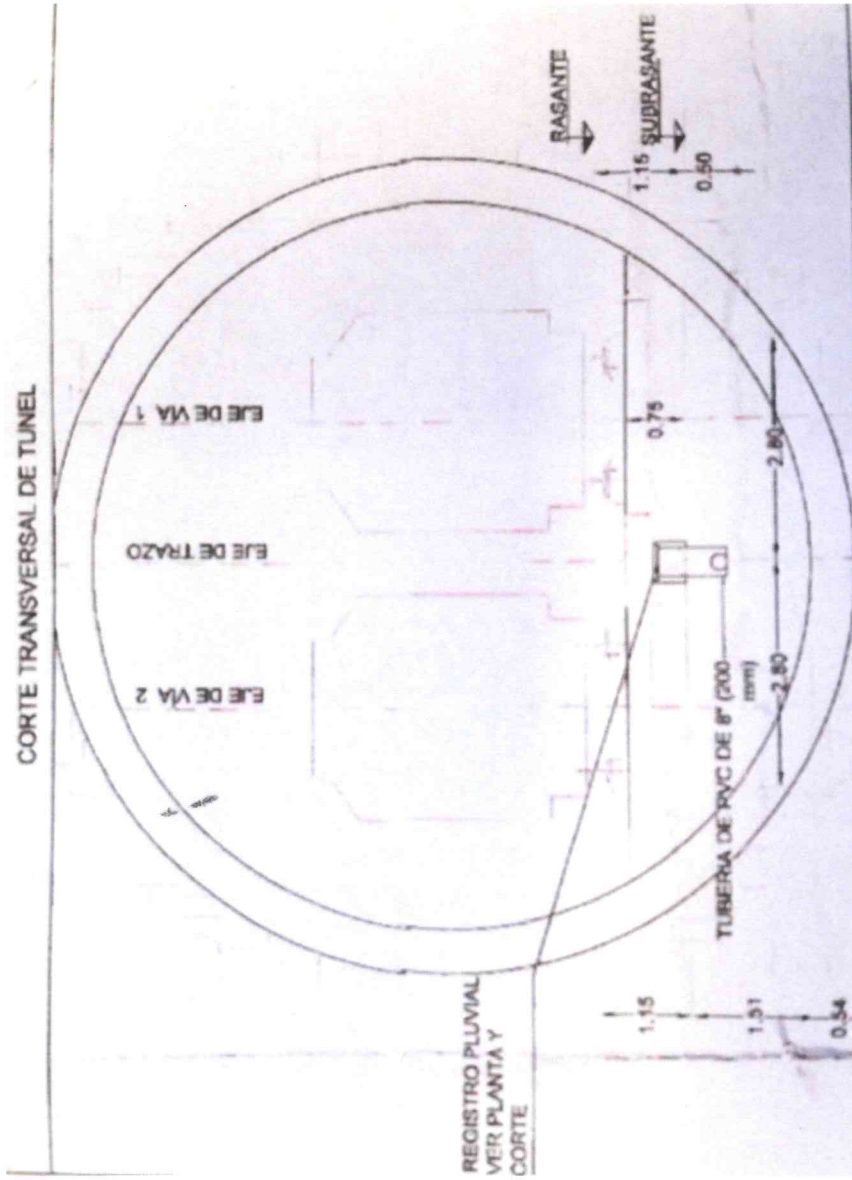


Figura 42. Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612255-IV-0001-32052-P-AB (del PK24+029 al PK24+680).

Metro de la Ciudad de México

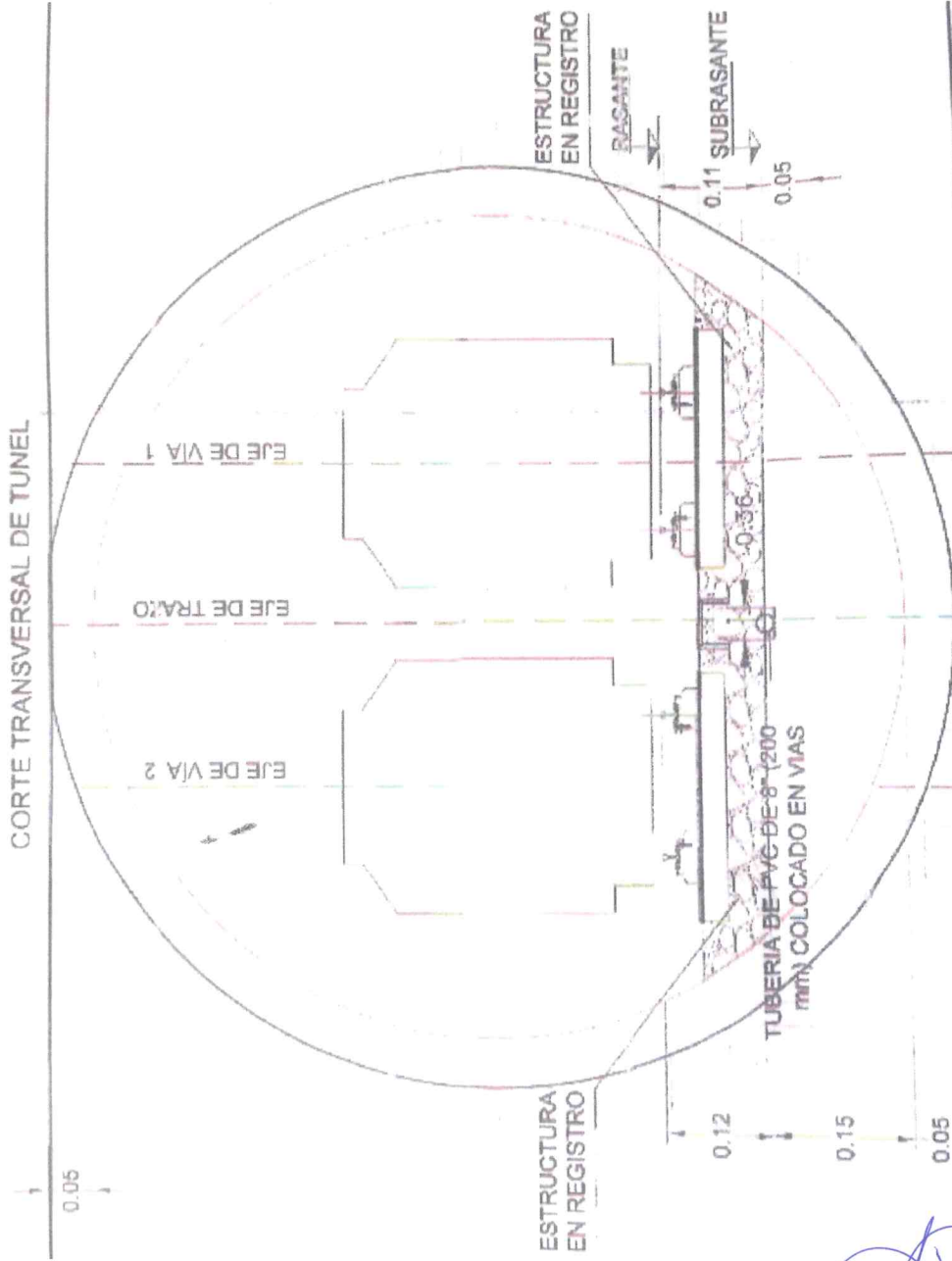
Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
100/497



**Figura 43.** Sección del túnel según el plano PMDF-12-IHS-612285-IV-0001-34006-P-AB (del PK26+771 al PK27+395).

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
101/497

*(Handwritten signatures in blue ink)*



La documentación “as built” que MEXISTRA ha recibido es parcial:

- Falta de tramos
- Falta de informaciones en los planos (composición y espesores de las capa)

### 12.3.2 Metodología de las pruebas para la caracterización de la obra

Es importante recordar que los planos (“as design” o “as built”) que se han entregado a MEXISTRA no son confiables. Por eso, se decidió realizar diferentes pruebas con el fin de garantizar la conformidad de las distintas estructuras que componen el túnel y se llevó a cabo una serie de ensayos destructivos y no destructivos.

Las pruebas se describen en los párrafos siguientes.

### 12.3.3 Descripción de las pruebas

#### 12.3.3.1 Pruebas para calificar la subcapa y sus desempeños

Para calificar la subcapa, se han realizado calas con ensayos en laboratorio de las muestras tomadas. La tabla siguiente presenta la lista de estas pruebas:

TRABAJOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS (CON CALAS)
Contenido de agua
Clasificación visual y al tacto
Límites de consistencia (líquido, plástico y contracción lineal)
Peso volumétrico húmedo y seco
Granulometría por mallas
Compactación Proctor (AASHTO Modificada)
Equivalente de arena
Valor relativo de soporte
Contenido de agua
Espesores de las diferentes capas (si hay varios materiales en las capas)
Penetrómetro dinámico
Sondeo de Penetrómetro de cono dinámico en relleno controlado hasta 1.80m de profundidad

Tabla 15 Lista de pruebas para calificar la capa de grava arena

Página  
102/497

**12.3.4.1 Lista de pruebas para calificar el concreto**

Para calificar el concreto, cada 10 calas se han tomado núcleos para ensayo en laboratorio. La tabla siguiente presenta la lista de estas pruebas:

Trabajos de laboratorio de materiales (CON CALAS)	
Compresión simple en núcleos de concreto	
Peso volumétrico en núcleos de concreto	

Tabla 16 Lista de pruebas para calificar el concreto

**12.3.4.2 Ubicación de las calas**

En una primera etapa, en el tramo “Parque de los Venados - Eje central”, se han realizado calas en la misma zona, en toda la anchura del túnel, para confirmar que las características y los desempeños de la capa y del concreto son iguales (al nivel del eje y de los dos lados). Eso confirma que la composición de las capas es la misma en toda la anchura del túnel, por lo que se ha decidido continuar realizando únicamente calas en el eje del túnel.

En una segunda etapa, en el tramo “Parque de los Venados - Eje central”, se han realizado solo calas en el eje del túnel cada 150 m para analizar las características y los desempeños de la subcapa y del concreto a lo largo del tramo.

En una tercera etapa, se han realizado solo calas en el eje del túnel cada 300 m para analizar las características y los desempeños de la subcapa así como del concreto a lo largo del resto túnel.

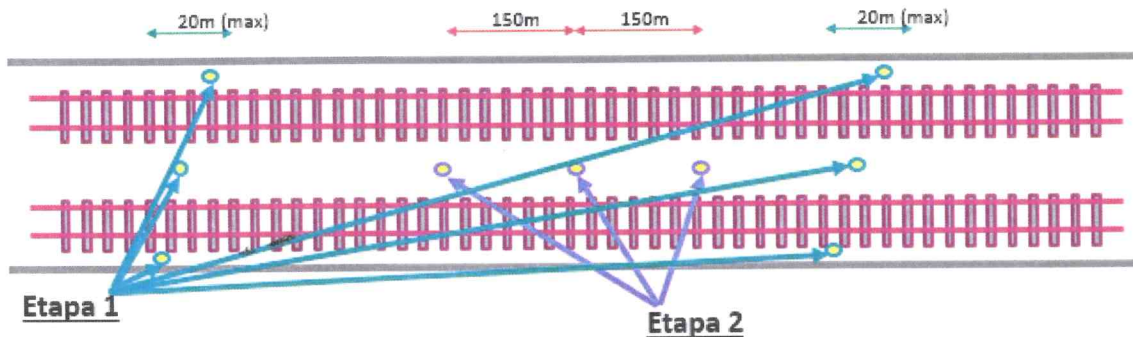


Figura 44. Explicaciones de la ubicación de las calas en el tramo “Parque de los Venados – Eje Central”

*(Firmas manuscritas)*

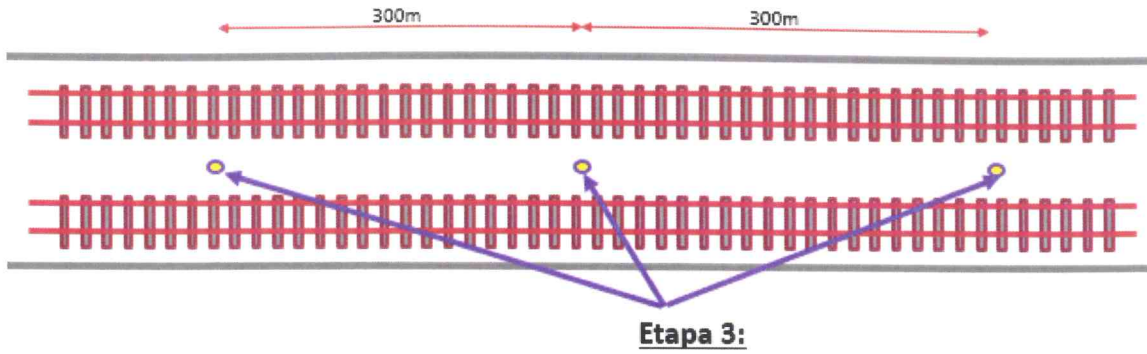


Figura 45. Explicaciones de la ubicación de las calas en el tramo " en el resto del túnel"

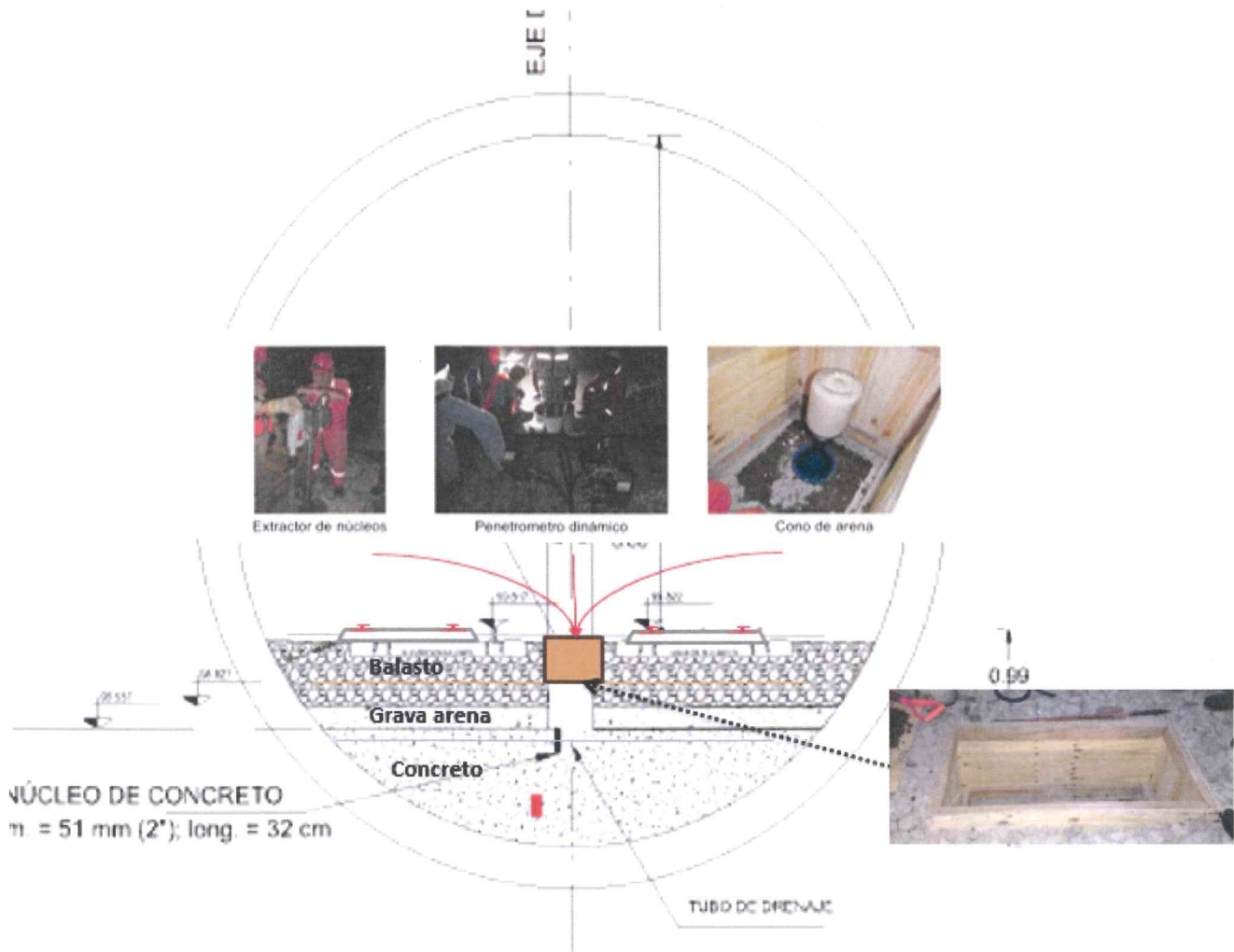


Figura 46. Pruebas en las calas



### 12.3.5 Pruebas complementarias

#### 12.3.5.1 Objetivo de las pruebas complementarias

Además de las pruebas con calas, MEXISTRA hizo pruebas para completar la definición de las diferentes capas de la plataforma y realizar el trazo en planta del sistema de drenaje.

Trabajos "in situ" - Objetivo de las pruebas con georadar y del levantamiento
Prospección Geofísica con Geo-radar:
<i>Ubicar el sistema de drenaje en el túnel</i>
<i>Definir el espesor de cada capa (balasto, grava arena, concreto)</i>
<i>Definir la zonas con agua</i>
Levantamiento topográfico

Tabla 17 Lista y objetivos de las pruebas adicionales

#### 12.3.5.2 Ubicación de las líneas georadar

Para tener una idea aceptable de la ubicación del sistema de drenaje y de los espesores de cada capa (balasto, grava arena, concreto), MEXISTRA ha realizado un estudio mediante líneas de georadar cada 15 m a lo largo del túnel.

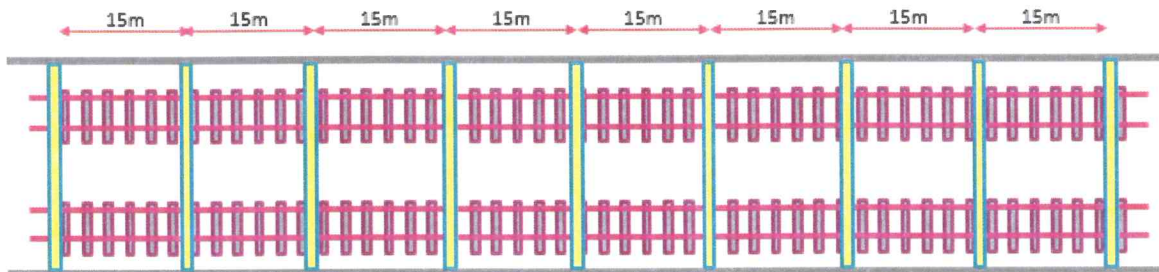


Figura 47. Explicaciones de la ubicación de las líneas georadar

*[Firmas manuscritas]*

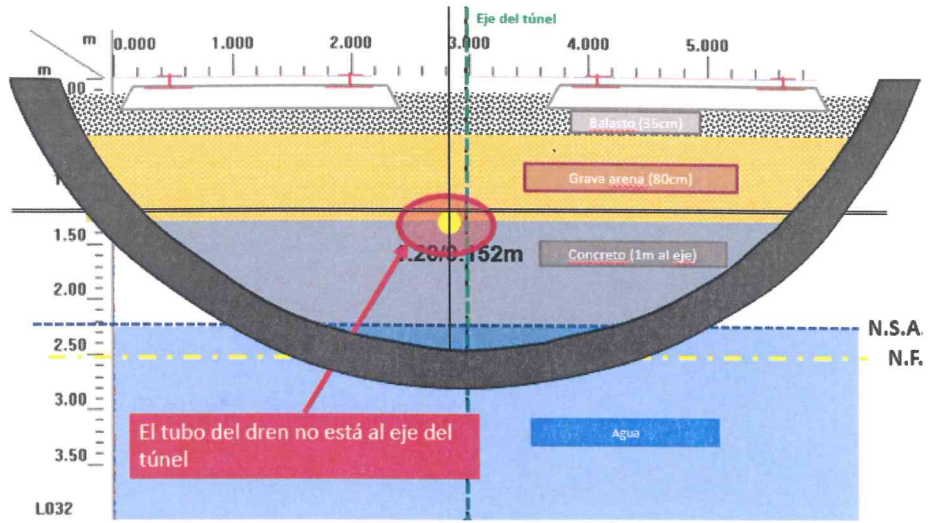


Figura 48. Ejemplo de línea georadar con ubicación del tubo del dren

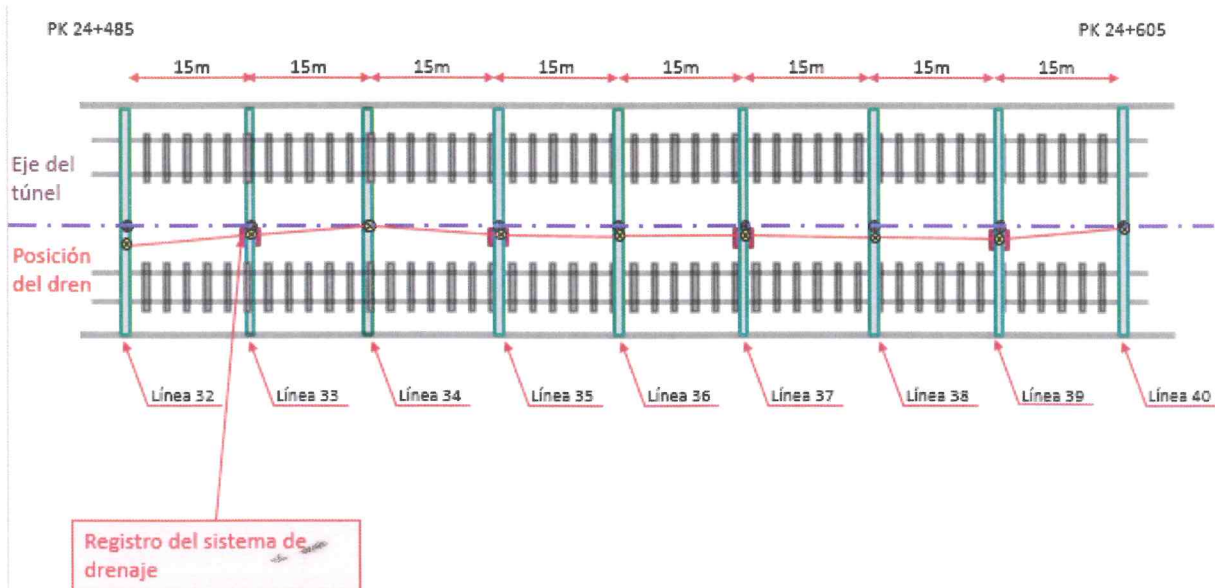


Figura 49. Principio del levantamiento

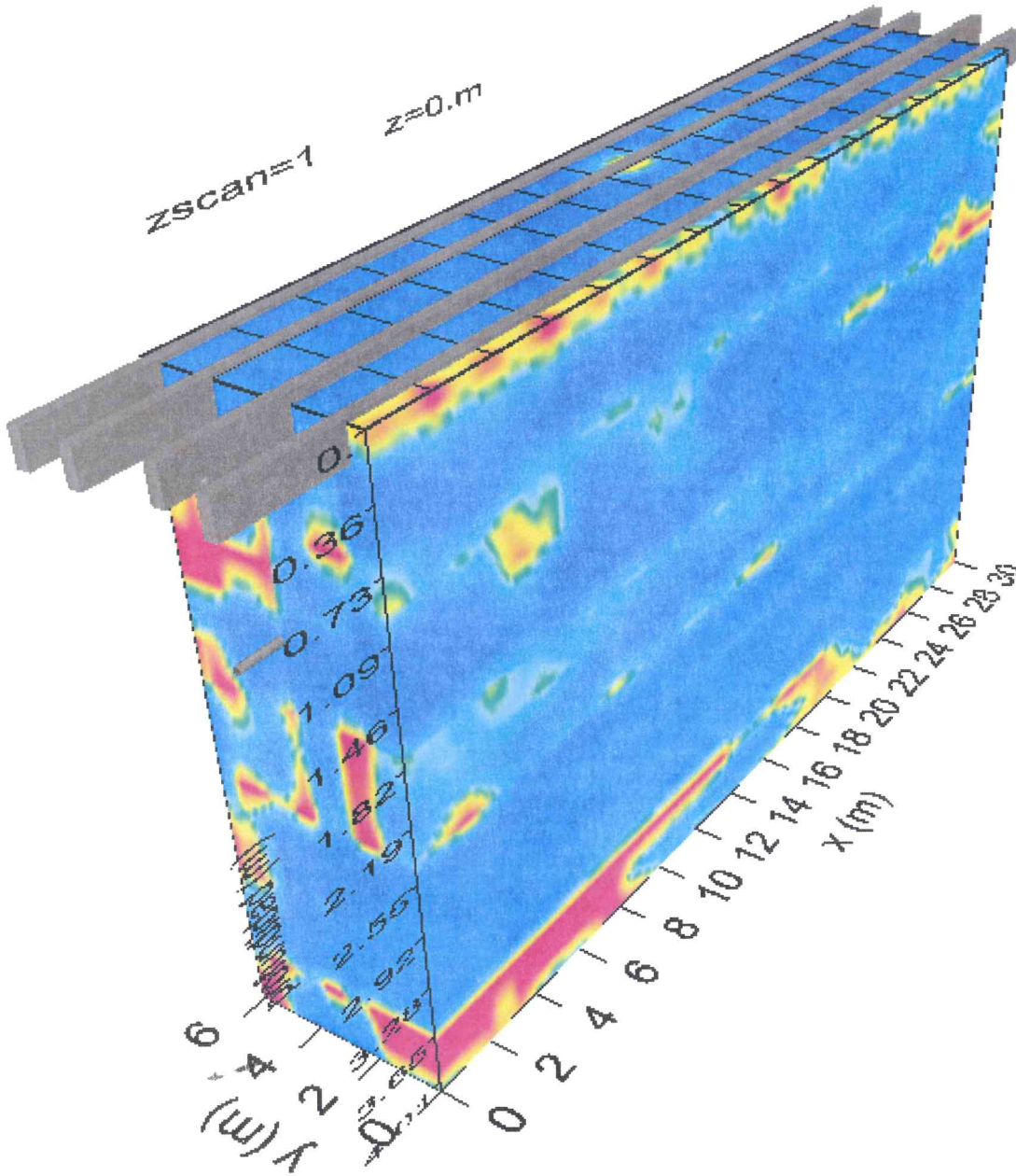


Figura 50. Ejemplo de análisis georadar PK 24+948.2



**12.3.6 Presentación y análisis de los resultados de las pruebas en relación con la subcapa**

**12.3.6.1 Composición granulométrica**

En cada cala realizada se tomaron muestras del material del relleno, mismo que se envió al laboratorio de mecánica de suelos para efectuar las pruebas indicadas, su clasificación y su granulometría (curva granulométrica). Los resultados de las pruebas se anexan al presente documento. Como ejemplo, se presenta una hoja de resultados.

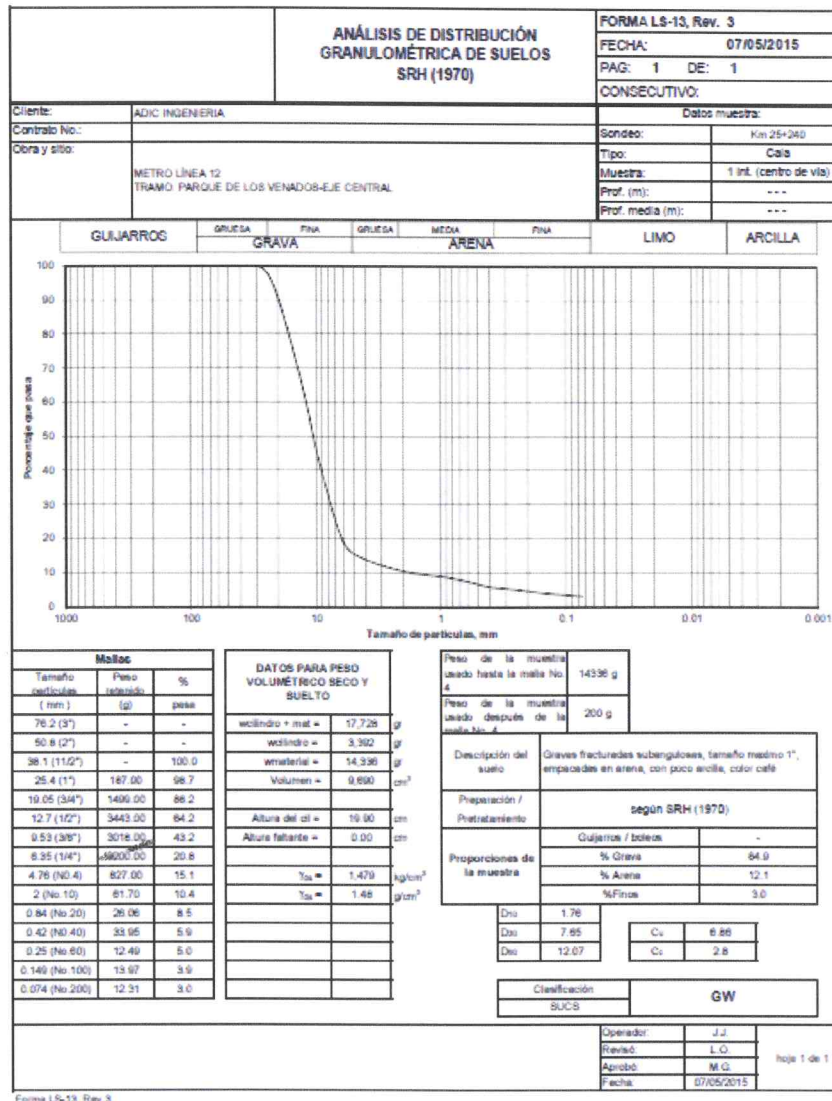
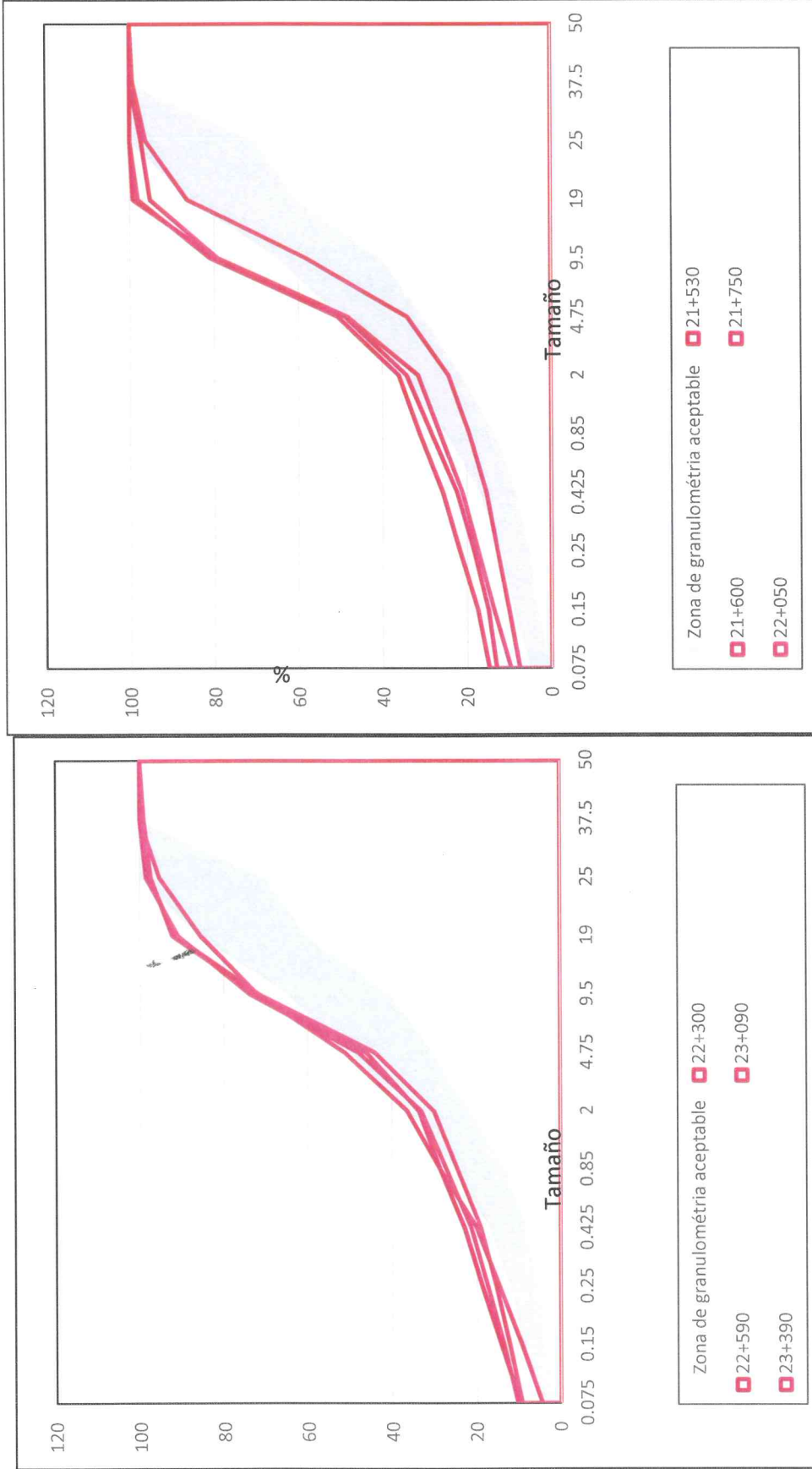


Figura 51. Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 24+900)

Página  
108/497

Granulometría de las muestras de grava arena



%

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12

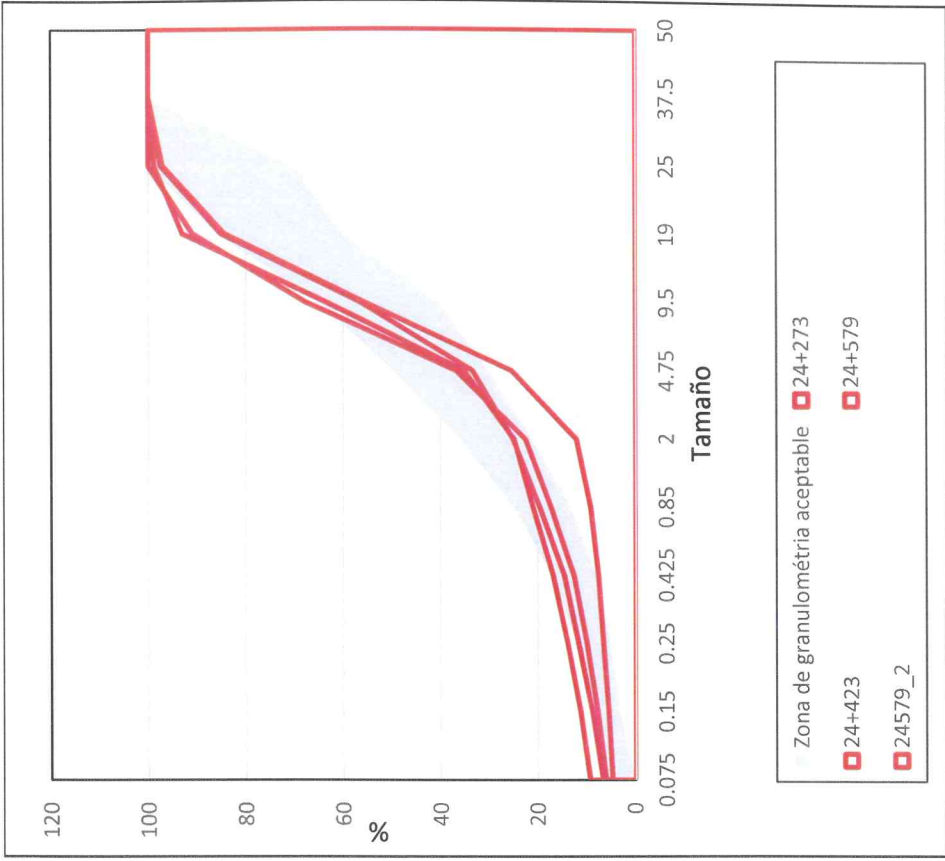
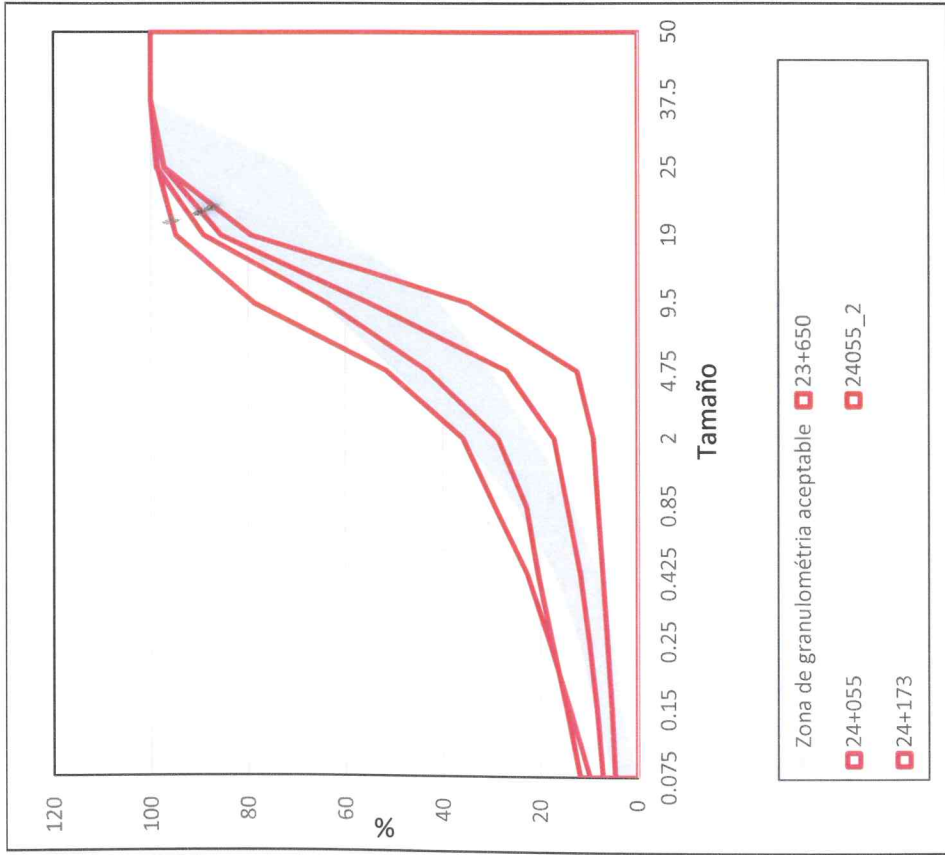
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
109/497

Granulometría de las muestras de grava arena



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

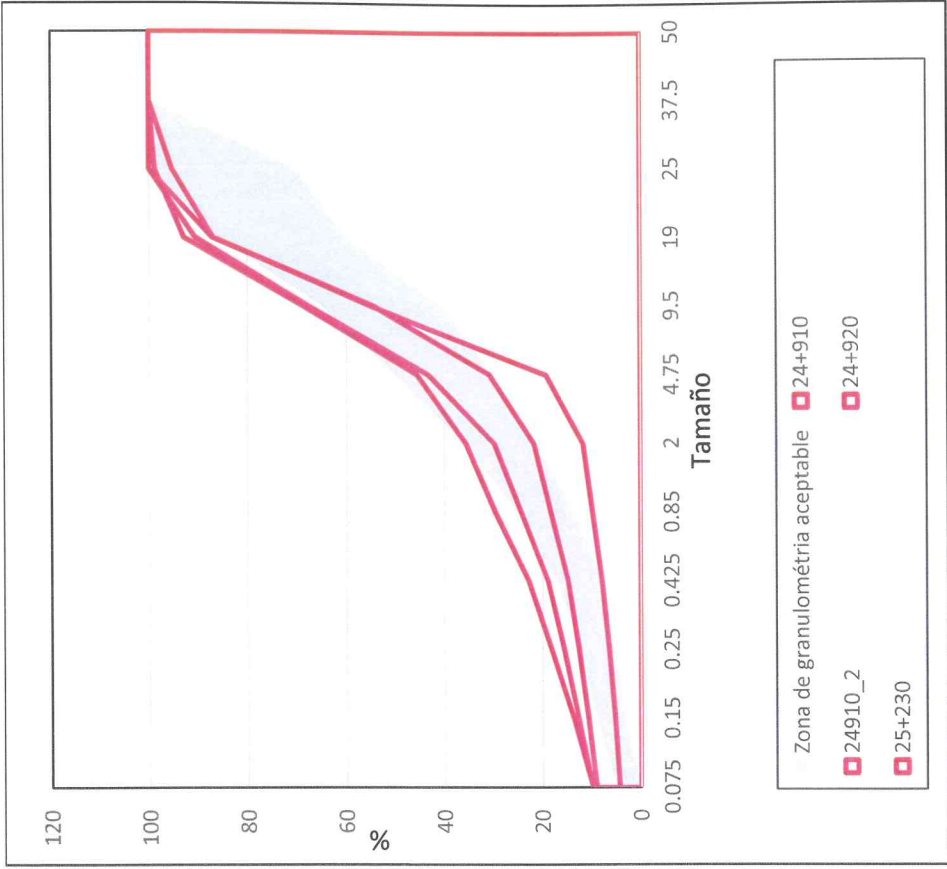
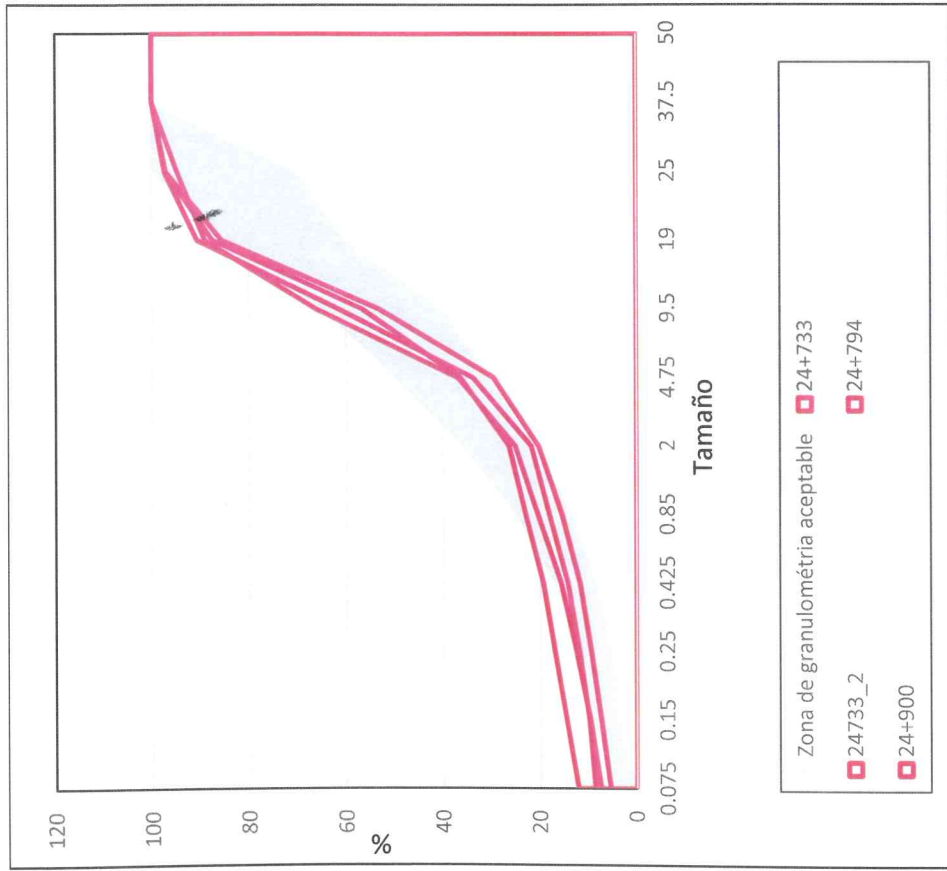
L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
110/497



Granulometría de las muestras de grava arena



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

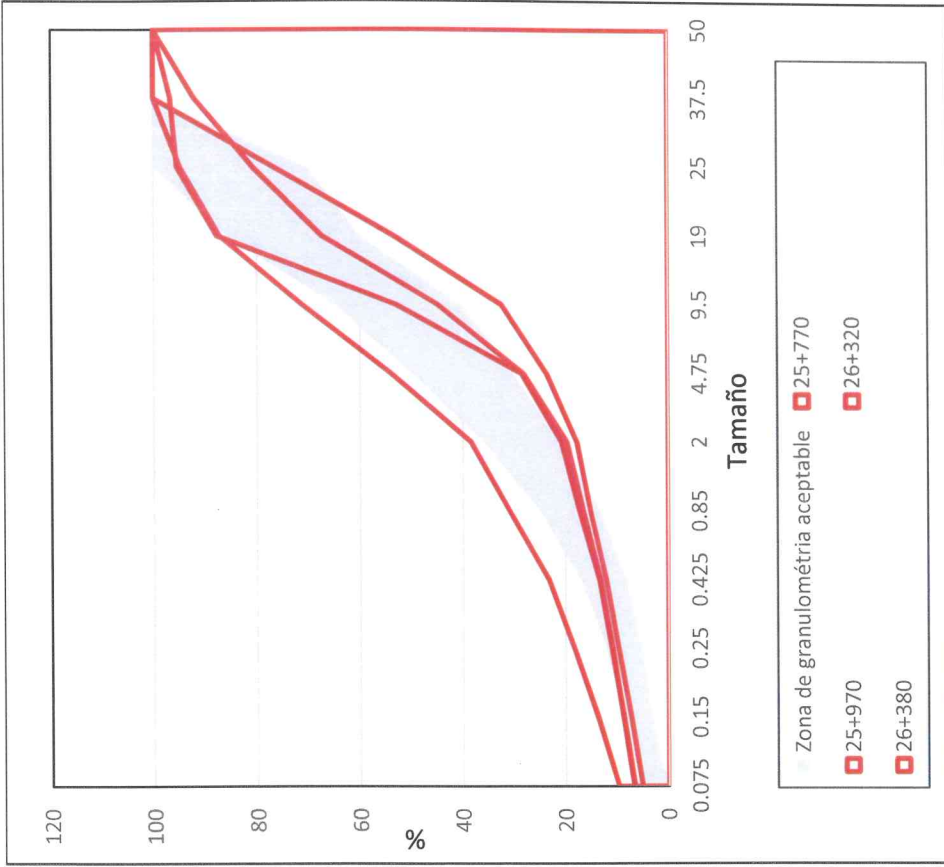
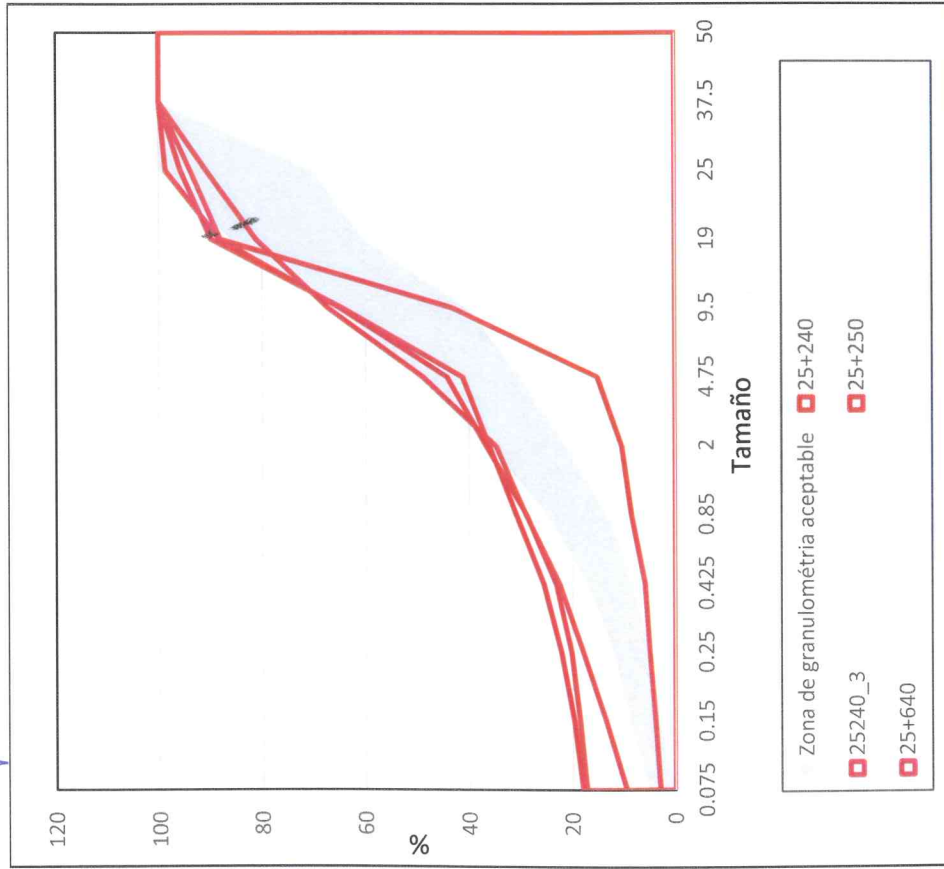
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
111/497

Granulometría de las muestras de grava arena



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
112/497

Granulometría de las muestras de grava arena

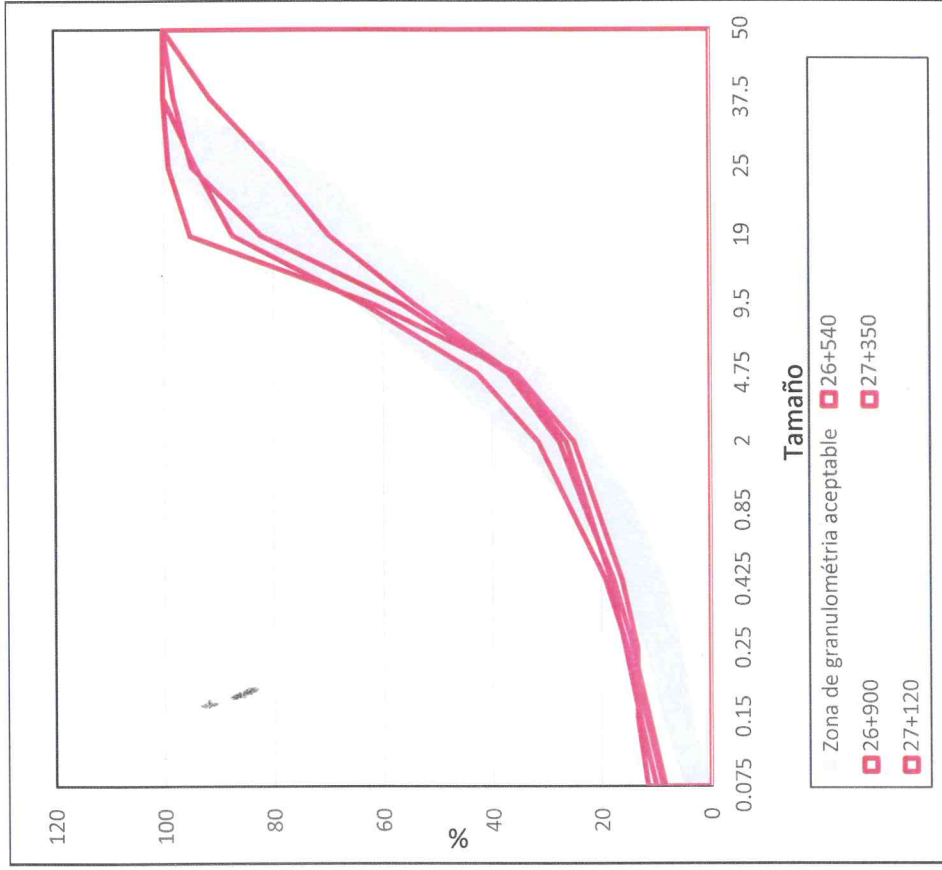


Figura 52. Granulometría de las muestras de grava arena

*[Handwritten signature]*

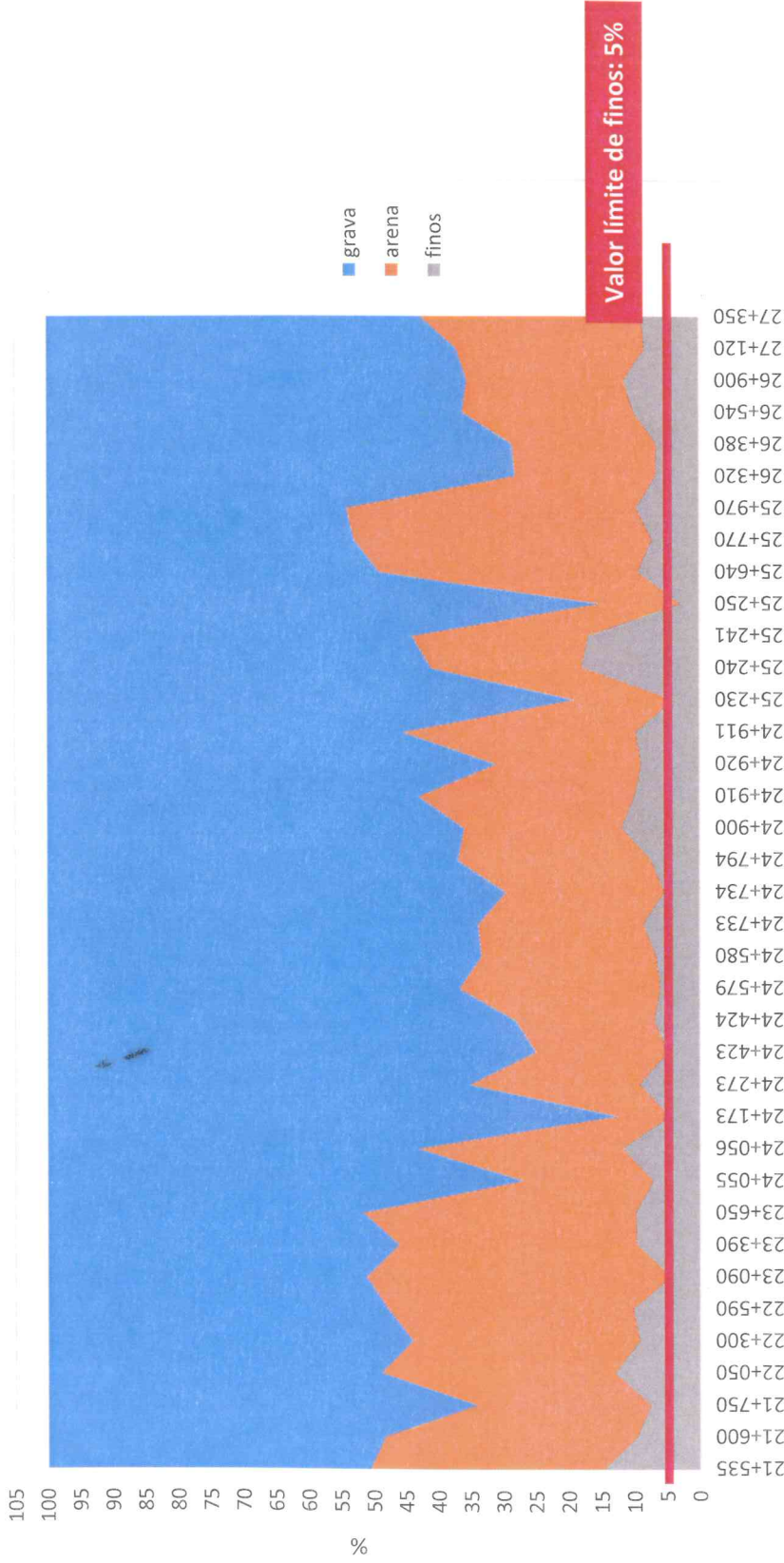
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



MEXISTRA confirma que ninguna de las muestras cumple con la granulometría requerida por la norma, en efecto todas las curvas salen de la zona requerida por la norma.

**12.3.6.2 Proporción de los elementos**



**Figura 53. Proporción de los elementos Grava, Arena, y Elementos Finos**

Como se puede observar en general el material usado corresponde a una grava mal graduada, con finos cuyo porcentaje varía de 3 hasta 18%. La proporción de los elementos finos se determina sobre la base de la malla 0,074 (200), norma ASTM D-422. MEXISTRA confirma que de manera general, la subcapa no cumple con los requerimiento de la norma (solo 4 muestras cumplen con el valor máximo de finos de 5%).

Los documentos entregados por DGOP a MEXISTRA permiten confirmar que esta situación existe desde las etapas de construcción, por ejemplo, en el documento PMDF-11-MS-612290-III-0301-51442-E-00, se puede observar lo siguiente:

- Recuerdo de las especificaciones al principio del documento:

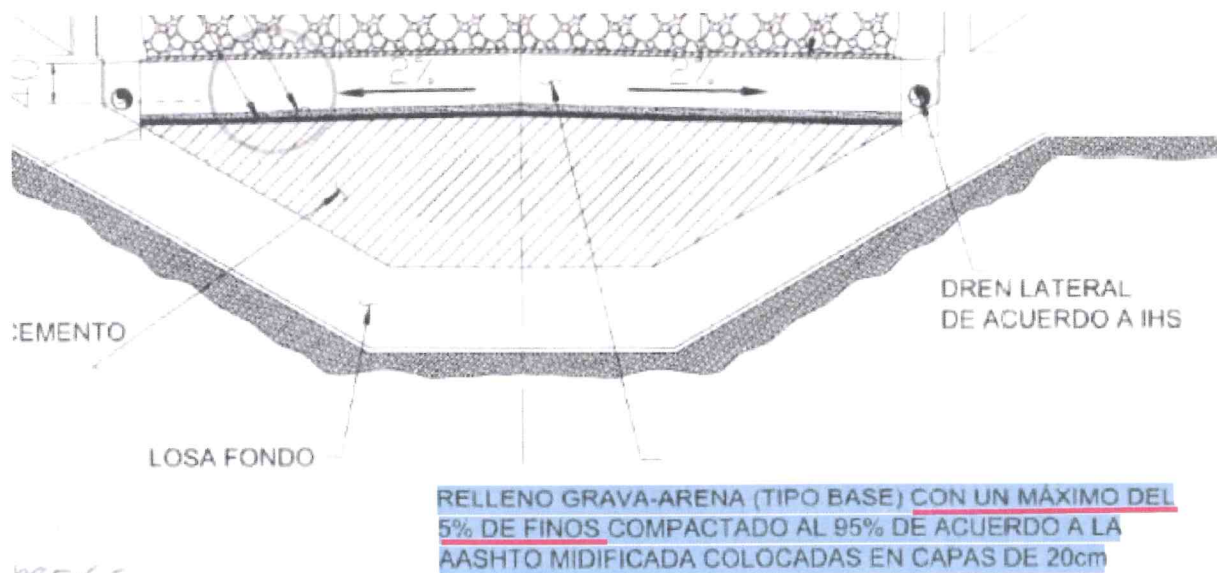


Figura 54. Estratos del documento PMDF-11-MS-612290-III-0301-51442-E-00

- Con los resultados de granulometría siguientes

TABLA DE DATOS		
APERTURA DE MALLA (mm)	% QUE PASA (MUESTRA)	LIMITES ESPECIFICADOS
0.075	9	
0.150	14	

TABLA DE DATOS		
APERTURA DE MALLA (mm)	% QUE PASA (MUESTRA)	LIMITES ESPECIFICADOS
0.075	7	
0.150	12	
0.250	14	
0.425	17	

TABLA DE DATOS		
APERTURA DE MALLA (mm)	% QUE PASA (MUESTRA)	LIMITES ESPECIFICADOS
0.075	6	

TABLA DE DATOS		
APERTURA DE MALLA (mm)	% QUE PASA (MUESTRA)	LIMITES ESPECIFICADOS
0.075	7	

Figura 55. Estratos del documento PMDF-11-MS-612290-III-0301-51442-E-00

### 12.3.6.3 Características adicionales.

En cada cala realizada se tomaron muestras del material del relleno, mismo que se envió al laboratorio de mecánica de suelos para efectuar las pruebas que permiten conocer sus límites líquidos e índices de plasticidad según la norma ASTM D-4318. Los resultados de las pruebas se anexan al presente documento. Como ejemplo, se presenta una hoja de resultados.



		<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318</b>				FECHA: 10/07/2015	
						PÁGINA: 1 DE 1	
Cliente	ADIC INGENIERIA					Datos muestra:	
Contrato No.						Sondio	km 26+380
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE					Tipo	Carretera
						Muestra	Centro via
						Prof. (m)	Borde de via
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina					Fecha de ejecución 07/07/2015	
Equipo de prueba	Copa No.	1	Moleta de referencia: No. 40	Flomo No.	1		
			Balanza No.	1	Temp. de secado	110	°C
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4		
Número de golpes	N	42	90	20	10		
Cápsula No.		301	209	387	228		
Peso de la cápsula	g	25.29	31.54	26.91	30.82		
Peso del suelo húmedo/cápsula	g	34.39	39.10	34.80	39.14		
Peso del suelo seco/cápsula	g	32.82	37.89	33.15	37.31		
Contenido de agua	%	24.15	24.98	26.44	28.20		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
Cápsula No.		211	172	Cápsula No.			
Peso de la cápsula	g	20.14	20.22	Peso de la cápsula			
Peso del suelo húmedo/cápsula	g	43.26	40.18	Peso suelo húmedo/cápsula			
Peso del suelo seco/cápsula	g	40.26	37.58	Peso del suelo seco/cápsula			
Contenido de agua	%	15.01	14.98	Contenido de agua			
	Promedio	15.0					
		Altura		cm	Inicial	Final	
		Diámetro		cm			
		Diámetro		cm			
		Diámetro		cm			
		Diámetro		cm			
		Volumen		cm <sup>3</sup>			
		M <sub>v</sub>		g			
		Límite líquido		25.8	%		
		Límite plástico		15.0	%		
		Límite de contracción		-	%		
		Índice de plasticidad		10.8	%		
		Clasificación SUCS		CL			
Operador	J.S.	Fecha	07/07/2015				
Revisó	L.O.	Fecha	10/07/2015				
Aprobó	M.G.	Fecha	10/07/2015				
hoja 1 de 1							

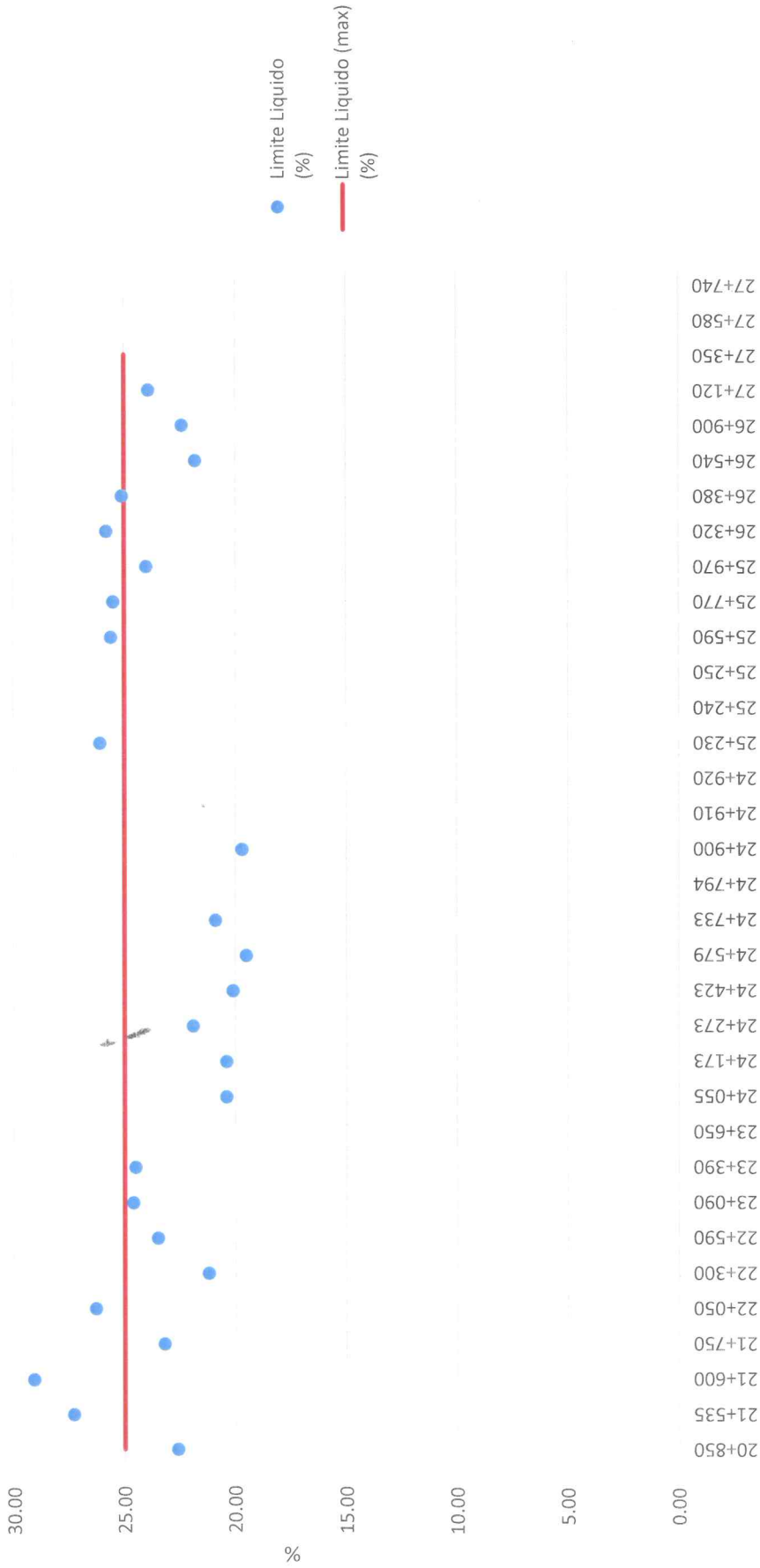
Figura 56. Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 26+380)

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
117/497

35.00



**Figura 57. Limite liquido de la grava arena**

Metro de la Ciudad de México

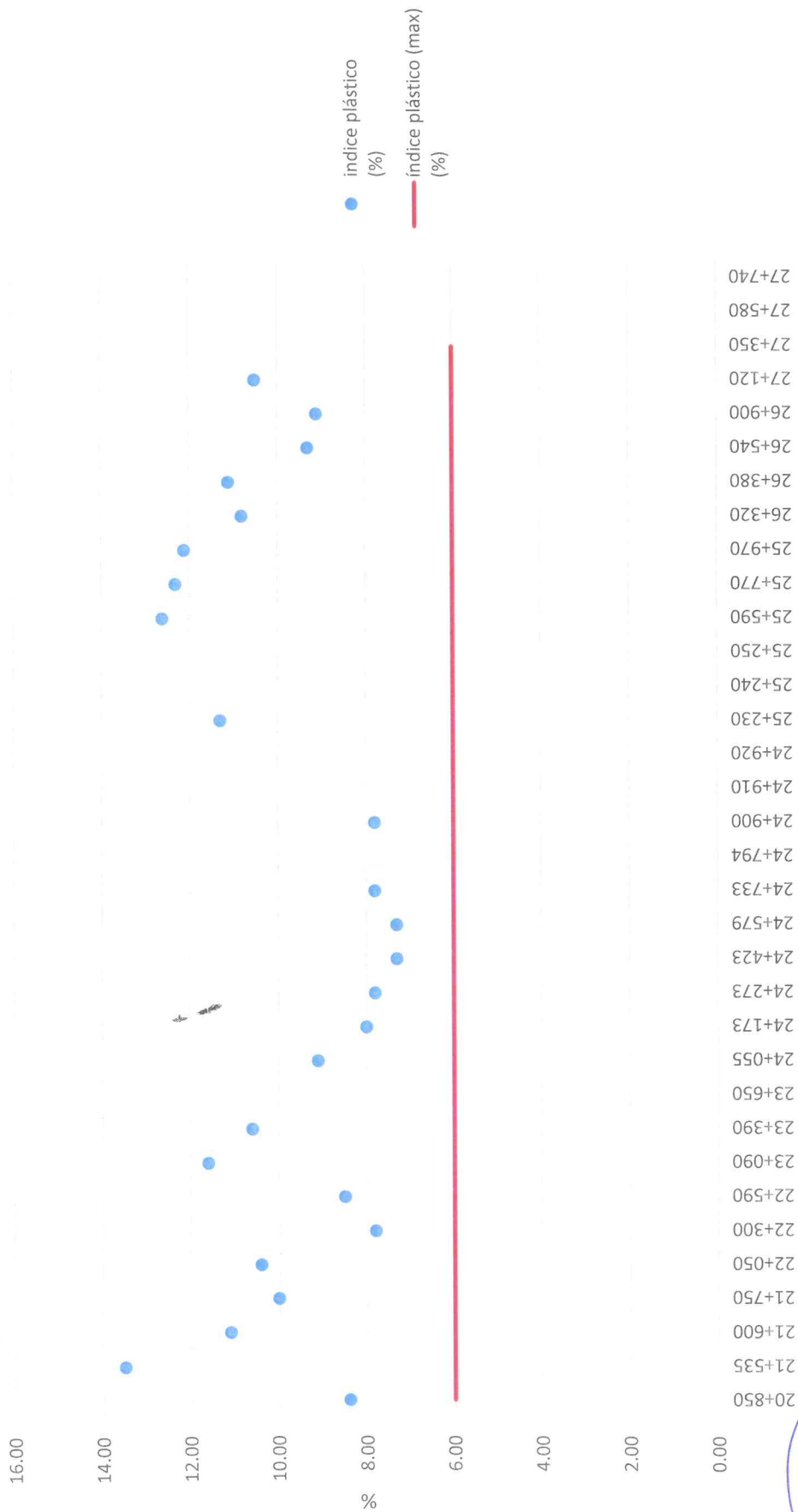
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
118/497



**Figura 58. Índice plástico de la grava arena**

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
119/497



Como se puede observar, en relación con el límite líquido, el material cuyo porcentaje varía de 19,5% hasta 29,1% no cumple con los requerimiento de la norma ASTM D-422, en efecto 25,8% de las muestras tienen resultados superiores al valor máximo permitido de 25% (con un valor promedio de 23,3%).

Además, en relación con el Índice plástico, MEXISTRA confirma que ninguna muestra del material cumple con el requerimiento de la norma ASTM D-422. En efecto, los resultados varían de 7,3% hasta 13,5% (con un valor promedio de 9,85%) cuanto el valor máximo permitido es de 6%.

#### **12.3.6.4 Prueba con cono dinámico de penetración.**

El Cono Dinámico de Penetración, DCP, fue desarrollado en 1956 por SCALA; posteriormente estudios realizados en campo por Livneh y Ishali (1987) y Kleyn (1975) han sido básicos para la evaluación principalmente de los suelos y las diversas capas que conforman la estructura de pavimentos (subrasantes, sub-bases y bases).

La utilización del Cono Dinámico de Penetración, CDP se ha difundido en Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Estados Unidos, dado que se ha constituido en un instrumento de uso práctico y económico. Se utiliza este instrumento esencialmente para evaluar la resistencia de suelos y de las diversas capas de la estructura de pavimentos, además, con este equipo se puede estimar el Valor Relativo de soporte en campo. Además, detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa.

El CDP tiene la ventaja de su simplicidad y economía de uso.

El Cono Dinámico de Penetración (CDP) mide la penetración dinámica por impacto, de un cono de acero, a través del terreno natural o rellenos levemente cementados.

El CDP es un sistema no destructivo, capaz de medir la capacidad estructural in situ del suelo de apoyo, está conformado por una varilla de acero especial de 20 mm de diámetro y 1000 mm de longitud y 2.4 kg de peso. En su extremo inferior presenta un cono de acero templado de 60 grados y 20 mm de diámetro.

El CDP está introducido en el suelo por un martillo deslizante de 30 Kg, que cae desde una altura siempre igual de 200 mm. Para realizar las lecturas posee una regla de medición sujeta al instrumento por dos soportes, un soporte superior unido al yunque que sirve de referencia para las lecturas y un soporte inferior fijo a la regla y unido a la barra de penetración.

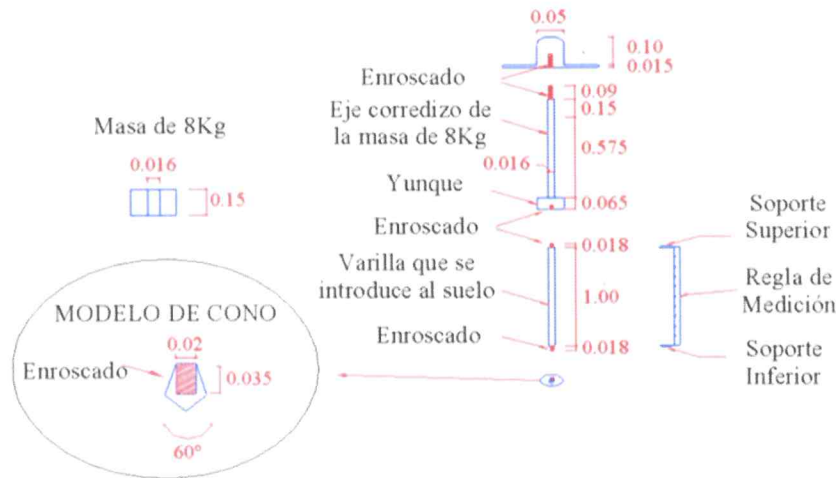


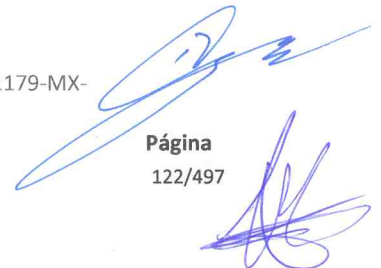
Figura 59. Presentación del Cono Dinámico de Penetración (CDP)

Los ensayos de Cono Dinámico de Penetración se realizaron en los catorce sitios estudiados, una vez retirado el balasto y sin alterar las condiciones existentes.

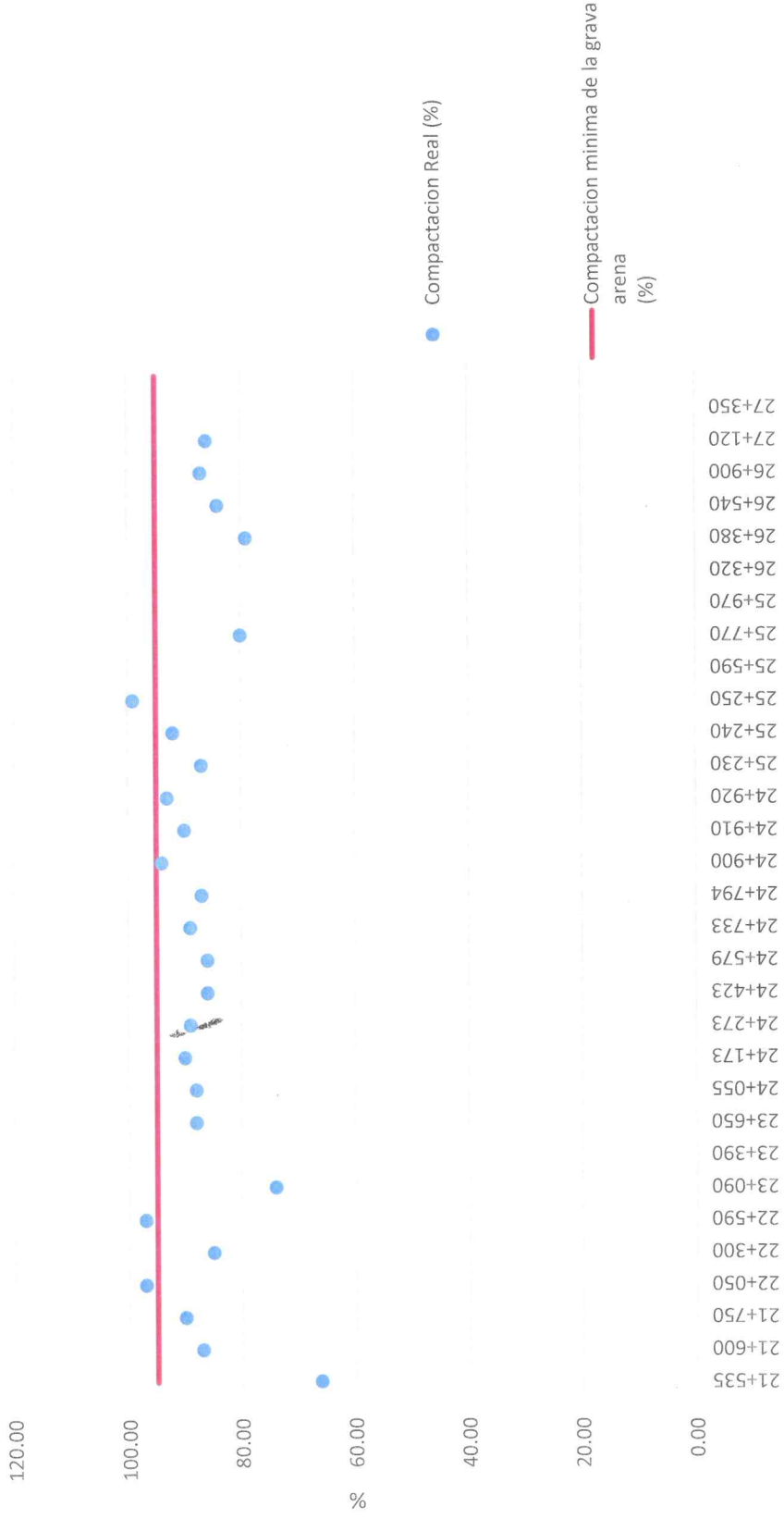
Los resultados obtenidos de la prueba de campo (número de golpes necesarios para penetrar 10 cm) se presentan en los anexos. Al analizar dichos valores y realizar la correlación respectiva para determinar el peso específico promedio de cada sitio y el grado de compactación de la capa de relleno, se obtuvieron los siguientes resultados.

CAD (Km)	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	Compactación Real (%)
21+535	1,30	66,00
21+600	1,71	87,00
21+750	1,78	90,00
22+050	1,92	97,00
22+300	1,68	85,00
22+590	1,91	97,00
23+090	1,46	74,00
23+650	1,74	88,00
24+055	1,73	88,00
24+173	1,76	90,00
24+273	1,75	89,00

CAD (Km)	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	Compactación Real (%)
24+423	1,70	86,00
24+579	1,70	86,00
24+733	1,76	89,00
24+794	1,71	87,00
24+900	1,84	94,00
24+910	1,78	90,00
24+920	1,83	93,00
25+230	1,71	87,00
25+240	1,81	92,00
25+250	1,94	99,00
25+770	1,59	80,00
26+380	1,56	79,00
26+540	1,65	84,00
26+900	1,71	87,00
27+120	1,70	86,00

**Tabla 18 Resultados obtenidos con CDP**





**Figura 60. Representación gráfica de la compactación con CDP**

*(Handwritten signatures in blue ink)*

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
123/497

Con el número de sitios analizados se estima que el promedio del grado de compactación del relleno sobre cual se apoya la capa de balasto es de 87,31 %.

**12.3.6.5 Ensayo Proctor AASHTO modificada ASTM D-1557**

Para poder confirmar el grado de compactación del relleno se realizaron pruebas de compactación en campo directamente en la capa de relleno, mediante la técnica de cono de arena, de esta manera se determina el peso volumétrico del material in situ y así se puede calcular el grado de compactación real de campo.

		PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557				FORMA LP-02, Rev. 1	
						FECHA: 21/05/2015	
						HOJA: 1 DE 1	
						CONSECUTIVO:	
Cliente: ADIC INGENIERIA						Datos muestra:	
Contrato No:						Sondeo: KM 24+730	
Nombre: METRO LINEA 12						Tipo: CALA	
TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL						Muestra: Centro via	
						Prof. (m):	
						Prof. media (m):	
Descripción del suelo: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro						Fecha de ejecución: 21/05/2015	
Móvil No: 1		Volumen del cilindro $V_m$ : 3224.50 $cm^3$		Golpes por capa N: 55			
Peso del cilindro $W_m$ : 3207.00 g				Número de capas n: 5			
Peso del pistón: 4.25 kg		Altura de caída del pistón: 43.80 cm		Energía de compactación: 17.29 $(kg \cdot cm)/cm^3$			
Contenido de agua							
Prueba No.	Capela No.	$W_s + C$ (g)	$W_s + C$ (g)	$W_s$ (g)	$W_w$ (g)	$W_w$ (g)	w (%)
1	95	405.50	360.29	121.49	4.2	277.8	1.5
2	54	402.47	360.38	117.55	10.1	274.8	3.7
3	544	362.59	379.50	120.39	14.1	258.1	5.4
4	412	352.27	366.45	119.59	15.8	246.9	6.4
5	865	356.76	366.78	119.74	17.0	250.0	6.8
Peso volumétrico seco							
Prueba No.	$W_{ms} + W_w$ (kg)	$W_{ms}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PV1 (kg / m <sup>3</sup> )	PV5 (kg / m <sup>3</sup> )		
1	11290	8031	0.89	1870	1842	Peso volumétrico seco máximo: PV5 <sub>max</sub> = 1.816 $kg/m^3$	
2	11861	6264	0.98	1963	1913	Contenido de agua óptimo: $w_o$ = 3.9 %	
3	11867	6400	0.95	1965	1903		
4	11523	6006	0.94	1949	1832		
5	11506	6041	0.94	1935	1812		
				Operador: J.J.	Fecha: 21/05/2015		
				Revisó: L.O.	Fecha: 23/05/2015		
				Aprobó: M.G.	Fecha: 23/05/2015		
				Página 1 de 1			

Figura 61. Ejemplos de resultados de granulometría (muestra PK 24+733)

La tabla siguiente presenta los valores Proctor de las muestras realizadas:

CAD (Km)	PVS sitio (t/m3)	Compactación (%)
21+535	1,46	73,00
21+600	1,61	80,00
22+050	1,41	72,00
22+300	1,68	86,00
22+590	1,41	71,00
23+090	1,59	80,00
23+390	1,93	97,00
23+650	1,67	84,00
24+055	1,70	86,00
24+173	1,63	83,00
24+273	1,64	83,00
24+423	1,54	78,00
24+579	1,36	69,00
24+733	1,40	71,00
24+794	1,82	92,00
24+900	1,75	89,00
24+910	1,74	88,00
24+920	1,82	92,00
25+230	1,61	82,00
25+240	1,75	89,00
25+250	1,48	75,00
25+770	1,53	77,70
25+970	1,38	69,00
26+320	1,69	85,00
26+380	1,78	89,76
26+540	1,47	74,00
26+900	1,58	79,00
27+120	1,72	86,00
27+350	1,69	83,00

**Tabla 19 Resultados obtenidos con Proctor**

**Página**  
125/497



120.00

100.00

80.00

% 60.00

40.00

20.00

0.00

● Compactación (%)

— Compactación mínima de la grava arena (%)

21+535  
21+600  
21+750  
22+050  
22+300  
22+590  
23+090  
23+390  
23+650  
24+055  
24+173  
24+273  
24+423  
24+579  
24+733  
24+794  
24+900  
24+910  
24+920  
25+230  
25+240  
25+250  
25+590  
25+770  
25+970  
26+320  
26+380  
26+540  
26+900  
27+120  
27+350

**Figura 62. Representación gráfica de la compactación**

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

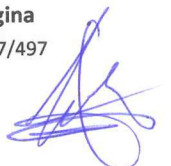
Página  
126/497

La capa de relleno tiene una compactación variable de 69 a 97%. Sólo una muestra cumple con los requisitos del proyecto y de la norma ASTM D 698 – AASHTO-T-180.

De acuerdo con los resultados MEXISTRA confirma que la presencia de agua no tiene un impacto relevante sobre el peso volumétrico de la grava arena por lo que se puede concluir que el material no tiene la buena compactación desde su instalación.

**12.3.6.6 Saturación de agua.**

En cada cala realizada se tomaron muestras del material del relleno, mismo que se envió al laboratorio de mecánica de suelos para efectuar las pruebas que permiten realizar su clasificación visual y contenido de agua según la norma ASTM D2216.

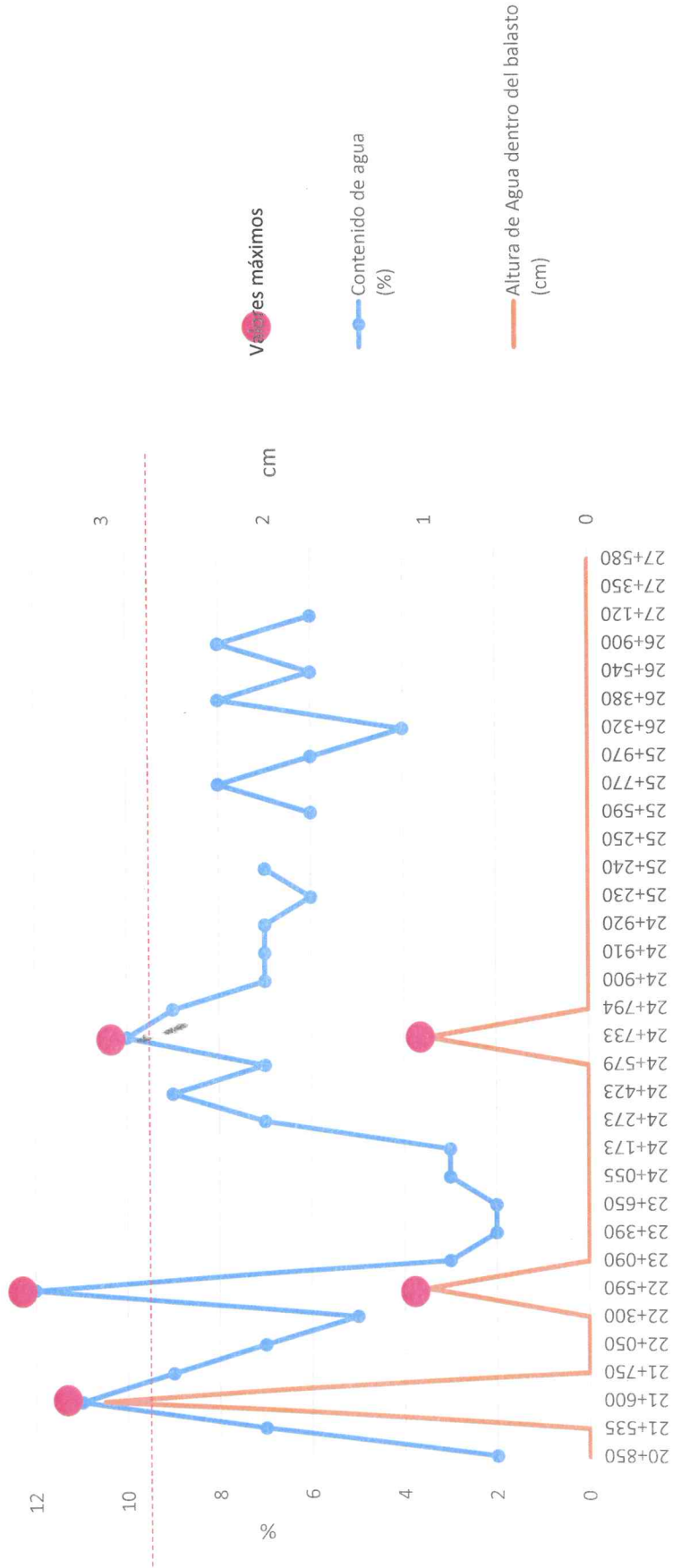






14

4



**Figura 64. Contenido de agua y presencia de agua en el balasto**

MEXISTRA confirma que cuando la grava arena contiene un porcentaje de agua superior a un 10%, se puede observar agua dentro del balasto. Eso permite concluir que el nivel de saturación de la capa grava arena está cerca de este valor.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
129/497

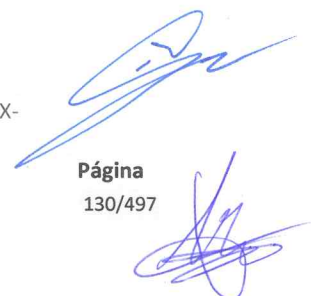
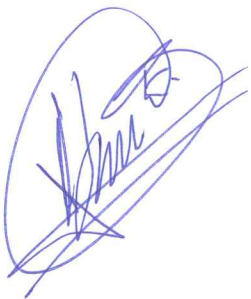
**12.3.6.7 Conclusiones relacionadas a la calidad de la subcapa**

La capa de relleno está conformada primordialmente por una grava de granulometría inadecuada con arena, teniendo un promedio de 62% de gravas, 29% de arenas y 9% de finos (el porcentaje máximo de finos es de 18%).

La capa de relleno tiene una compactación variable de 69 a 97%. Tomando como base las normas para pavimentos, se considera que el grado de compactación determinado es escaso e insuficiente.

Además, la grava arena de manera está casi totalmente saturada por agua, lo que empeora su mala compactación y durara en secarse.

La subcapa en su generalidad no corresponde al diseño y no cumple con los requerimientos técnicos de una vía ferroviaria. En su estado actual, no permite una buena duración de la nivelación de la vía.



**12.3.7 Presentación y análisis de los resultados de las pruebas en relación con la capa de concreto**

**12.3.7.1 Resultados de la pruebas para caracterizar el concreto**

Para verificar la condición del “concreto ciclópeo”, colocado en la parte inferior de la estructura del túnel, ubicado bajo el relleno de materiales sueltos, se extrajeron muestras del concreto, en núcleos de 56.8 mm de diámetro (2 1/4”), haciendo una perforación en la masa de concreto utilizando un taladro equipado con una broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante, el cual cuenta con un sistema de enfriamiento para la broca, que impide la alteración del concreto y el calentamiento de la broca.

Los núcleos que se extrajeron tienen diferentes longitudes, debido a la dificultad para obtener muestras de todo el espesor de concreto. Dichos núcleos se enviaron al laboratorio del Instituto Mexicano del Cemento y Concreto (IMCYC), en el que fueron probados núcleos a compresión hasta su punto de rotura para determinar la resistencia del concreto según las normas MNX-C-169-ONNCCE-2009, MNX-C-109-ONNCCE-2013 y MNX-C-083-ONNCCE-2002. La tabla siguiente presenta los resultados:

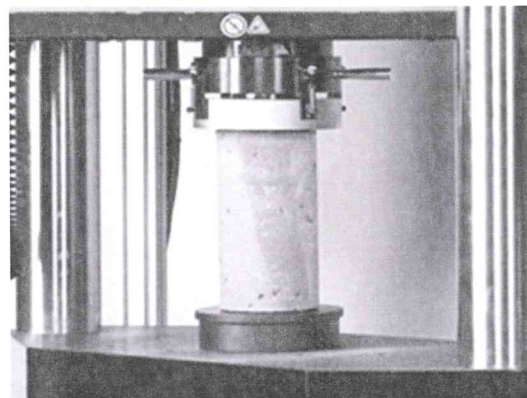
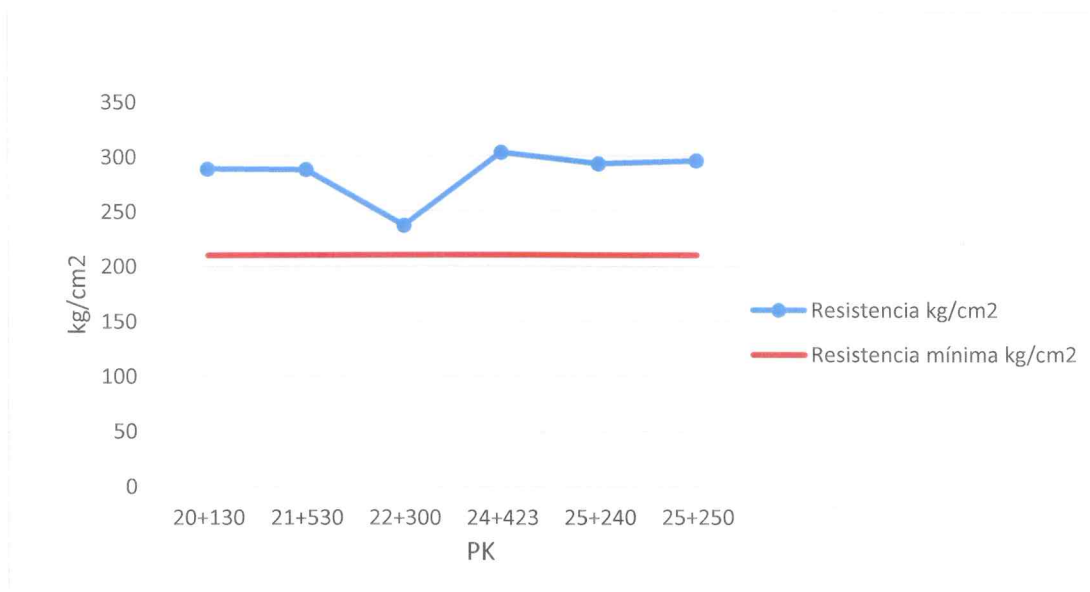


Foto 16. Prueba de compresión de núcleo de concreto con mucha humedad (PK19+600)

CAD (Km)	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Masa volumétrica (t/m <sup>3</sup> )
20+130	289	2046
21+530	288	2057
22+300	237	2034
24+423	303	2079
25+240	293	2022
25+250	296	2032

Tabla 20 Resultados de caracterización del concreto ciclópeo





**Figura 65. Representación gráfica de la resistencia del concreto**

**12.3.7.2 Conclusiones relacionadas al concreto ciclópeo**

Se observó que el concreto ciclópeo muestreado es denso, sin burbujas de aire, lo cual se confirmó en el laboratorio, determinándose que tiene una masa volumétrica mínima de 2.02 t/m<sup>3</sup>.

Los ensayos de compresión realizados a los núcleos de concreto reportaron que este tiene una resistencia mínima de 237 kg/cm<sup>2</sup> (28.7 MPa).

MEXISTRA confirma lo observado en campo, que dicho concreto es masivo, sano y cumple con los requerimientos del proyecto (210 kg/cm<sup>2</sup>).

**Página**  
132/497

**12.3.8 Análisis de los espesores de las capas**

**12.3.8.1 Levantamiento de los espesores de cada capa**

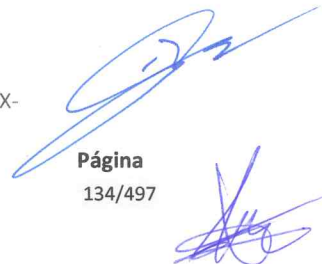
A fin de verificar lo establecido en el proyecto, MEXISTRA ha verificado el espesor de las capas de balasto y de relleno con un levantamiento topográfico. Adicionalmente se verifica la presencia de manta elastomérica. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas:

CAD (Km)	Presencia de manta elastomérica (Sí/No)
19+600	No
19+865	No
20+130	No
20+850	No
21+535	No
21+600	No
21+750	No
22+050	No
22+300	No
22+590	No
23+090	No
23+390	No
23+650	No
24+055	No
24+173	Si
24+273	Si
24+423	Si
24+579	Si
24+733	Si
24+794	No
24+900	No

CAD (Km)	Presencia de manta elastomérica (Sí/No)
24+910	No
24+920	No
25+230	Si
25+240	Si
25+250	Si
25+590	No
25+770	Si
25+970	No
26+320	No
26+380	No
26+540	No
26+900	No
27+120	No
27+350	No
27+580	No
27+740	No

Tabla 21 Presencia de manta elastomérica en las calas

CAD (Km)	Espesor de Balasto (cm)	Espesor de grava arena (cm)
19+600	32	0
19+865	34	0
20+130	43	0
20+850	58	0
21+535	35	27
21+600	39	33
21+750	46	32
22+050	44	28

Página  
134/497



CAD (Km)	Espesor de Balasto (cm)	Espesor de grava arena (cm)
22+300	40	29
22+590	47	29
23+090	47	49
23+390	35	32
23+650	46	32
24+055	81	42
24+173	68	44
24+273	60	45
24+423	62	39
24+579	48	46
24+733	50	38
24+794	59	24
24+900	77	30
24+910	62	29
24+920	60	52
25+230	50	25
25+240	59	46
25+250	46	29
25+590	48	-
25+770	48	131
25+970	58	-
26+320	34	-
26+380	31	113
26+540	28	110
26+900	44	120
27+120	32	140
27+350	37	-
27+580	35	0
27+740	34	0

No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto  
 No se encontró capa de relleno de concreto

Tabla 22 Espesores de las capas medidos en las calas

Los gráficos siguientes representan los espesores de las capas de balasto y relleno en este tramo.

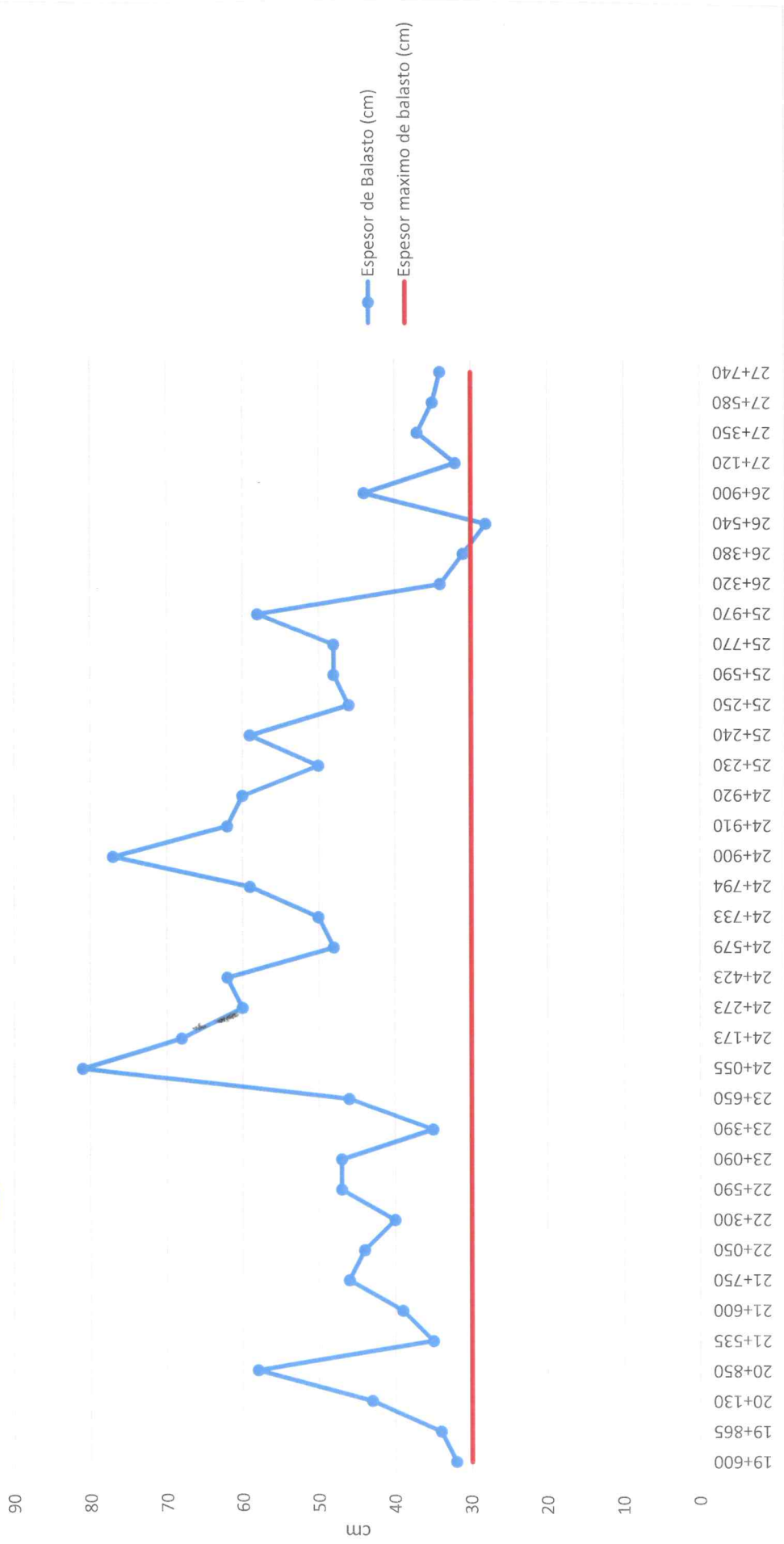


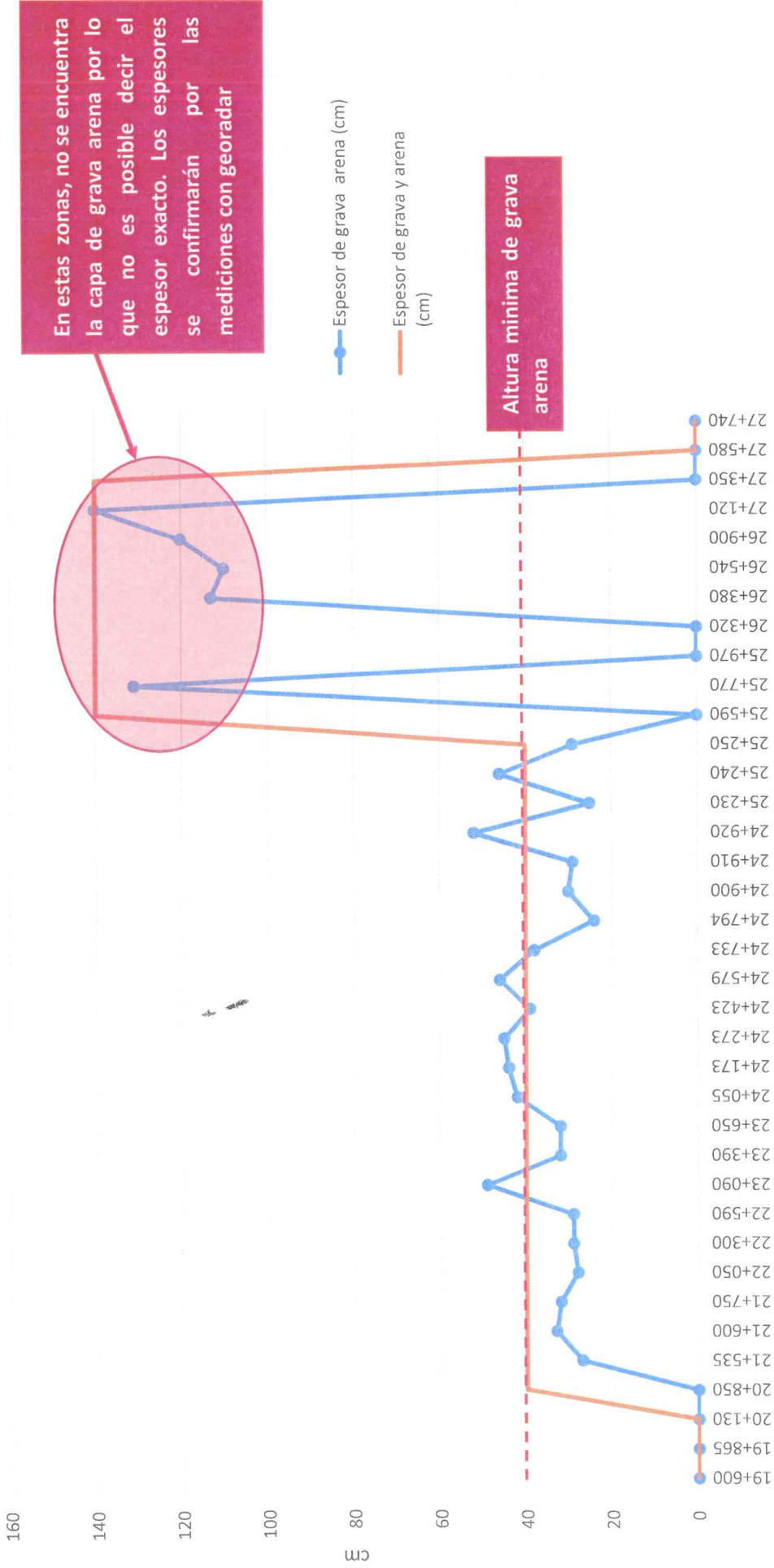
Figura 66. Espesor de balasto medido en las calas

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

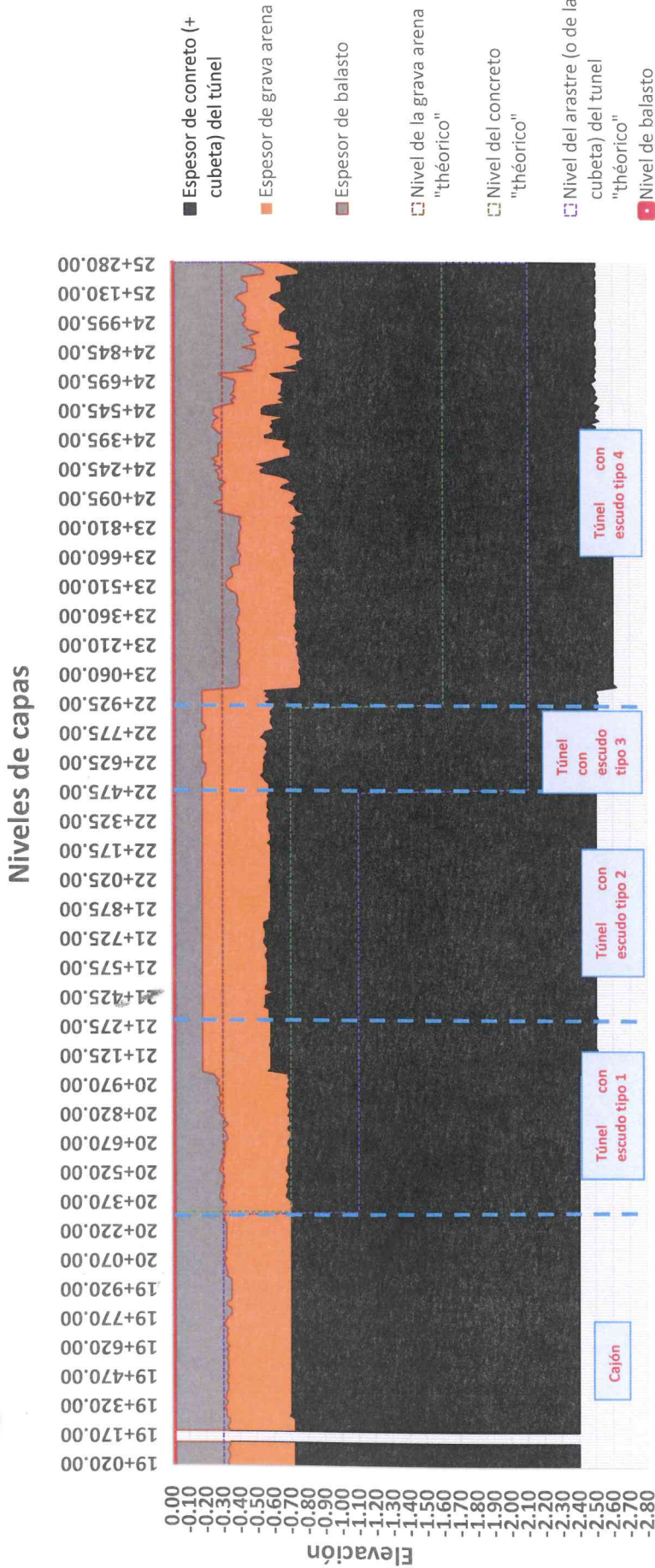
Página  
136/497



**Figura 67. Espesor de relleno de grava arena medido en las calas**



El grafico siguiente permite comparar los niveles de cada capa de proyecto y en el túnel.



\* Ejemplo: estos datos se incluirán en un informe complementario

**Figura 68. Niveles de las capas previstas en el proyecto y actuales por mediciones con georadar**

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Informe final

07/07/2015

Página  
138/497

### 12.3.8.2 Conclusiones relacionadas a los espesores de las capas

Es difícil disociar la capa de concreto y la cubeta, sin embargo, no es el más relevante.

MEXISTRA confirma que el "As Built" no respeta las especificaciones, en efecto, en la mayor parte del túnel:

- La capa de grava arena tiene un espesor menor al valor mínimo de 40 cm como lo requiere la memoria de cálculo PMDF 11 MS 612000 III 0311 05467 M 00 para soportar la vía.
- El espesor de la capa de balasto es superior al máximo (30 cm) especificado en las normas.
- En la mayor parte del túnel, no existe la manta elastomérica como especificado en los planos "As design" o "As Built".

### 12.3.9 Análisis del sistema de drenaje

#### 12.3.9.1 Recordatorio de los comentarios y de las conclusiones del análisis del diseño del sistema de drenaje en el tramo en túnel con escudo

En el tramo con túnel con escudo MEXISTRA recuerda que la plataforma está basada sobre una subcapa de grava y arena por lo que se requiere que el sistema de drenaje debe ser perfectamente diseñado (punto de captación de las filtraciones, pendientes, desempeños de evacuación del agua, bombas) y realizado (calidad de realización).

Los planos de sección "As design" han permitido confirmar que el sistema de drenaje previsto no es óptimo en caso de filtraciones importantes, en particular:

- Inexistencia del sistema de recuperación de aguas de escurrimiento sobre el paramento, lo que provoca que el agua que escurre sobre los muros llegue hacia el balasto, y a la capa debajo de este.
- El dren central presenta entradas situadas en la base del balasto (al nivel de la membrana elastomérica o de la capa de grava arena). No hay perforaciones en el tubo que permiten que permitan recolectar el agua en caso que esta quede atrapada al infiltrarse en la capa subrasante debajo del balasto, incrementando los problemas de mantenimiento de la vía. Además, el tamaño del dren es bastante pequeño (diámetro 20 cm).

Sin embargo, MEXISTRA confirma la presencia importante de filtraciones y de llegadas de agua significativas en el túnel a través de las juntas de dovelas. Estas llegadas de agua son de importancia considerable en comparación con otros túneles construidos con los mismos métodos mecanizados.

En general, el vacío existente entre el terreno natural y el revestimiento (dovelas) es rellenado por inyección a la par del avance del escudo, esto junto con la implantación de juntas entre las dovelas, lo cual permite asegurar un buen nivel de impermeabilización de la obra, aún si se pudieran presentar algunas infiltraciones puntuales. Se plantean algunos cuestionamientos tanto en la realización de inyecciones como en las juntas entre dovelas. Además el contexto geológico de las



obras situadas en formaciones aluviales en los cuales habrán consolidaciones y asentamientos a mediano y largo plazo, no ayudará a la situación.

### **12.3.9.2 Funcionamiento del sistema de drenaje**

Al inicio del contrato se realizaron investigaciones en el túnel con el fin de comprobar el buen funcionamiento del drenaje del túnel.

En el inter-tramo de la estación Eje Central a la estación Parque de los Venados, se limpiaron los registros desde el Pk 24+210 hasta el registro ubicado en el Pk 24+887. Se bombeó el agua del registro del Pk 24+700 al registro del Pk 24+730, lo cual permitió que el nivel del agua que se encontraba en los registros anteriores bajara, sin embargo los niveles de agua siempre quedaron anormalmente elevados, es decir que el sistema de drenaje no es suficiente en este tramo.

En el tramo en túnel tradicional aunque se puede observar filtraciones importantes en ciertas zonas el balasto está seco lo que permite confirmar que el sistema de drenaje está suficiente. Sin embargo, se puede observar elementos exteriores en el sistema de drenaje.



**Foto 17. Filtraciones en el PK 27+598**





Foto 18. El agua fluye en el sistema de drenaje, se puede observar elementos exteriores (PK27+700)

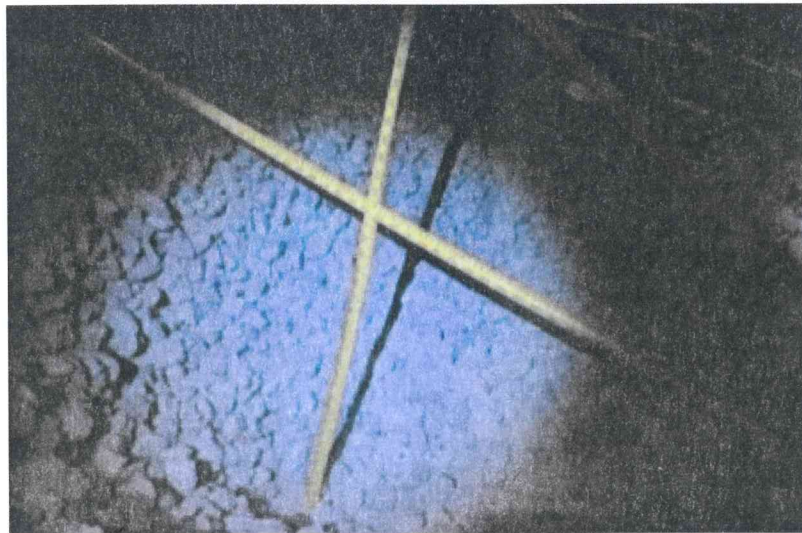


Foto 19. Balasto seco (PK27+700)

En el tramo en cajón se puede observar dos zonas con comportamientos distintos:

- Del principio del túnel al cárcamo del PK 19+430:
  - El balasto tiene poca humedad
  - El nivel de agua en el sistema de drenaje está casi normal y que el agua fluye correctamente
  - En ciertas zonas hay elementos ajenos al sistema de drenaje



Foto 20. El agua fluye en el sistema de drenaje (PK19+100)



Foto 21. Balasto con poco humedad (PK19+100)

Estas observaciones permiten confirmar que el sistema de drenaje esta suficiente en este tramo.

- Del cárcamo del PK 19+430 al PK 20+357:
  - El balasto tiene mucha humedad
  - El nivel de agua en el sistema de drenaje es crítico y el agua no fluye en el sistema de drenaje
  - Existen muchos elementos ajenos al sistema de drenaje

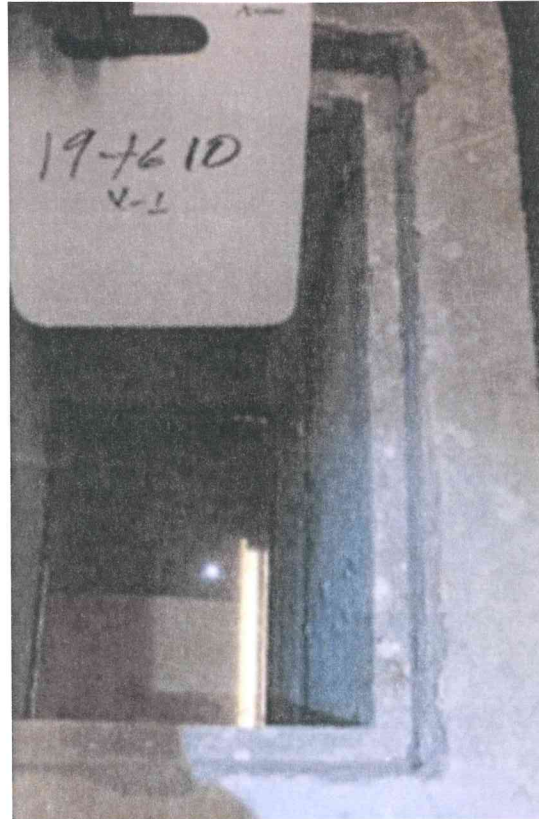


Foto 22. → 60 cm de agua estancada, presencia de lodo y elementos externos (PK19+600)



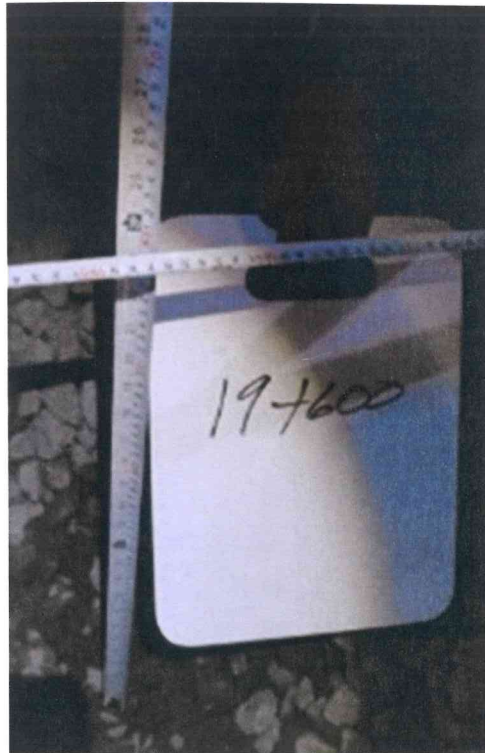


Foto 23. Balasto con mucha humedad (PK19+600)

En este tramo MEXISTRA estima que los elementos ajenos son la causa del mal funcionamiento del sistema de drenaje.

### 12.3.9.3 Levantamiento topográfico

Para poder conocer las características del drenaje en el tramo en túnel, y entender las causas del nivel alto de agua, se llevaron a cabo trabajos de topografía en el interior del túnel tomando como bases la poligonal de TSO y su geoposicionamiento en coordenadas UTM.

Los resultados (planos) están incluidos en un informe complementario.

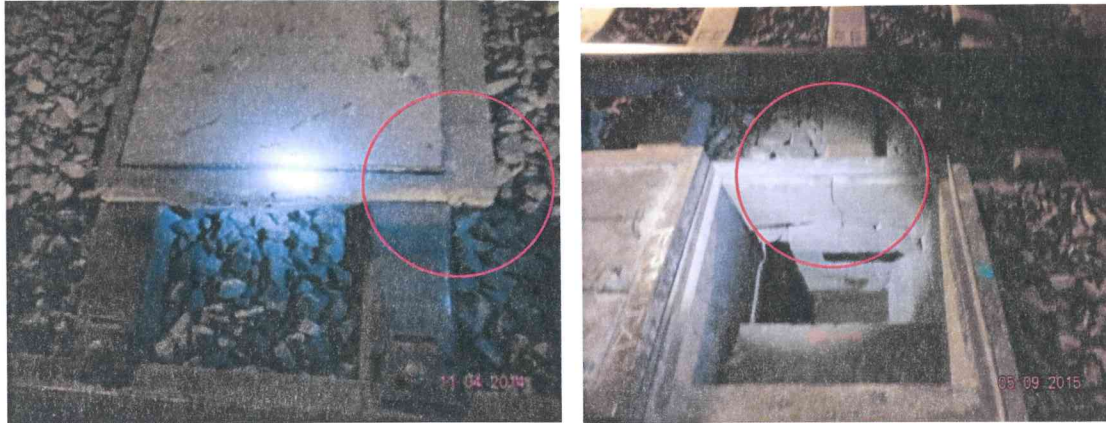
Con el levantamiento topográfico del drenaje se obtuvieron la posición horizontal y vertical de cada uno de los registros, así como la elevación de la clave del tubo y del arrastre hidráulico de los pozos que no estén azolvados.

La información fue procesada y representada en un plano donde se pueden apreciar en planta y perfil la localización de todos los registros de campo, la trayectoria de las tuberías y los diversos niveles tomados por la topografía.

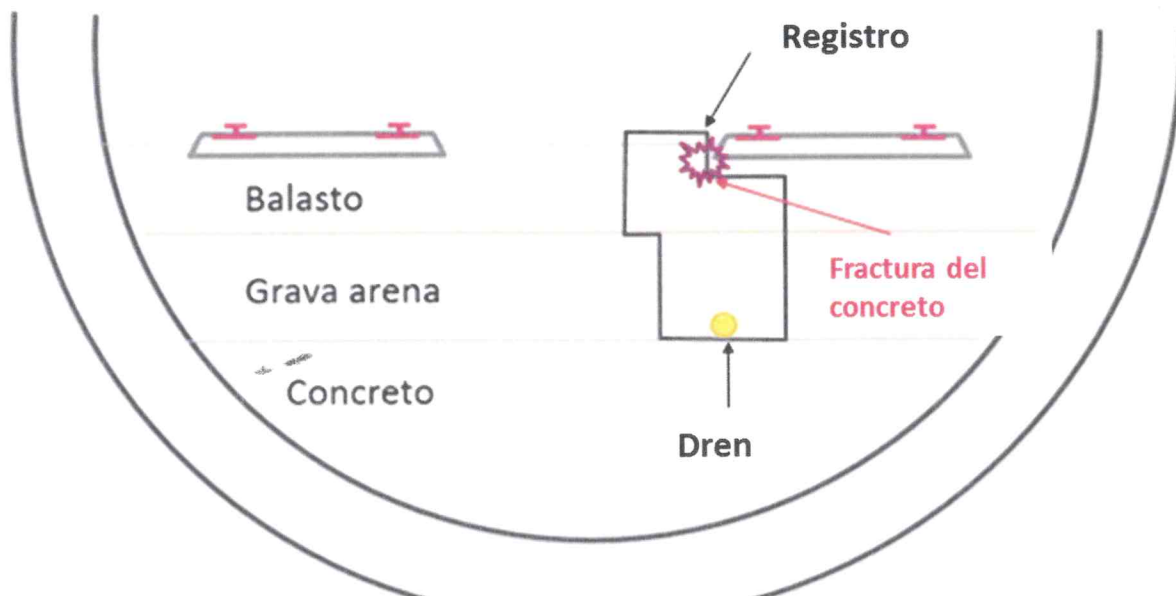
De la revisión de la información se pudo observar que en general el tramo presenta pendientes que parten de las cabeceras de las estaciones hacia el interior del túnel, existiendo un cárcamo de bombeo en el cadenamiento 24+886.80. Sin embargo, éste no es el punto más bajo del sistema, el

cual se presenta en el cadenamiento 24+517.90 y geoméricamente se configura un punto bajo delimitado por los cadenamientos 24+395 – 24+700.

Ciertos tramos del trazo del drenaje son anómalos. Varios registros están en contacto con los durmientes, que interfieren con el buen anclaje de los durmientes en el balasto.

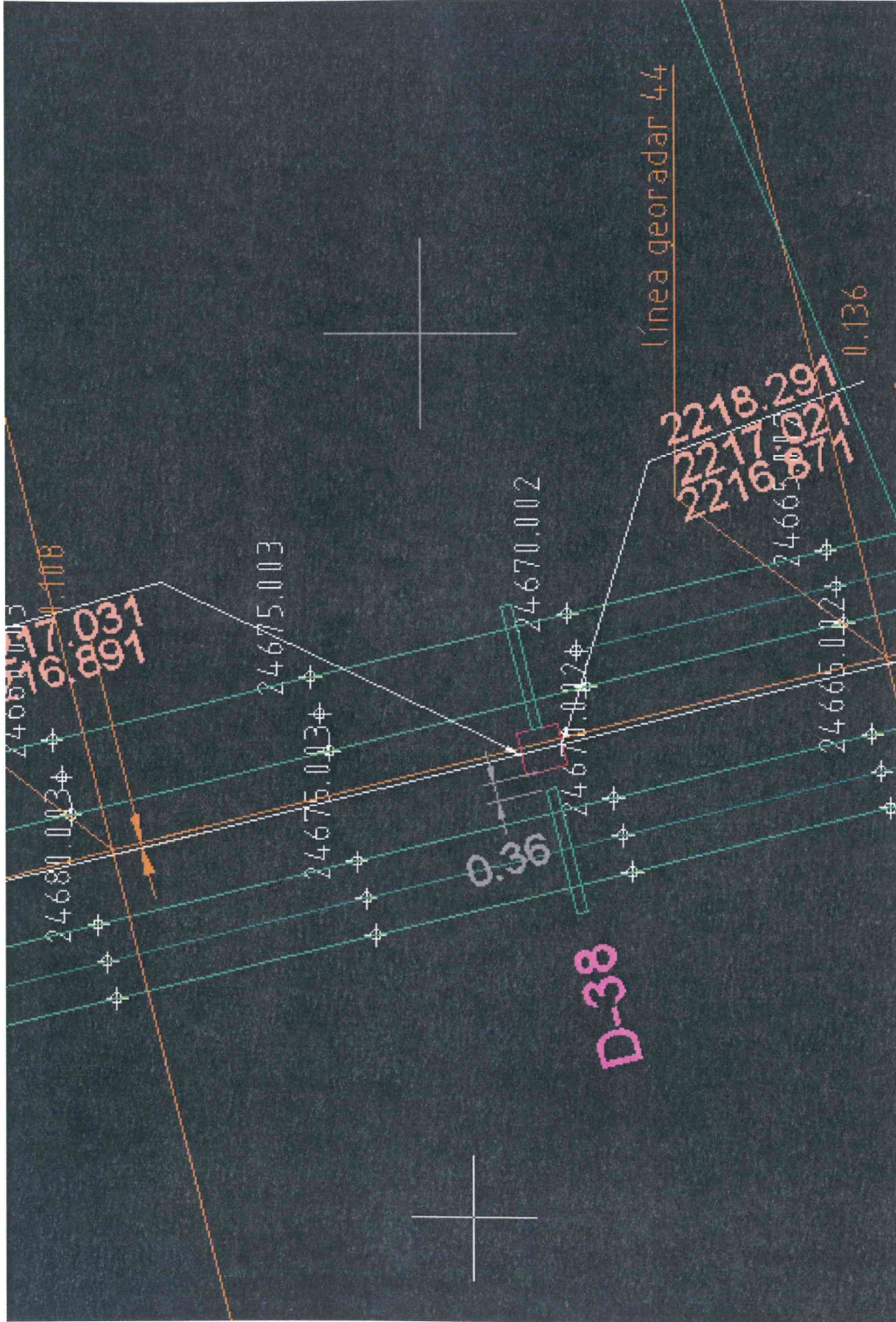


**Foto 24.** Problema e integridad del sistema de drenaje, hay registros fracturados que tocan los durmientes o que están cerca, es decir que no están al nivel del eje del túnel



**Figura 69.** Explicación de los daños





**Figura 70.** Registro en contacto con los durmientes

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
146/497



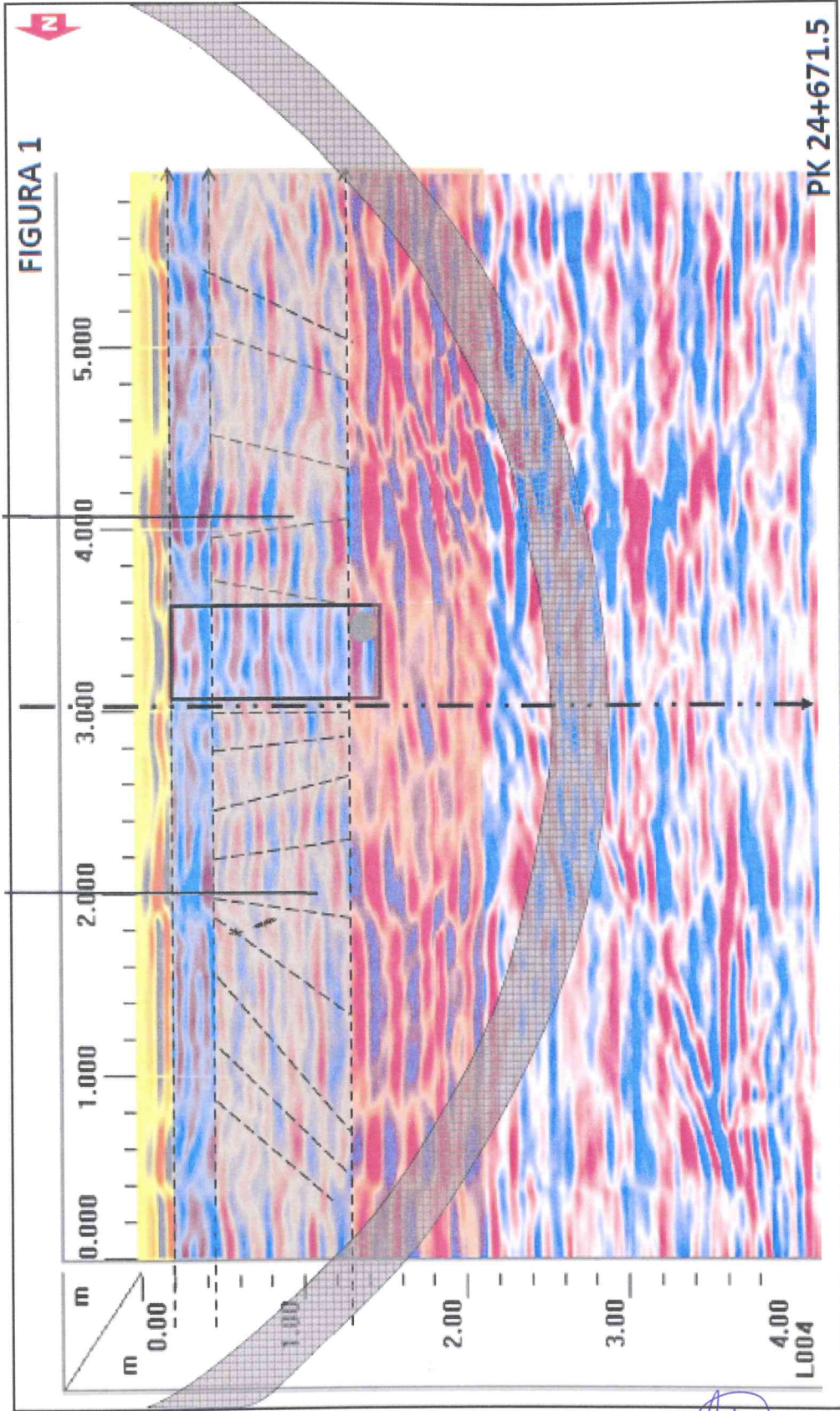


Figura 71. Línea de georadar de un registro en contacto con los durmientes

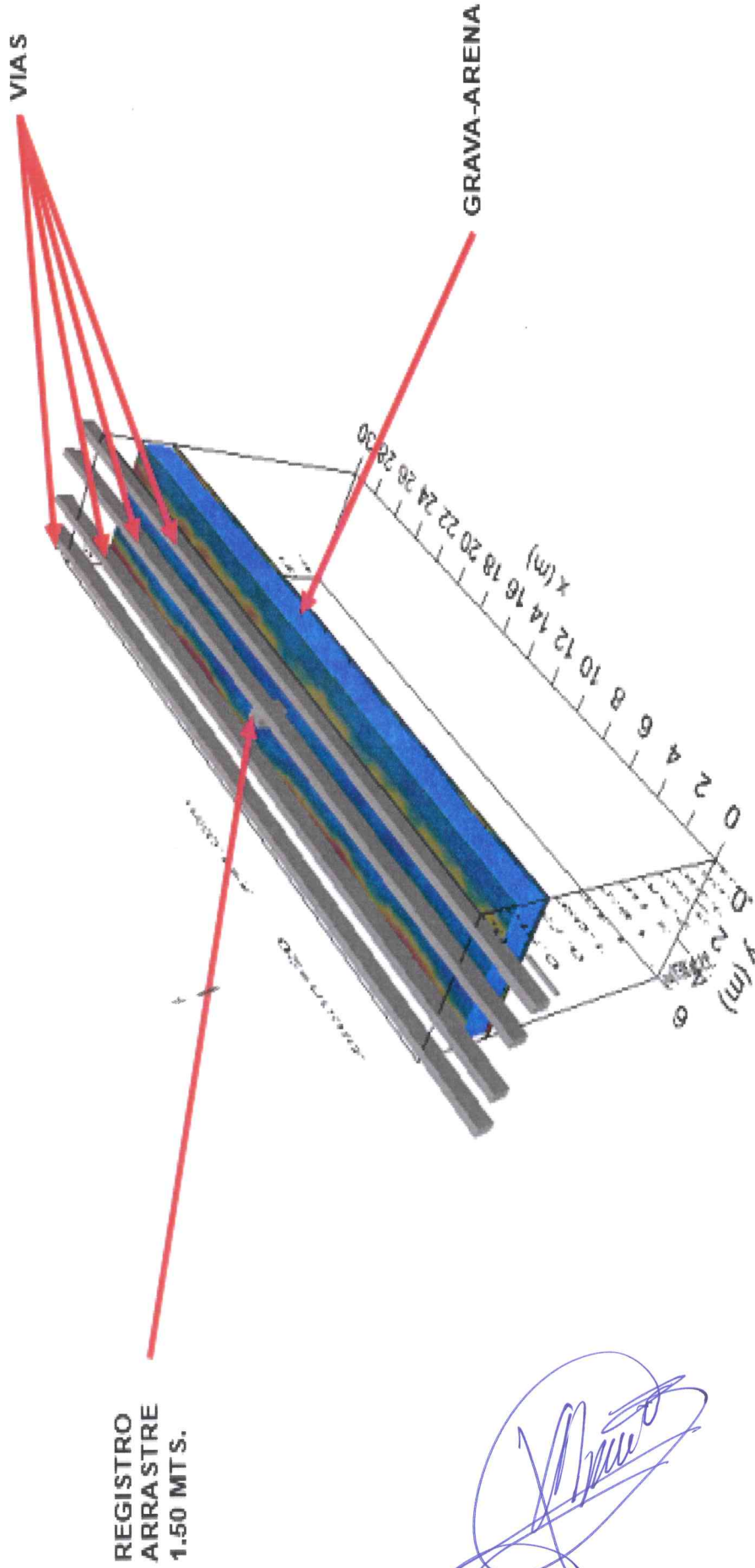
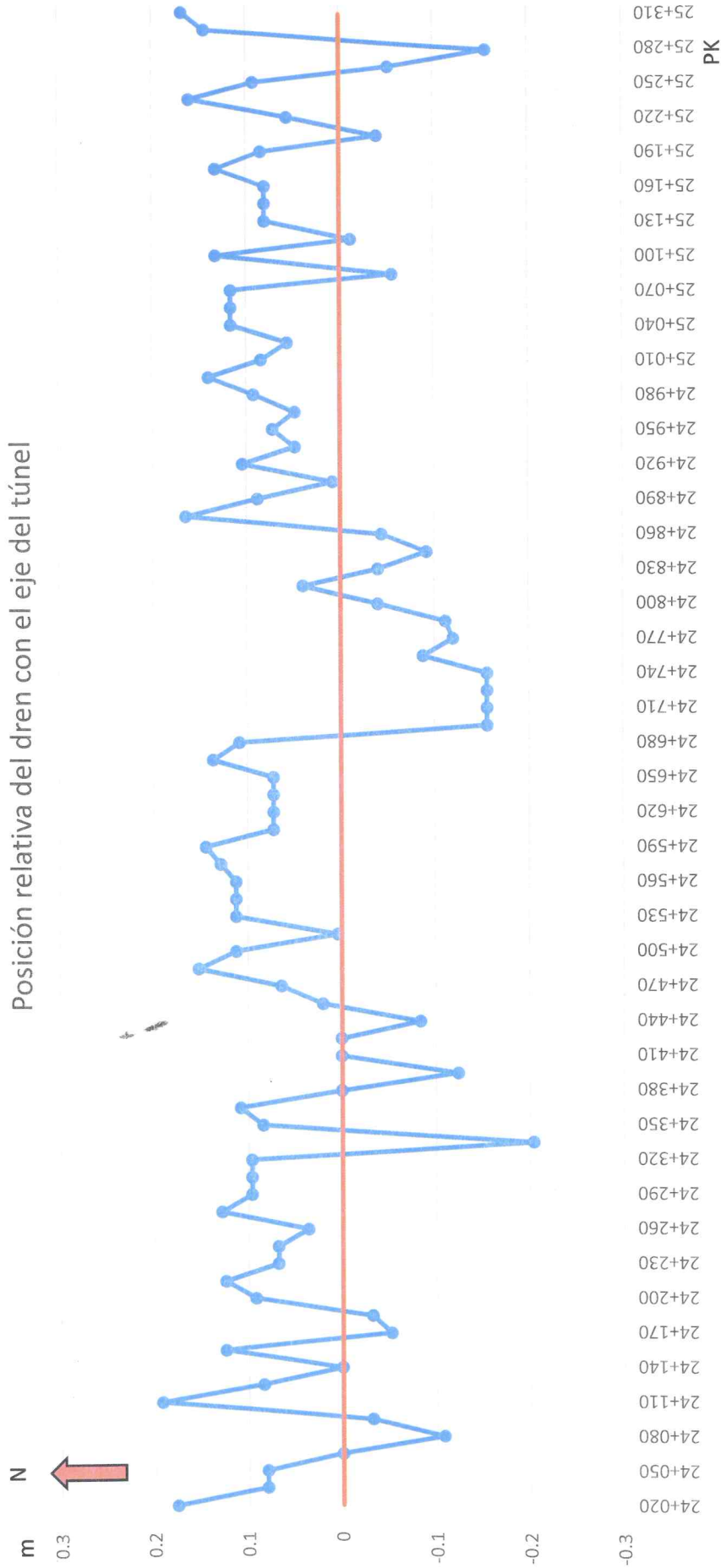


Figura 72. Análisis georadar de un registro en contacto con los durmientes

Como se puede ver en el grafico siguiente, existe un desfase (de hasta 20cm) entre el eje del túnel y la ubicación real de tubo de drenaje.



**Figura 74.** Distancia entre el eje del túnel y el sistema de drenaje



Igualmente, se puede observar que en la zona de Parque de los Venados hasta Eje Central, el tubo del dren no está completamente ubicado en la capa de concreto.

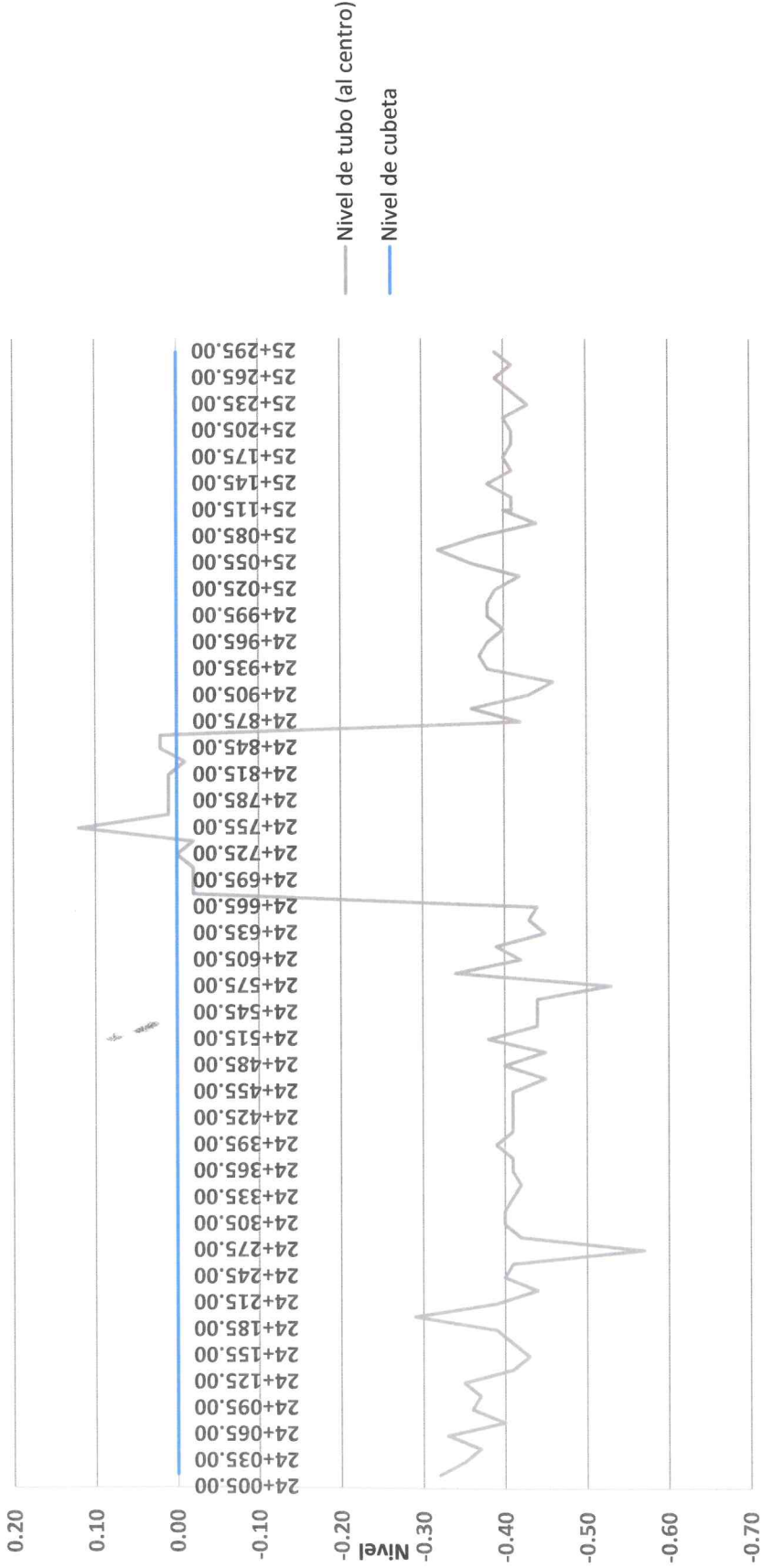


Figura 75. Perfil longitudinal del dren en relación con el nivel del fondo cubeta en el tramo "Parque de los Venados-Eje Central"

**12.3.9.4 Cárcamo de rebombeo dren cubeta – PK 24+490**

Como se explicó anteriormente, la posición del cárcamo de bombeo (24+886.80) del sistema de drenaje no se encuentra situado en el punto más bajo, ya que éste se encuentra a una distancia de 369 m aproximadamente de la estación Eje Central, en el cadenamiento 24+517.90.

Por su geometría el sistema de drenaje presenta un punto bajo delimitado por los cadenamientos 24+395 – 24+700, subtramo que por sus condiciones siempre estará inundado, disminuyendo su capacidad hidráulica, por eso el consorcio instaló un cárcamo adicional en el PK 24+490 al fin del año pasado.

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
151/497



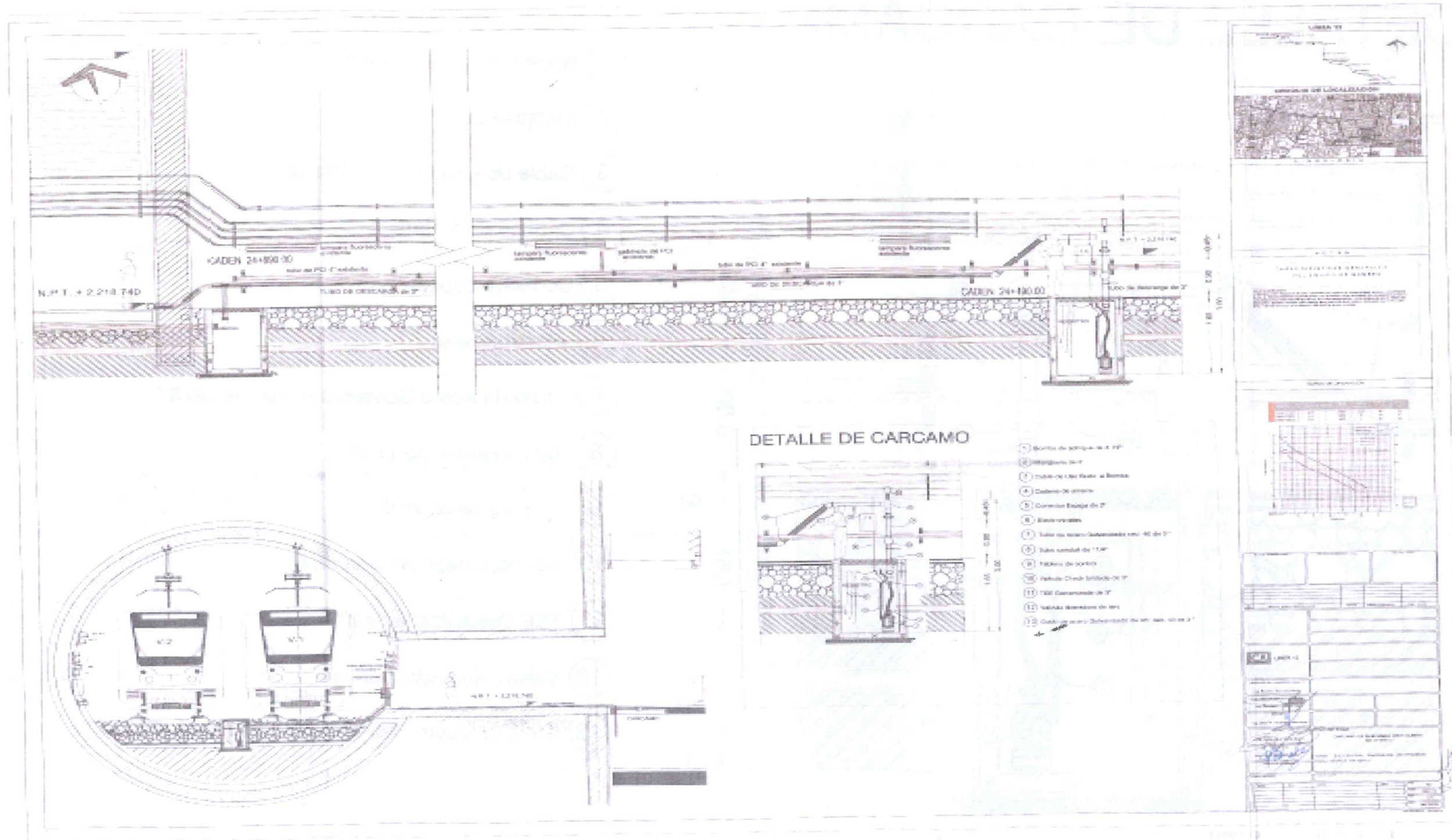
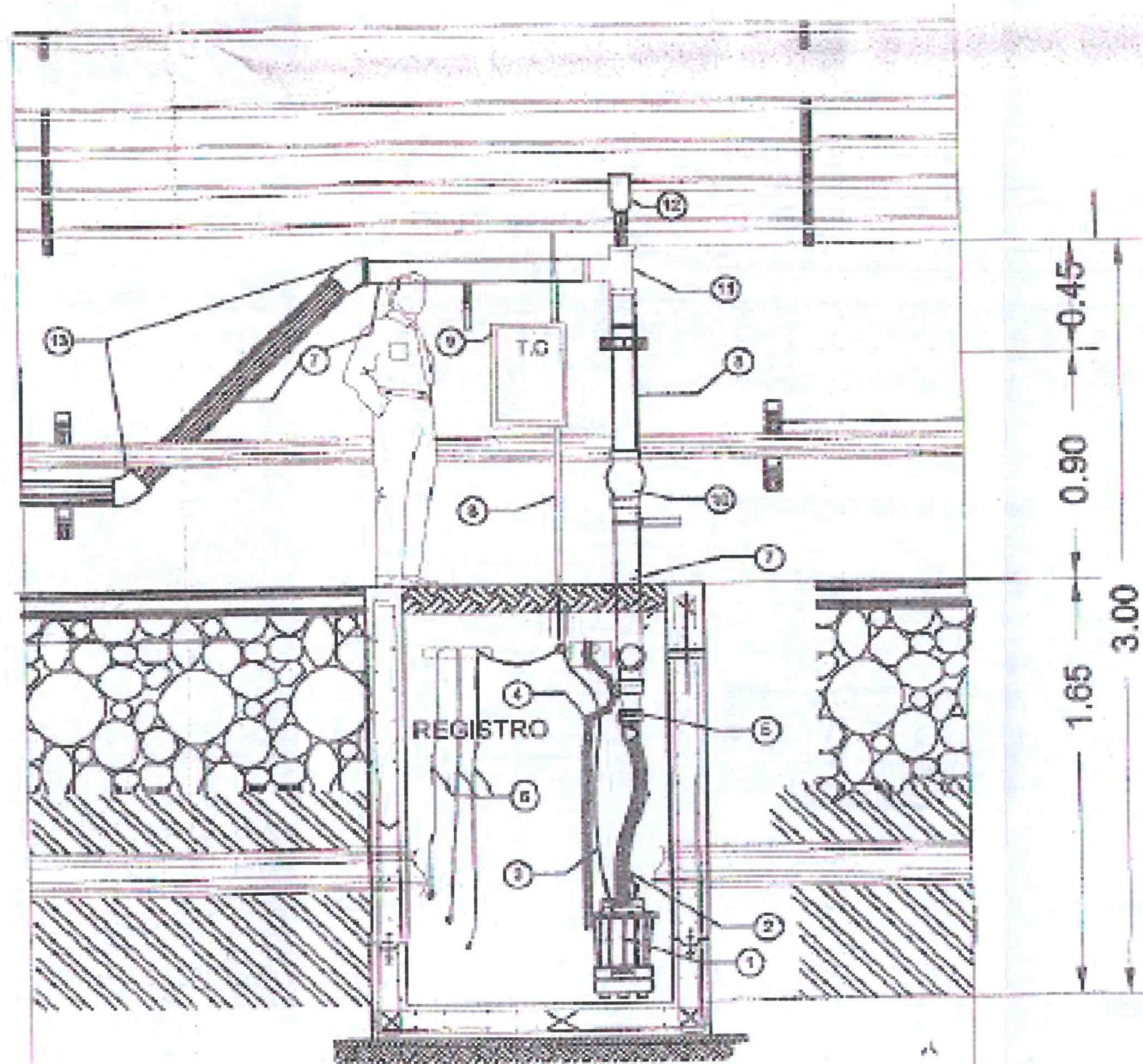


Figura 76. Cárcamo adicional



# DETALLE DE CARCAMO



- ① Bomba de achique de 3. HP
- ② Manguera de 3"
- ③ Cable de Uso Rudo a Bomba
- ④ Cadena de amarre
- ⑤ Conector Espiga de 3"
- ⑥ Electroniveles
- ⑦ Tubo de Acero Galvanizado ced. 40 de 3"
- ⑧ Tubo conduit de 1 1/4"
- ⑨ Tablero de control
- ⑩ Valvula Check bridada de 3"
- ⑪ TEE Galvanizada de 3"
- ⑫ Valvula liberadora de aire
- ⑬ Codo de acero Galvanizado de 45° ced. 40 de 3"

Figura 77. Detalle de cárcamo adicional

Sin embargo, a pesar de las acciones descritas anteriormente, se sigue observando un nivel de agua anormal en los registros.

En efecto, el nivel del agua varía de 0 cm a 90 cm (estación Eje Central). Eso se explica por el hecho de que la bomba funciona solo ocasionalmente (la activación es manual y por lo tanto genera una operación aleatoria) y no está instalada de acuerdo con los planos del consorcio. En efecto la bomba está colocada encima del nivel de relleno (y no por debajo como se indica en los planos del consorcio), lo que no permite bombear toda el agua.

#### **12.3.9.5 Conclusiones sobre el sistema de drenaje**

En primer lugar, MEXISTRA recuerda que un túnel no es completamente impermeable, por eso es importante canalizar el agua. De acuerdo con la cantidad de agua en el túnel y el nivel freático, podemos concluir que el agua viene principalmente de filtraciones en la parte alta del túnel.

En relación con el sistema de drenaje, MEXISTRA concluye lo siguiente:

- En el tramo en túnel con escudo:
  - De acuerdo con los planos que tenemos, el diseño no tiene la capacidad de asegurar un drenaje adecuado del agua en el túnel.
  - La realización del sistema de drenaje no cumplió con las expectativas.
- En los tramos en cajón y en túnel tradicional:
  - De acuerdo con los planos que tenemos, el diseño tiene la capacidad de asegurar un drenaje adecuado del agua en el túnel.
  - El sistema de drenaje tiene muchos elementos ajenos que no permiten un buen funcionamiento del mismo.



## 12.4 Resumen y acciones correctivas

Este capítulo es un resumen de las conclusiones de MEXISTRA.

Las acciones correctivas presentadas en este capítulo son preliminares y se detallarán en el documento “Informe final de acciones correctivas del tramo en túnel”.

### 12.4.1 Rieles

#### 12.4.1.1 Conformidad con las especificaciones técnicas

El riel es de tipo 115 RE de matiz 900; proviene del proveedor TataSteel Francia (Corus Hy).

La geometría del riel Re115 instalado está de conformidad con la geometría proporcionada por Arema 2003 Volume 1 Track – Chapter 4- Rail.

Las pruebas de calificación al riel realizadas por los laboratorios de prueba de la SNCF (dureza, flexión, composición metalúrgica y composición química) están de conformidad con la norma EN 13 674-1 Rieles Vignole de masa superior o igual a 46kg/m.

El riel no presenta defectos de fabricación, sin embargo, su puesta en obra es criticable (calidad de las soldaduras, ausencia de liberación de tensiones).

#### 12.4.1.2 Acciones Correctivas

La instalación de vías deberá ser rectificada. MEXISTRA se asegurará de la correcta redacción de los procedimientos y de su correcta aplicación.

### 12.4.2 Durmientes

#### 12.4.2.1 Conformidad con las especificaciones técnicas

La verificación geométrica de los durmientes no amerita ningún comentario. Las dimensiones y las tolerancias son respetadas; sin embargo, al acumularse las tolerancias de los durmientes con las del sistema de fijación del riel, se encuentran en el rango inferior de valores que da un ancho de vía de entre 1435mm (trocha nominal) y 1434mm (trocha ligeramente inferior). La trocha actual medida es de 1433.5mm.

#### 12.4.2.2 Verificación del sistema calidad durante la producción

PRET e ITISA son empresas certificadas y poseen un sistema de calidad.

Sin embargo, desde la puesta en servicio de la circulación de los trenes, se mostró que muchos de los durmientes de PRET presentaban defectos, como la reacción alcalina, derivados de la calidad del concreto. Se puede deducir que el sistema de calidad de esta empresa presentó defectos debido a que la reacción alcalina se manifiesta habitualmente en un periodo más largo.

En cuanto a los durmientes de ITISA que se rompieron, se trata de un problema de instalación y no de fabricación.

#### 12.4.2.3 Acciones Correctivas

Se recomienda el remplazo de los durmientes agrietados.



### 12.4.3 Fijaciones

#### 12.4.3.1 Conformidad con las especificaciones técnicas

La fijación Nabla Evolución fue la elegida para la línea 12 en su conjunto.

El diseño de la placa plástica de asiento sobre el riel no es óptimo para el uso de dicha fijación en rieles RE115. Los próximos suministros previstos por el fabricante Railtech corregirán esta ligera anomalía.

Sin embargo, esta anomalía no es perjudicial ya que no ha habido ninguna ruptura del sistema de fijación en curvas de radio superior a 350 m (ninguna ruptura en el alineamiento recto).

Las rupturas constatadas son consecuencia del fuerte desgaste ondulatorio de los rieles.

#### 12.4.3.2 Verificación del sistema calidad a través de la producción

Railtech ha entregado su sistema de aseguramiento de la calidad y su producción está en conformidad con sus procesos de aseguramiento.

Railtech ha realizado varias series de pruebas (conforme a la norma Arema 2003 y la norma EN 13 146-1 a 9) que resultaron concluyentes y positivos.

#### 12.4.3.3 Análisis de la instalación de la vía

Durante la visita a la línea, se desmontaron algunas fijaciones para su examen. Se constató que el interior de las fundas estaba contaminado. Esta contaminación puede tener como consecuencia fisuras de durmientes debido al rechazo de los tornillos por la presión. El origen de esta contaminación no puede ser determinada.

#### 12.4.3.4 Acciones correctivas

Se cambiará el aislante para que sea compatible con el riel RE115 en curvas de radios mayores o iguales a 550 m. Respecto a curvas de radios menores a 550 m, se utilizarán nuevas fijaciones.

### 12.4.4 Balasto

#### 12.4.4.1 Conformidad con las especificaciones técnicas

El balasto es piedra de tipo basáltico.

En la "especificación" técnica "mexicana" para la provisión del balasto, se precisa que el balasto es el resultado de la trituración de rocas extraídas de canteras de piedras duras (granito, diorita, pórfido, cuarcita, basalto, etc.).

Dureza: la dureza del balasto se define teniendo en cuenta la resistencia al desgaste (ensayo Micro Deval seco y húmedo) y la resistencia a la fractura (ensayo Los Ángeles).

- En las especificación técnica (véase Suministro y colocación de balasto C4, ref. L12-EST-VIA-1275-SY-INF 1) se proporciona el método de cálculo para determinar el coeficiente de dureza instantánea (DRI) y dureza global (DRG) con los valores de ensayo de Deval y Los Ángeles.
- DRI mini: 15

- DRG mini: 17

Todos los resultados de los ensayos se consideran de conformidad por el por el Laboratorios LIAC. Sin embargo, se demostró en el informe final de análisis línea 12-VF-REV2.10, (véase capítulo 3.4 “examen de los componentes de la vía férrea” MEX-S117-REP-0012-B del 29/08/2014) que este tipo de balasto no es de la calidad requerida para este tipo de línea (ver capítulo 12.4.4.3).

#### **12.4.4.2 Espesor puesto en obra**

El espesor mínimo de balasto que se encuentre bajo la fila baja es de 28 cm hasta 68 cm. En vía en curva hay que añadir 160 mm de espesor correspondientes al peralte y a veces, se observó en el terreno, una altura de 170 mm que conduce a un espesor de 87 cm bajo la fila alta.

Este espesor es excesivo y contribuye a una inestabilidad de la vía.

MEXISTRA recomienda un valor máximo de peralte de 100 mm para limitar este espesor.

#### **12.4.4.3 Granulometría – Dureza (ensayos Los Ángeles y Micro-deval)**

La dureza y la granulometría del balasto están conforme a las especificaciones técnicas del PMDF. Sin embargo, para una Línea de tipo “Línea 12”, los requerimientos de las especificaciones de PMDF no cumplen con:

- Los requerimientos de las normas europeas normas CT-IGEV-001 y NFEN 13450.
- Los requerimientos de MEXISTRA de acuerdo a su experiencia

#### **12.4.4.4 Acciones correctivas**

Disminuir el espesor de balasto por medio de una disminución de los peraltes en las curvas cerradas donde el peralte es superior a los 100 mm. En las curvas en las que se disminuirá el espesor de balasto.

Se reemplazará el balasto en todas las curvas de radio menor a 550 m, con balasto de tipo C4 (véase normas CT-IGEV-001 y NFEN 13450). Se definirá la lista de curvas impactadas en el informe de acciones correctivas.

En los tramos rectos, el remplazo de balasto dependerá de las acciones a realizar en la subcapa (Ver capítulo 12.4.11).

- Si no fuera necesario realizar acciones al nivel de la subcapa, se podría mantener el balasto. Sin embargo, su vida útil será reducida. Durante la regeneración del balasto, será conveniente usar un balasto tipo C4.
- Si fuera necesario realizar acciones al nivel de la subcapa, se aprovechará para reemplazar el balasto con un balasto de tipo C4.

#### **12.4.5 Aparatos de vía**

##### **12.4.5.1 Conformidad con las especificaciones técnicas**

Los aparatos de la vía y los aparatos de dilatación están de conformidad con las Especificaciones técnicas.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
157/497

Algunos aparatos (los más solicitados: después de Mixcoac (13/23) presentan fallas resultantes del desgaste de las ruedas.

En ciertos aparatos muy utilizados, como en Atlalilco y Mixcoac, hay desgaste ondulatorio. Este desgaste ondulatorio es del mismo tipo que el desgaste de las curvas cerradas en el viaducto. Las fallas son equivalentes y provienen del contacto del riel y la rueda.

La presencia de desgaste ondulatorio sobre la vía de desvío de los aparatos muestra el impacto de los desempeños de inscripción del tren en las curvas de radio reducido.

#### **12.4.5.2 Acciones correctivas**

Un estudio especial está en curso para analizar las soluciones factibles.

#### **12.4.6 Contrarriel**

##### **12.4.6.1 Conformidad con las especificaciones técnicas**

No se ha encontrado la documentación que determine el uso de contrarrieles. Solamente se proveyeron las disposiciones técnicas (plano y dispositivo de montaje).

La DGOP y PMDF no tienen los documentos de justificación del contrarriel.

Las especificaciones de MEXISTRA y las investigaciones de otras redes de metro muestran que este tipo de contrarrieles se instala, habitualmente, en las curvas de radio  $\leq 100$  m y está destinado a retener un eje cuando la rueda exterior comienza a subir sobre el riel de la fila exterior.

##### **12.4.6.2 Acciones correctivas**

MEXISTRA propone suprimir los contrarrieles en curvas de radio  $\geq 200$  m. Si se requiriera un sistema adicional de seguridad se puede implementar un riel de seguridad.

#### **12.4.7 Trazo**

##### **12.4.7.1 Conformidad con las especificaciones técnicas**

El perfil actual parece relativamente regular, teniendo en cuenta las tolerancias del levantamiento topográfico, las irregularidades son del orden de algunos centímetros. Las zonas donde los defectos son más importantes son los acuerdos circulares. Por lo tanto, es conveniente prever medidas correctivas en curvas de radio inferior a 550 m.

##### **12.4.7.2 Acciones correctivas**

Siendo el trazado de las vías casi inmodificable por la realización de la obra en túnel, la actuación posible a nivel de trazado es la reducción del peralte de las vías y en consecuencia la reducción de velocidad.

De acuerdo con los desempeños de inscripción en curva de los trenes y el confort de los pasajeros, MEXISTRA recomienda la reducción del peralte máximo a 100 mm y un valor máximo de la insuficiencia de 100 mm. Además, esta decisión está justificada teniendo en cuenta el sobre espesor de balasto en el riel elevado consecuente de un peralte a 160 mm.



## 12.4.8 Capa de grava arena

### 12.4.8.1 Conformidad con las especificaciones técnicas de la capa de grava arena

La capa de relleno está conformada primordialmente por una grava de granulometría inadecuada con arena, teniendo un promedio de 62% de gravas, 29% de arenas y 9% de finos (el porcentaje máximo de finos es de 18%).

La capa de relleno tiene una compactación variable de 69 a 97%. Tomando como base las normas para pavimentos, se considera que el grado de compactación determinado es escaso e insuficiente.

Además, la grava arena de manera esta casi totalmente saturada por agua, lo que empeora su mala compactación y que tardará en secarse.

La subcapa en su generalidad no corresponde al diseño y no cumple con los requerimientos técnicos de una vía ferroviaria. En su estado actual, no permite una buena duración de la nivelación de la vía.

MEXISTRA confirma que la mala nivelación de la grava arena genera espesores de balasto anormales, hasta 81 cm para mantener la vía a su nivel.

### 12.4.8.2 Acciones correctivas

Ver capítulo 12.4.11

## 12.4.9 Capa de concreto ciclópeo

### 12.4.9.1 Conformidad con las especificaciones técnicas del concreto ciclópeo

Se observó que el concreto ciclópeo muestreado es denso, sin burbujas de aire, lo cual se confirmó en el laboratorio, determinándose que tiene una masa volumétrica de 2.02 t/m<sup>3</sup>.

Los ensayos de compresión realizados a los núcleos de concreto reportaron que este tiene una resistencia mínima de 293 kg/cm<sup>2</sup> (28.7 MPa).

MEXISTRA confirma lo observado en campo, que dicho concreto es masivo, sano y cumple con los requerimientos del proyecto. Conforme a los resultados del punto anterior de resistencia a la compresión, el concreto ciclópeo es aceptable.

### 12.4.9.2 Acciones correctivas

Referido al concreto ciclópeo y de acuerdo con las conclusiones de MEXISTRA: No se requieren acciones correctivas.

## 12.4.10 Sistema de drenaje

### 12.4.10.1 Conformidad con las especificaciones técnicas del sistema de drenaje

Se confirma llegadas de agua significativas en el túnel a través de las juntas de dovelas. Estas llegadas de agua son considerablemente importantes en comparación con otros túneles construidos con los mismos métodos mecanizados. En general, el vacío existente entre el terreno natural y el revestimiento (dovelas) es rellenado por inyección a la par del avance de la tuneladora, esto junto con la implantación de juntas entre las dovelas, lo cual permite asegurar

un buen nivel de impermeabilización de la obra, aun cuando algunas infiltraciones puntuales pudieran presentarse. Se plantean algunos cuestionamientos tanto en la realización de inyecciones como en las juntas entre dovelas. Además el contexto geológico de las obras situadas en formaciones aluviales en las cuales habrá consolidaciones y asentamientos a mediano y largo plazo lo cual no ayudará a la situación.

En relación con el sistema de drenaje del tramo en túnel con escudo, se puede concluir que la concepción y la realización tienen deficiencia, particularmente:

- Inexistencia del sistema de recuperación de aguas de escurrimiento sobre el paramento, lo que lleva a agua que escurre sobre los muros hacia el balasto, y a la capa debajo de este.
- El dren central presenta entradas situadas en la base del balasto (al nivel de la membrana elastómera). El agua que se infiltra en la capa subrasante debajo del balasto queda atrapada, incrementando los problemas de sostenimiento de la vía. Además, el tamaño del dren es bastante pequeño (diámetro 20cm)
- El perfil longitudinal del dren tiene puntos bajos intermedios sin ningún sistema de bombeo, y cuando este existe no es automático. Cuando el agua se acumula, el conducto entra en carga, el nivel de agua aumenta al nivel de los registros, lo que probablemente alimenta de agua a la capa bajo el balasto.

En relación con el sistema de drenaje en los tramos en cajón y túnel tradicional, se puede concluir lo siguiente:

- El principio general del sistema de drenaje es adecuado
- Existen muchos elementos ajenos en el sistema de drenaje que no permiten un buen funcionamiento del mismo
- Inexistencia del sistema de recuperación de aguas de escurrimiento sobre el paramento, lo que lleva a agua que escurre sobre los muros hacia el balasto

#### **12.4.10.2 Acciones correctivas**

En relación con el sistema de drenaje del tramo en túnel con escudo: Ver Informe de Acciones Correctivas Final

Para los tramos en cajón y túnel tradicional, se deberá limpiar el sistema de drenaje.

#### **12.4.11 Acciones correctivas generales en relación con el tramo en túnel con escudo**

La adición de todas las conclusiones anteriores nos lleva a proponer una rehabilitación de la plataforma y del sistema de drenaje con el objetivo de:

- Tener una buena y perene base para la vía
- Reducir las cantidades de agua de infiltración
- Colectar y evacuar el agua que entra en el túnel

Por lo que MEXISTRA recomienda:

- Suprimir la capa de grava y arena

- Realizar un nuevo sistema de drenaje (reubicando los registros en contacto con durmientes).
- Reemplazar el balasto (según el capítulo 12.4.4.4)

### 13. ETAPAS SIGUIENTES

En base a las conclusiones del presente documento, se desarrollarán a continuación:

- Informe complementario (Incluyendo los resultados georadar y de topografía)
- Informe de acciones correctivas final (Lista de las acciones correctivas)
- Informe de proyecto ejecutivo final (Proyecto ejecutivo final que describe con detalles las acciones correctivas)

En la espera de la rehabilitación del túnel, MEXISTRA, confirma que se puede operar la Línea 12 de manera segura en el tramo subterráneo por al menos un año, reforzando las medidas de mantenimiento preventivo.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
161/497



## 14. ANEXOS

### 14.1 Resultados de los ensayos pk 21+530

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+530  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
162/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+530  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
163/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 17 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 21+530, del Tramo Mexicaltzingo-Ermita.

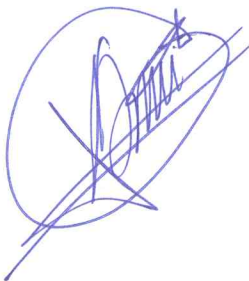
En la cala del KM 21+530, Centro de vía, se extrajo muestras de concreto y al material de base se realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
164/497




- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Extracción de núcleo hasta 0.29 m de profundidad, en la losa de concreto pobre, que conforma la cubeta. Se envió un tramo al IMCYC para que le determinen la resistencia  $f'c$  del concreto.
- g) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 30 de junio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
165/497

<b>FORMA LS-10, Rev. 2</b>											
<b>FECHA:</b> 22/06/2015											
<b>HOJA:</b> 1 DE 1											
<b>CONSECUTIVO:</b>											
<b>CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216</b>											
Cliente		Sondeo		Calas		Tipo		Calas			
Contrato No.		Tipo		Calas		Temperatura		Calas			
Nombre		110		°C		Operator		M.C.		Fecha	
Equipo		Báscula No.		Horno No.		Revisó		L.O.		Fecha	
		1		2		Aprobó		M.G.		Fecha	
Muestra		Cápsula, c		Peso		Peso		w <sub>w</sub>		w	
No.		No.		humedo + c		seco + c		g		g %	
Prof (m)		Long (cm)		g		g		g		%	
de		Sección		313.30		308.88		4.42		188.78 2	
a		S		g		g		g		%	
CALA km 21+530		S		121		120.10		313.30		308.88	
Centro de vía		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									
		S									
		I									

**Determinación del peso volumetrico "in situ" (Cono de Arena)**

Ciiente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA

Sondeo CALAS

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (inferior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 21+530	2076.72	7201.00	2160.33	3100.00	1940.67	1.40	1386.19	1.50

Cala	Capsula #	wm gr	Wseco gr	Wagua gr	Wtara gr	Wmseca gr	W (contagua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 21+530	121	313.30	308.88	4.42	120.10	188.78	2.30	1.46

Metro d

Diagnóstico del tunel de la linea 12

Informe final

INF-1

07/07/2015

Página  
167/497



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS								
ASTM D-422								
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:				
Contrato No.				Sondeo	km 21+530			
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala			
				Muestra	Centro de via			
				Prof. (m)	Base			
GUIJARROS		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA				ARENA				
<b>Mallas</b>		<b>Sedimentación</b>						
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa				
76.2 (3")	-	-	-	-				
50.8 (2")	-	-	-	-				
38.1 (1 1/2")	-	-	-	-				
25.4 (1")	-	100.0	-	-				
19.05 (3/4")	35.02	98.1	-	-				
12.7 (1/2")	204.59	86.9	-	-				
9.53 (3/8")	110.48	80.9	-	-				
6.35 (1/4")	332.84	62.8	-	-				
4.76 (No.4)	223.13	50.6	-	-				
2 (No.10)	266.10	36.1	-	-				
0.84 (No.20)	92.76	31.1	-	-				
0.42 (No.40)	99.47	25.7	-	-				
0.25 (No.60)	73.46	21.7	-	-				
0.149 (No.100)	76.72	17.5	-	-				
0.074 (No.200)	49.91	14.8	-	-				
				Cápsula No.		5A		
				Cáp. + muestra seca		2011.49		
				Peso de la muestra		1835.46		
				Descripción del suelo		Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro		
				Preparación / Pretratamiento		según ASTM D422		
				Proporciones de la muestra		Gujarros / boleos		-
						% Grava		49.40
						% Arena		35.80
						% Finos		14.80
				D10		Cu		
				D30		Cc		
				D60				
				Clasificación SUCS		<b>G</b>		
				Operador		I.C.		
				Revisó		L.O.		
				Aprobó		M.G.		
				Fecha		22/06/2015		
				hoja 1 de 1				

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
168/497

<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				FORMA LP-02, Rev. 1			
				FECHA: 23/06/2015			
				HOJA: 1 DE 1			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: ADIC INGENIERIA				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo: KM 21+530			
Nombre: METRO LÍNEA 12				Tipo: CALA			
TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA				Muestra: Centro vía			
				Prof. (m):			
				Prof. media (m):			
Descripción del suelo: Gravés fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro				Fecha de ejecución: 23/06/2015			
Equipo de prueba		Moide No.	1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ :	3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N:	56
				Peso del cilindro $W_{cil}$ :	5267.00 g	Número de capas n:	5
		Peso del pisón	4.55 kg	Altura de caída del pisón	43.80 cm	Energía de compactación	17.29 (kg cm)/ $cm^3$
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_p + c$ (g)	$w_c + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_p$ (g)	$w_c$ (g)	w (%)
1	579	322.31	313.69	114.54	8.6	199.2	4.3
2	633	296.25	285.61	120.28	10.6	165.3	6.4
3	599	321.84	305.24	114.18	16.6	191.1	8.7
4	639	340.47	318.96	113.94	21.5	205.0	10.5
5	578	379.79	351.41	113.31	28.4	238.1	11.9
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{mh} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mh}$ (kg)	1 / (1+w)	PVH (kg / $m^3$ )	PVS (kg / $m^3$ )		
1	11786	6519	0.96	2022	1938	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 2,010 $kg/m^3$	
2	12014	6747	0.94	2092	1965	Contenido de agua óptimo $w_o = 10.2$ %	
3	12259	6992	0.92	2168	1995		
4	12418	7151	0.91	2218	2008		
5	12279	7012	0.89	2175	1943		
<p>The graph plots dry density (PVS) in <math>kg/m^3</math> on the y-axis (ranging from 1920.0 to 2020.0) against water content (w) in % on the x-axis (ranging from 3 to 13). A blue curve shows the relationship, peaking at approximately 2008 <math>kg/m^3</math> for a water content of 10.2%.</p>							
				Operador	J.J.	Fecha	23/06/2015
				Revisó	L.O.	Fecha	26/06/2015
				Aprobó	M.G.	Fecha	28/06/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
169/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 23/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliete	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 21+530																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro via																												
				Prof. (m)	Base de via																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 22/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	38	28	18	9																												
Cápsula No.		226	236	182	262																												
Peso de la cápsula	g	26.65	28.41	27.27	26.76																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	34.22	35.73	35.51	34.37																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	32.89	34.38	33.95	32.85																												
Contenido de agua	%	21.31	22.61	23.35	24.96																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		205	230	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	19.86	22.24	Peso de la cápsula g																													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	43.23	45.86	Peso suelo húmedo+cápsula g																													
Peso del suelo seco+cápsula	g	40.33	42.92	Peso del suelo seco+cápsula g																													
Contenido de agua	%	14.17	14.22	Contenido de agua %																													
	Promedio	14.2																															
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>D<sup>superior</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>medio</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>inferior</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>promedio</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	D <sup>superior</sup>	cm			D <sup>medio</sup>	cm			D <sup>inferior</sup>	cm			D <sup>promedio</sup>	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
				Altura	cm	inicial	final																										
				D <sup>superior</sup>	cm																												
				D <sup>medio</sup>	cm																												
				D <sup>inferior</sup>	cm																												
				D <sup>promedio</sup>	cm																												
				Volumen	cm <sup>3</sup>																												
Ws	g																																
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Límite líquido</td><td>22.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>14.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>8.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	22.6	%	Límite plástico	14.2	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	8.4	%	Clasificación SUCS	CL														
Límite líquido	22.6	%																															
Límite plástico	14.2	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	8.4	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Operador</td><td>J.S.</td><td>Fecha</td><td>22/06/2015</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L.O.</td><td>Fecha</td><td>23/06/2015</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td><td>Fecha</td><td>23/06/2015</td></tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	22/06/2015	Revisó	L.O.	Fecha	23/06/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	23/06/2015																
Operador	J.S.	Fecha	22/06/2015																														
Revisó	L.O.	Fecha	23/06/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	23/06/2015																														
				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
170/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		<b>FORMA LS-13, Rev. 3</b>	
		FECHA: <b>18/06/2015</b>	
		PAG: 1 DE: 1	
		CONSECUTIVO:	
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.:		Sondeo:	Km 21+530
Obra y sitio:	METRO LÍNEA 12 TRAMO. MEXICALTZINGO-ERMITA	Tipo:	Cala
		Muestra:	1 int. (centro de vía)
		Prof. (m):	---
		Prof. media (m):	---

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA			ARENA				

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	wcilindro + mat =	gr	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	
76.2 (3")	-	-	wcilindro =	19,326	200 g	
50.8 (2")	-	-	wmaterial =	3,392		
38.1 (1 1/2")	-	100.0	Volumen =	15,934		
25.4 (1")	532.00	96.7		9,690		
19.05 (3/4")	812.00	91.6	Altura del cil =	19.90		
12.7 (1/2")	1906.00	79.6	Altura faltante =	0.00		
9.53 (3/8")	1658.00	69.2				
6.35 (1/4")	2353.00	54.4	$\gamma_{ds} =$	1,644		
4.76 (No. 4)	1483.00	45.1	$\gamma_{ds} =$	1,64		
2 (No. 10)	43.47	35.3				
0.84 (No. 20)	24.34	29.8				
0.42 (No. 40)	27.59	23.6				
0.25 (No. 60)	16.81	19.8				
0.149 (No. 100)	19.80	15.3				
0.074 (No. 200)	18.39	11.2				

Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro	
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-
	% Grava	54.9
	% Arena	33.9
	% Finos	11.2

D <sub>10</sub>		C <sub>u</sub>	
D <sub>30</sub>		C <sub>c</sub>	
D <sub>60</sub>			

Clasificación	<b>GC</b>
SUCS	

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	18/06/2015	

Forma LS-13, Rev.3

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
171/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 21+530 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 22/06/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

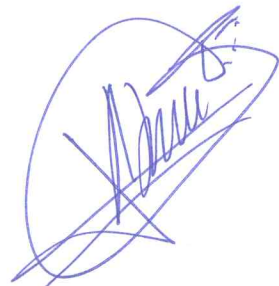
Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	6.00	6.80	6.75	2.30	2.25	33.33	
2	8.00	6.70		2.20			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones



Página  
172/497



**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

Obra: Metro línea 12 Tramo: Mexicalcingo-Ermita  
 Sitio: Km 21+530 (centro de vía)  
 Operador: J. Jimenez  
 Calculó: R. Flores

Muestra: 1-integral  
 Pozo: Cala  
 Prof: Base m  
 Fecha: 22-jun-15

**Datos del molde.**

Número: 27  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde : 9,185.00 g  
 Peso del molde: 5,247.00 g  
 Peso húmedo : 3,938.00 g  
 Peso seco : 3,643.99 g

Agua agregada : 250 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde : 17.74 cm  
 Altura faltante : 5.27 cm  
 Altura material : 12.47 cm

Area del molde: 182.89 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,280.69 cm<sup>3</sup>

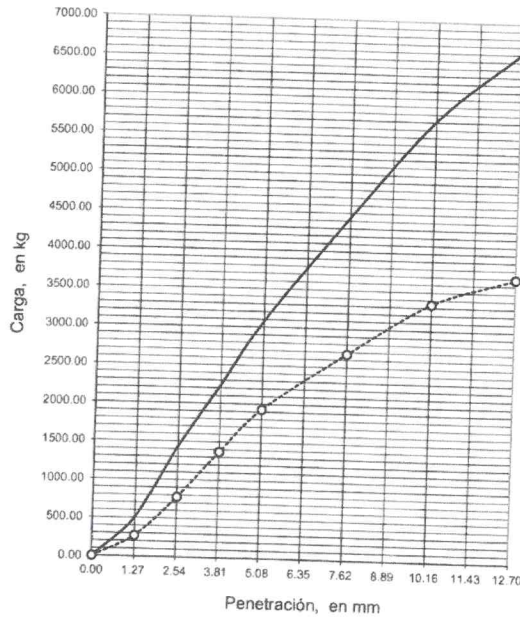
Peso vol. húmedo : 1,727 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso vol. seco : 1,599 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 20  
 Peso de cápsula: 96.2 g  
 Wm + cápsula: 469.09 g  
 Ws + cápsula: 441.25 g  
 Contenido de agua: 8.1 %

**Expansión libre**

6 "  
 Lectura inicial: 4.600 mm  
 Lectura final: 4.600 mm  
 % de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 152 %  
 - - - VRS saturado: 95 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	60	501.0	758.13	39.55	66.1	32	267.20	758.13	39.55	35.2
2.54	172	1436.2	1,347.79	70.31	106.6	93	776.55	1,347.79	70.31	57.6
3.81	268	2237.8	1,768.97	92.28	126.5	164	1,369.40	1,768.97	92.28	77.4
5.08	369	3081.2	2,021.68	105.46	152.4	231	1,928.85	2,021.68	105.46	95.4
7.62	532	4442.2	2,560.79	133.58	173.5	320	2,672.00	2,560.79	133.58	104.3
10.16	684	5711.4	3,099.91	161.71	184.2	400	3,340.00	3,099.91	161.71	107.7
12.70	791	6604.9	3,504.24	182.80	188.5	441	3,682.35	3,504.24	182.80	105.1

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
173/497



**14.2 Resultados de los ensayos pk 21+600**

ADIC INGENIERÍA

**REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+600  
MÉXICO D.F.**

06 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
174/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+600  
MÉXICO D.F.

06 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
175/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 26 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 21+600, del Tramo Mexicaltzingo - Ermita.

En la cala del KM 21+600, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
176/497



- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia LL, LP.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 06 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
177/497

FORMA LS-10, Rev. 2													
FECHA: 01/07/2015													
HOJA 1 DE 1													
CONSECUTIVO:													
CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216													
Cliente			ADIC INGENIERIA			Sondido			Calas				
Contrato No.						Tipo			Calas				
Nombre			METRO LINEA 12			Temperatura			°C				
Equipo			Bascula No. 1			Horno No. 2			Operador				
						110			M.C. 26/06/2015				
									L.O. 01/07/2015				
									M.G. 01/07/2015				
									Aprobo				
DESCRIPCION DEL SUELO													
Muestra	No.	Prof (m)	de	a	Sección	Long (cm)	Cápsula, c		Peso húmedo + c	Peso seco + c	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W
							No.	g					
CALA km 21+600					S		264	107.95	288.07	286.15	11.92	178.20	7
Centro de vía					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								
					I								
					S								





ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																																																																																								
ASTM D-422																																																																																								
Cliente	ADIC INGENIERIA		Datos muestra:																																																																																					
Contrato No.			Sondeo																																																																																					
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA		km 21+600																																																																																					
			Tipo																																																																																					
			Cala																																																																																					
			Muestra																																																																																					
			Centro de vía																																																																																					
			Base																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">GUJARROS</td> <td style="width: 12.5%;">GRUESA</td> <td style="width: 12.5%;">FINA</td> <td style="width: 12.5%;">GRUESA</td> <td style="width: 12.5%;">MEDIA</td> <td style="width: 12.5%;">FINA</td> <td style="width: 25%;">LIMO</td> <td style="width: 10%;">ARCILLA</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">GRAVA</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">ARENA</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				GUJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA	GRAVA			ARENA																																																																									
GUJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																																																																	
GRAVA			ARENA																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> <th colspan="2">Sedimentación</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partículas (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>% pasa</th> <th>Tam. partículas mm</th> <th>% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>50.45</td><td>97.3</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>39.31</td><td>95.2</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>167.00</td><td>86.4</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>135.73</td><td>79.2</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>333.35</td><td>61.5</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4.76 (No.4)</td><td>250.09</td><td>48.3</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>2 (No.10)</td><td>316.23</td><td>31.5</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.84 (No.20)</td><td>98.92</td><td>26.3</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.42 (No.40)</td><td>97.62</td><td>21.1</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.25 (No.60)</td><td>71.05</td><td>17.4</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.149 (No.100)</td><td>69.75</td><td>13.7</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.074 (No.200)</td><td>73.87</td><td>9.7</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>				Mallas			Sedimentación		Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa	76.2 (3")	-	-	-	-	50.8 (2")	-	-	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-	25.4 (1")	50.45	97.3	-	-	19.05 (3/4")	39.31	95.2	-	-	12.7 (1/2")	167.00	86.4	-	-	9.53 (3/8")	135.73	79.2	-	-	6.35 (1/4")	333.35	61.5	-	-	4.76 (No.4)	250.09	48.3	-	-	2 (No.10)	316.23	31.5	-	-	0.84 (No.20)	98.92	26.3	-	-	0.42 (No.40)	97.62	21.1	-	-	0.25 (No.60)	71.05	17.4	-	-	0.149 (No.100)	69.75	13.7	-	-	0.074 (No.200)	73.87	9.7	-	-
Mallas			Sedimentación																																																																																					
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa																																																																																				
76.2 (3")	-	-	-	-																																																																																				
50.8 (2")	-	-	-	-																																																																																				
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-																																																																																				
25.4 (1")	50.45	97.3	-	-																																																																																				
19.05 (3/4")	39.31	95.2	-	-																																																																																				
12.7 (1/2")	167.00	86.4	-	-																																																																																				
9.53 (3/8")	135.73	79.2	-	-																																																																																				
6.35 (1/4")	333.35	61.5	-	-																																																																																				
4.76 (No.4)	250.09	48.3	-	-																																																																																				
2 (No.10)	316.23	31.5	-	-																																																																																				
0.84 (No.20)	98.92	26.3	-	-																																																																																				
0.42 (No.40)	97.62	21.1	-	-																																																																																				
0.25 (No.60)	71.05	17.4	-	-																																																																																				
0.149 (No.100)	69.75	13.7	-	-																																																																																				
0.074 (No.200)	73.87	9.7	-	-																																																																																				
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Cápsula No.</td><td>10R</td></tr> <tr><td>Cáp. + muestra seca</td><td>1902.94</td></tr> <tr><td>Peso de la muestra</td><td>1887.35</td></tr> </table>		Cápsula No.	10R	Cáp. + muestra seca	1902.94	Peso de la muestra	1887.35																																																																															
Cápsula No.	10R																																																																																							
Cáp. + muestra seca	1902.94																																																																																							
Peso de la muestra	1887.35																																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Descripción del suelo</td><td colspan="3">Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td></tr> <tr><td>Preparación / Pretratamiento</td><td colspan="3">según ASTM D422</td></tr> <tr><td rowspan="4">Proporciones de la muestra</td><td>Gujarros / boleos</td><td colspan="2">-</td></tr> <tr><td>% Grava</td><td colspan="2">51.70</td></tr> <tr><td>% Arena</td><td colspan="2">38.60</td></tr> <tr><td>% Finos</td><td colspan="2">9.70</td></tr> </table>		Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café			Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422			Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-		% Grava	51.70		% Arena	38.60		% Finos	9.70																																																																	
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																																																																																							
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422																																																																																							
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-																																																																																						
	% Grava	51.70																																																																																						
	% Arena	38.60																																																																																						
	% Finos	9.70																																																																																						
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>D<sub>10</sub></td><td>0.08</td><td>C<sub>u</sub></td><td>77.1</td></tr> <tr><td>D<sub>30</sub></td><td>1.67</td><td>C<sub>c</sub></td><td>5.7</td></tr> <tr><td>D<sub>60</sub></td><td>6.17</td><td colspan="2"></td></tr> </table>		D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	77.1	D <sub>30</sub>	1.67	C <sub>c</sub>	5.7	D <sub>60</sub>	6.17																																																																											
D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	77.1																																																																																					
D <sub>30</sub>	1.67	C <sub>c</sub>	5.7																																																																																					
D <sub>60</sub>	6.17																																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Clasificación</td><td colspan="3" style="text-align: center;"><b>G</b></td></tr> <tr><td>SUCS</td><td colspan="3" style="text-align: center;"><b>MAL GRADUADA (P)</b></td></tr> </table>		Clasificación	<b>G</b>			SUCS	<b>MAL GRADUADA (P)</b>																																																																															
Clasificación	<b>G</b>																																																																																							
SUCS	<b>MAL GRADUADA (P)</b>																																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Operador</td><td>I.C.</td><td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">hoja 1 de 1</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L.O.</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td></tr> <tr><td>Fecha</td><td>02/07/2015</td></tr> </table>		Operador	I.C.	hoja 1 de 1	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	02/07/2015																																																																												
Operador	I.C.	hoja 1 de 1																																																																																						
Revisó	L.O.																																																																																							
Aprobó	M.G.																																																																																							
Fecha	02/07/2015																																																																																							

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
180/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318						FECHA: 06/07/2015																											
						PÁGINA: 1 DE 1																											
Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No: Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA				Datos muestra:																													
				Sondeo: km 21+600																													
				Tipo: Cala																													
				Muestra: Centro vía																													
				Prof. (m): Base de vía																													
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina				Fecha de ejecución: 03/07/2015																													
Equipo de prueba		Copa No. 1	Malla de referencia: No. 40		Horno No. 1																												
			Báscula No. 1		Temp. de secado: 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4																											
Número de golpes		N	42	32	21	9																											
Cápsula No.			281	301	250	253																											
Peso de la cápsula		g	26.92	25.29	31.20	31.43																											
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	33.89	34.91	40.00	40.94																											
Peso del suelo seco+cápsula		g	32.47	32.90	38.10	38.72																											
Contenido de agua		%	25.59	26.41	27.54	30.45																											
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																												
Cápsula No.			299	230	Cápsula No.																												
Peso de la cápsula		g	25.79	22.24	Peso de la cápsula g																												
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	48.90	42.88	Peso suelo húmedo+cápsula g																												
Peso del suelo seco+cápsula		g	46.09	40.38	Peso del suelo seco+cápsula g																												
Contenido de agua		%	13.84	13.78	Contenido de agua %																												
		Promedio	13.8																														
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm³</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm³			Ws	g		
				Altura	cm	inicial	final																										
				Dsuperior	cm																												
				Dmedio	cm																												
				Dinferior	cm																												
				Dpromedio	cm																												
				Volumen	cm³																												
				Ws	g																												
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Límite líquido</td><td>27.3</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>13.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>13.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	27.3	%	Límite plástico	13.8	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	13.5	%	Clasificación SUCS	CL														
				Límite líquido	27.3	%																											
Límite plástico	13.8	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	13.5	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Operador</td><td>J.S.</td><td>Fecha</td><td>03/07/2015</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L. O.</td><td>Fecha</td><td>06/07/2015</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td><td>Fecha</td><td>06/07/2015</td></tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	03/07/2015	Revisó	L. O.	Fecha	06/07/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	06/07/2015																				
Operador	J.S.	Fecha	03/07/2015																														
Revisó	L. O.	Fecha	06/07/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	06/07/2015																														
hoja 1 de 1																																	

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
181/497

**14.3 Resultados de los ensayos pk 21+750**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+750

MÉXICO D.F.

06 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
182/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 21+750

MÉXICO D.F.

06 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
183/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 13 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 21+750, del Tramo Mexicaltzingo-Ermita.

En la cala del KM 21+750, Centro de vía, no se realizó prueba en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena, porque el material estaba saturado; al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
184/497

- a) Clasificación visual y al tacto
- b) Contenido natural de agua w.
- c) Límites de consistencia LL, LP.
- d) Granulometría por mallas.
- e) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C.  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 06 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
185/497



**FORMA LS-10, Rev. 2**

**CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216**

FECHA: 18/06/2015  
HOJA: 1 DE 1  
CONSECUTIVO:

Ciente	ADIC INGENIERIA		Sondeo	Cajas
Contrato No.			Tipo	Cajas
Nombre	METRO LINEA 12		Temperatura	°C
Equipo	TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA		110	
	Báscula No.	1	Horno No.	2

No.	Muestra	Prof (m)	Sección	Long (cm)	Capsula, c		Peso húmedo + c	Peso seco + c	w <sub>w</sub>	w <sub>s</sub>	w <sub>c</sub>	w
					No.	g						
	CALA km 21+750		S		588	119.77	380.01	354.36	25.65	234.69		11
	Centro de via		I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									
			I									
			S									

		<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				FORMA LP-02, Rev. 1	
						FECHA: 02/07/2015	
						HOJA: 1 DE 1	
						CONSECUTIVO:	
Cliente: ADIC INGENIERIA						Datos muestra:	
Contrato No.:						Sondeo: KM 21+750	
Nombre: METRO LÍNEA 12						Tipo: CALA	
TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA						Muestra: Centro via	
						Prof. (m):	
						Prof. media (m):	
Descripción del suelo:		Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café				Fecha de ejecución: 02/07/2015	
Equipo de prueba:		Molde No.:	1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ :	3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N:	56
				Peso del cilindro $W_{cil}$ :	5267.00 g	Número de capas n:	5
		Peso del pisón:	4.55 kg	Altura de caída del pisón:	45.60 cm	Energía de compactación:	18 03 (kg cm)/ $cm^3$
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_s + c$ (g)	$w_c + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	707	385.62	379.14	120.14	6.5	259.0	2.5
2	717	383.56	372.28	121.36	11.3	250.9	4.5
3	649	394.44	378.35	129.42	16.1	248.9	6.5
4	645	354.75	337.59	122.27	17.2	215.3	8.0
5	629	390.19	364.05	119.84	26.1	244.2	10.7
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{m} + W_{cil}$ (kg)	$W_m$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / $m^3$ )	PVS (kg / $m^3$ )		
1	11400	6133	0.98	1902	1856	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 1.980 $kg/m^3$	
2	11700	6433	0.96	1995	1909	Contenido de agua óptimo $w_o = 7.6$ %	
3	11970	6703	0.94	2079	1953		
4	12148	6881	0.93	2134	1976		
5	11938	6671	0.90	2069	1869		
				Operador:	J.J.	Fecha:	02/07/2015
				Revisó:	L.O.	Fecha:	05/07/2015
				Aprobó:	M.G.	Fecha:	05/07/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
187/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015	
				PÁGINA: 1 DE 1	
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:	
Contrato No				Sondeo	km 21+750
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala
				Muestra	Centro via
				Prof. (m)	Base de via
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 24/06/2015	
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1
			Báscula No.	1	Temp. de secado
					110 °C
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4
Número de golpes	N	40	30	19	9
Cápsula No.		274	250	280	239
Peso de la cápsula	g	26.58	31.20	31.91	31.54
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	35.81	41.05	41.43	40.39
Peso del suelo seco+cápsula	g	33.81	38.87	39.26	38.23
Contenido de agua	%	27.66	28.50	29.52	32.29
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	
Cápsula No.		180	317	Cápsula No.	
Peso de la cápsula	g	26.05	25.67	Peso de la cápsula g	
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	48.23	46.95	Peso suelo húmedo+cápsula g	
Peso del suelo seco+cápsula	g	44.85	43.70	Peso del suelo seco+cápsula g	
Contenido de agua	%	17.98	18.03	Contenido de agua %	
	Promedio	18.0			
	Altura	cm	inicial	final	
	D <sub>superior</sub>	cm			
	D <sub>medio</sub>	cm			
	D <sub>inferior</sub>	cm			
	D <sub>promedio</sub>	cm			
	Volumen	cm <sup>3</sup>			
	Ws	g			
	<b>Límite líquido</b>		<b>29.1</b>	%	
	<b>Límite plástico</b>		<b>18.0</b>	%	
	<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%	
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>11.1</b>	%		
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>			
Operador	J.S.	Fecha	24/06/2015		
Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015		
Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015		
hoja 1 de 1					

Forma LS-11, Rev 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
188/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3																																																																						
		FECHA: 20/06/2015																																																																						
		PAG: 1 DE: 1																																																																						
		CONSECUTIVO:																																																																						
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:																																																																						
Contrato No.:		Sondeo:	Km 21+750																																																																					
Obra y sitio:	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA	Tipo:	Cala																																																																					
		Muestra:	1 int. (centro de vía)																																																																					
		Prof. (m):	---																																																																					
		Prof. media (m):	---																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">GUIJARROS</td> <td style="width: 10%;">GRUESA</td> <td style="width: 10%;">FINA</td> <td style="width: 10%;">GRUESA</td> <td style="width: 10%;">MEDIA</td> <td style="width: 10%;">FINA</td> <td style="width: 20%;">LIMO</td> <td style="width: 15%;">ARCILLA</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">GRAVA ARENA</td> </tr> </table>		GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA	GRAVA ARENA																																																														
GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																																																	
GRAVA ARENA																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partícula (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>107.00</td><td>99.3</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>484.00</td><td>96.2</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>1537.00</td><td>86.4</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>2337.00</td><td>71.4</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>2067.00</td><td>58.2</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>2582.00</td><td>41.7</td></tr> <tr><td>4.76 (No. 4)</td><td>1187.00</td><td>34.1</td></tr> <tr><td>2 (No. 10)</td><td>57.27</td><td>24.3</td></tr> <tr><td>0.84 (No. 20)</td><td>29.18</td><td>19.4</td></tr> <tr><td>0.42 (No. 40)</td><td>23.48</td><td>15.4</td></tr> <tr><td>0.25 (No. 60)</td><td>14.74</td><td>12.8</td></tr> <tr><td>0.149 (No. 100)</td><td>16.18</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>0.074 (No. 200)</td><td>14.63</td><td>7.6</td></tr> </tbody> </table>		Mallas			Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	%	76.2 (3")	-	-	50.8 (2")	-	100.0	38.1 (1 1/2")	107.00	99.3	25.4 (1")	484.00	96.2	19.05 (3/4")	1537.00	86.4	12.7 (1/2")	2337.00	71.4	9.53 (3/8")	2067.00	58.2	6.35 (1/4")	2582.00	41.7	4.76 (No. 4)	1187.00	34.1	2 (No. 10)	57.27	24.3	0.84 (No. 20)	29.18	19.4	0.42 (No. 40)	23.48	15.4	0.25 (No. 60)	14.74	12.8	0.149 (No. 100)	16.18	10.1	0.074 (No. 200)	14.63	7.6	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO</th> </tr> <tr> <td>wcilindro + mat =</td> <td>19,027 gr</td> </tr> <tr> <td>wcilindro =</td> <td>3,362 gr</td> </tr> <tr> <td>wmaterial =</td> <td>15,635 gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen =</td> <td>9,690 cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Altura del cil =</td> <td>19.90 cm</td> </tr> <tr> <td>Altura faltante =</td> <td>0.00 cm</td> </tr> <tr> <td>Y<sub>ds</sub> =</td> <td>1.614 kg/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Y<sub>de</sub> =</td> <td>1.61 g/cm<sup>3</sup></td> </tr> </table>		DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		wcilindro + mat =	19,027 gr	wcilindro =	3,362 gr	wmaterial =	15,635 gr	Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>	Altura del cil =	19.90 cm	Altura faltante =	0.00 cm	Y <sub>ds</sub> =	1.614 kg/cm <sup>3</sup>	Y <sub>de</sub> =	1.61 g/cm <sup>3</sup>
Mallas																																																																								
Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	%																																																																						
76.2 (3")	-	-																																																																						
50.8 (2")	-	100.0																																																																						
38.1 (1 1/2")	107.00	99.3																																																																						
25.4 (1")	484.00	96.2																																																																						
19.05 (3/4")	1537.00	86.4																																																																						
12.7 (1/2")	2337.00	71.4																																																																						
9.53 (3/8")	2067.00	58.2																																																																						
6.35 (1/4")	2582.00	41.7																																																																						
4.76 (No. 4)	1187.00	34.1																																																																						
2 (No. 10)	57.27	24.3																																																																						
0.84 (No. 20)	29.18	19.4																																																																						
0.42 (No. 40)	23.48	15.4																																																																						
0.25 (No. 60)	14.74	12.8																																																																						
0.149 (No. 100)	16.18	10.1																																																																						
0.074 (No. 200)	14.63	7.6																																																																						
DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO																																																																								
wcilindro + mat =	19,027 gr																																																																							
wcilindro =	3,362 gr																																																																							
wmaterial =	15,635 gr																																																																							
Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>																																																																							
Altura del cil =	19.90 cm																																																																							
Altura faltante =	0.00 cm																																																																							
Y <sub>ds</sub> =	1.614 kg/cm <sup>3</sup>																																																																							
Y <sub>de</sub> =	1.61 g/cm <sup>3</sup>																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Peso de la muestra usado hasta la malla No 4</td> <td>15835 g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra usado después de la malla No. 4</td> <td>200 g</td> </tr> </table>		Peso de la muestra usado hasta la malla No 4	15835 g	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td colspan="2">Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td colspan="2">según SRH (1970)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Gujarras / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td>65.9</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td>26.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>%Finos</td> <td>7.6</td> </tr> </table>		Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)		Proporciones de la muestra	Gujarras / boleos	-	% Grava	65.9	% Arena	26.5			%Finos	7.6																																																
		Peso de la muestra usado hasta la malla No 4	15835 g																																																																					
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g																																																																							
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																																																																							
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)																																																																							
Proporciones de la muestra	Gujarras / boleos	-																																																																						
	% Grava	65.9																																																																						
	% Arena	26.5																																																																						
		%Finos	7.6																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>D<sub>10</sub></td> <td>0.15</td> <td rowspan="2">C<sub>u</sub></td> <td rowspan="2">66.40</td> </tr> <tr> <td>D<sub>30</sub></td> <td>3.61</td> </tr> <tr> <td>D<sub>60</sub></td> <td>9.96</td> <td>C<sub>c</sub></td> <td>8.7</td> </tr> </table>		D <sub>10</sub>	0.15	C <sub>u</sub>	66.40	D <sub>30</sub>	3.61	D <sub>60</sub>	9.96	C <sub>c</sub>	8.7	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Clasificación</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">GP</td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> </tr> </table>		Clasificación	GP	SUCS																																																								
		D <sub>10</sub>	0.15			C <sub>u</sub>	66.40																																																																	
D <sub>30</sub>	3.61																																																																							
D <sub>60</sub>	9.96	C <sub>c</sub>	8.7																																																																					
Clasificación	GP																																																																							
SUCS																																																																								
		Operador:	J.J.	hoja 1 de 1																																																																				
		Reviso:	L.O.																																																																					
		Aprobo:	M.C.																																																																					
		Fecha:	20/06/2015																																																																					

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
189/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

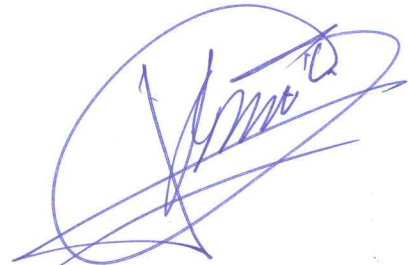
Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 21+750 (centro via)	Muestra: Integral	Profundidad: Base de via	Fecha: 29/06/2015	Operador: J.J.			
				Aprobó: M.G.			
Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	6.00	6.50	6.65	2.30	2.35	35.34	
2	8.00	6.80		2.40			

Sondeo:	Muestra:	Profundidad:	Fecha:	Operador:			
				Aprobó:			
Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo:	Muestra:	Profundidad:	Fecha:	Operador:			
				Aprobó:			
Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones




**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Mexicaltzingo-Ermita  
**Sitio:** Km 21+750 (centro de vía)  
**Operador:** J. Jimenez  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 03-jul-15

**Datos del molde.**

Número: 27  
Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde : 9,185.00 g  
Peso del molde: 4,798.00 g  
Peso húmedo : 4,387.00 g  
Peso seco : 4,086.37 g

Agua agregada : 300 cm<sup>3</sup>  
Altura molde : 17.74 cm  
Altura faltante : 6.07 cm  
Altura material : 11.67 cm

Area del molde: 182.89 cm<sup>2</sup>  
Volumen del molde: 2,134.37 cm<sup>3</sup>

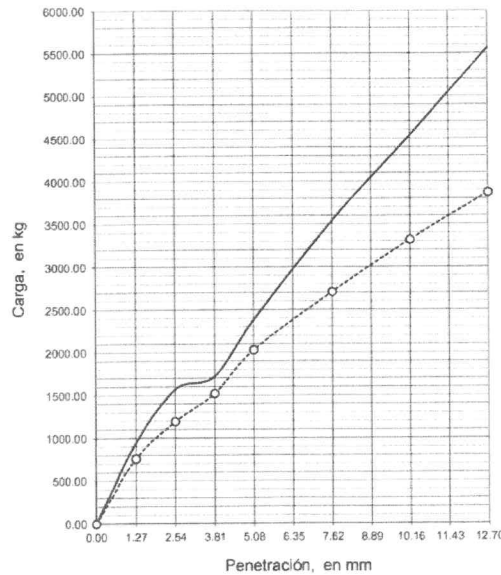
**Peso vol. húmedo :** 2,055 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco :** 1,921 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 15  
Peso de cápsula: 71.45 g  
Wm + cápsula: 450.13 g  
Ws + cápsula: 424.18 g  
Contenido de agua: 7.4 %

**Expansión libre**

6 "  
Lectura inicial: 3.200 mm  
Lectura final: 3.200 mm  
% de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 124 %  
- - - VRS saturado: 100 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	113	943.6	758.13	39.55	124.5	91	759.85	758.13	39.55	100.2
2.54	188	1569.8	1,347.79	70.31	116.5	143	1,194.05	1,347.79	70.31	88.6
3.81	206	1720.1	1,768.97	92.28	97.2	182	1,519.70	1,768.97	92.28	85.9
5.08	285	2379.8	2,021.68	105.46	117.7	243	2,029.05	2,021.68	105.46	100.4
7.62	424	3540.4	2,560.79	133.58	138.3	324	2,705.40	2,560.79	133.58	105.6
10.16	543	4534.1	3,099.91	161.71	146.3	397	3,314.95	3,099.91	161.71	106.9
12.70	666	5561.1	3,504.24	182.80	158.7	463	3,866.05	3,504.24	182.80	110.3

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
191/497



**14.4 Resultados de los ensayos pk 22+050**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+050  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
192/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+050  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
193/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 16 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 22+050, del Tramo Mexicaltzingo-Ermita.

En la cala del KM 22+050, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX  
INF-1

07/07/2015

Página  
194/497



- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL, LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 30 de junio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email. geotec@prodigy.net.mx



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
195/497







ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																									
ASTM D-422																									
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																					
Contrato No.				Sondeo	km 22+050																				
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala																				
				Muestra	Centro de vía																				
				Prof. (m)	Base																				
GUIJARROS		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																	
		GRAVA		ARENA																					
Mallas			Sedimentación																						
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas (mm)	% pasa																					
76.2 (3")	-	-	-	-																					
50.8 (2")	-	-	-	-																					
38.1 (1 1/2")	-	-	-	-																					
25.4 (1")	-	100.0	-	-																					
19.05 (3/4")	11.78	99.2	-	-																					
12.7 (1/2")	165.92	87.6	-	-																					
9.53 (3/8")	119.44	79.3	-	-																					
6.35 (1/4")	280.05	59.8	-	-																					
4.76 (No.4)	156.17	48.9	-	-																					
2 (No.10)	211.34	34.2	-	-																					
0.84 (No.20)	84.63	28.3	-	-																					
0.42 (No.40)	86.71	22.3	-	-																					
0.25 (No.60)	55.60	18.4	-	-																					
0.149 (No.100)	49.63	15.0	-	-																					
0.074 (No.200)	27.43	13.1	-	-																					
						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cápsula No.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Cáp. + muestra seca</td> <td>1582.45</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>1436.24</td> </tr> </table>			Cápsula No.	5	Cáp. + muestra seca	1582.45	Peso de la muestra	1436.24											
Cápsula No.	5																								
Cáp. + muestra seca	1582.45																								
Peso de la muestra	1436.24																								
						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td colspan="2">Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td colspan="2">según ASTM D422</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Guijarros / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td>51.10</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td>35.80</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>%Finos</td> <td>13.10</td> </tr> </table>			Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422		Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	% Grava	51.10	% Arena	35.80			%Finos	13.10
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																								
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422																								
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-																							
	% Grava	51.10																							
	% Arena	35.80																							
		%Finos	13.10																						
						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>D10</td> <td></td> <td>Cu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D30</td> <td></td> <td>Cc</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D60</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			D10		Cu		D30		Cc		D60								
D10		Cu																							
D30		Cc																							
D60																									
						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td style="text-align: center;"><b>G</b></td> </tr> </table>			Clasificación SUCS	<b>G</b>															
Clasificación SUCS	<b>G</b>																								
						<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>I.C.</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">hoja 1 de 1</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>22/06/2015</td> </tr> </table>			Operador	I.C.	hoja 1 de 1	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	22/06/2015								
Operador	I.C.	hoja 1 de 1																							
Revisó	L.O.																								
Aprobó	M.G.																								
Fecha	22/06/2015																								

Forma LS-12, Rev.2

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
198/497

<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				<b>FORMA LP-02, Rev. 1</b>			
				FECHA: <b>23/06/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Ciente:	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:			
Contrato No.				Sondeo	KM 22+050		
Nombre:	METRO LINEA 12			Tipo	CALA		
	TRAMO. MEXICALTZINGO-ERMITA			Muestra	Centro via		
				Prof. (m)			
				Prof. media (m)			
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café					Fecha de ejecución	
						23/06/2015	
Equipo de prueba	Molde No.	1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ :	3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N:	56	
			Peso del cilindro $W_{cil}$ :	5267.00 g	Número de capas n:	5	
	Peso del pisón	4.55 kg	Altura de caída del pisón	43.80 cm	Energía de compactación	17.29 $(kg\ cm)/cm^3$	
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_s + c$ (g)	$w_c + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	552	359.18	353.15	118.54	6.0	234.6	2.6
2	553	305.95	297.99	114.66	8.0	183.3	4.3
3	647	300.03	289.35	122.42	10.7	166.9	6.4
4	811	310.58	296.04	120.84	14.5	175.2	8.3
5	601	393.31	365.64	118.78	27.7	246.9	11.2
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{moh} + W_{cil}$ (kg)	$W_{moh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH $(kg / m^3)$	PVS $(kg / m^3)$		
1	11435	6168	0.97	1913	1865	Peso volumétrico seco máximo	
2	11712	6445	0.96	1999	1916	PVSM = <u>1,957</u> $kg/m^3$	
3	11970	6703	0.94	2079	1954	Contenido de agua óptimo	
4	12078	6811	0.92	2112	1950	$w_o =$ <u>7</u> %	
5	12112	6845	0.90	2123	1909		
<p>The graph plots 'Peso volumétrico seco, PVS, en <math>kg/m^3</math>' on the y-axis (ranging from 1820.0 to 2000.0) against 'Contenido de agua, w, en %' on the x-axis (ranging from 0 to 12). Five data points are plotted, showing a parabolic curve that peaks at approximately 1957 <math>kg/m^3</math> at 7% water content.</p>							
				Operador	J.J.	Fecha	23/06/2015
				Revisó	L.O.	Fecha	26/06/2015
				Aprobó	M.G.	Fecha	26/06/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-11/9-IVA-  
INF-1

07/07/2015

Página  
199/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 24/06/2015	
				PÁGINA: 1 DE 1	
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:	
Contrato No				Sondeo	km 22+050
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala
				Muestra	Centro vía
				Prof. (m)	Base de vía
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 22/06/2015	
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1
			Báscula No.	1	Temp. de secado
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
	Prueba No.	1	2	3	4
Número de golpes	N	40	29	18	9
Cápsula No.		227	286	318	186
Peso de la cápsula	g	26.74	32.12	25.08	26.45
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	34.41	39.27	33.04	33.97
Peso del suelo seco+cápsula	g	33.06	37.95	31.49	32.39
Contenido de agua	%	21.36	22.64	24.18	26.50
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	
Cápsula No.		331	184	Cápsula No.	
Peso de la cápsula	g	25.94	23.24	Peso de la cápsula g	
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	44.83	42.04	Peso suelo húmedo+cápsula g	
Peso del suelo seco+cápsula	g	42.63	39.85	Peso del suelo seco+cápsula g	
Contenido de agua	%	13.18	13.18	Contenido de agua %	
	Promedio	13.2			
	Altura	cm	inicial	final	
	Dsuperior	cm			
	Dmedio	cm			
	Dinferior	cm			
	Dpromedio	cm			
	Volumen	cm³			
	Ws	g			
	<b>Límite líquido</b>		<b>23.2</b>	%	
	<b>Límite plástico</b>		<b>13.2</b>	%	
	<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%	
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>10.0</b>	%		
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>			
Operator	J.S.	Fecha	22/06/2015		
Revisó	L. O.	Fecha	24/06/2015		
Aprobó	M.G.	Fecha	24/06/2015		
hoja 1 de 1					

Forma LS-11, Rev.2

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
200/497



		<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>				FORMA LS-13, Rev. 3																																																																																																								
				FECHA: 23/06/2015		PAG: 1 DE: 1																																																																																																								
				CONSECUTIVO:		Datos muestra:																																																																																																								
		Cliente: ADIC INGENIERIA		Sondeo: Km 22+050		Tipo: Cala																																																																																																								
Contrato No.:		Muestra: 1 int. (centro de vía)		Prof. (m): ---		Prof. media (m): ---																																																																																																								
Obra y sitio:		METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA																																																																																																												
		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA																																																																																																								
GUIJARROS		GRAVA		ARENA		LIMO	ARCILLA																																																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partícula (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>110.00</td><td>99.3</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>769.00</td><td>94.2</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>1735.00</td><td>82.8</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>1546.00</td><td>72.6</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>2140.00</td><td>58.6</td></tr> <tr><td>4.76 (No. 4)</td><td>1499.00</td><td>49.3</td></tr> <tr><td>2 (No. 10)</td><td>37.22</td><td>40.1</td></tr> <tr><td>0.84 (No. 20)</td><td>30.49</td><td>32.6</td></tr> <tr><td>0.42 (No. 40)</td><td>30.19</td><td>25.2</td></tr> <tr><td>0.25 (No. 60)</td><td>19.96</td><td>20.2</td></tr> <tr><td>0.149 (No. 100)</td><td>21.02</td><td>15.1</td></tr> <tr><td>0.074 (No. 200)</td><td>17.85</td><td>10.7</td></tr> </tbody> </table>		Mallas			Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	76.2 (3")	-	-	50.8 (2")	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	25.4 (1")	110.00	99.3	19.05 (3/4")	769.00	94.2	12.7 (1/2")	1735.00	82.8	9.53 (3/8")	1546.00	72.6	6.35 (1/4")	2140.00	58.6	4.76 (No. 4)	1499.00	49.3	2 (No. 10)	37.22	40.1	0.84 (No. 20)	30.49	32.6	0.42 (No. 40)	30.19	25.2	0.25 (No. 60)	19.96	20.2	0.149 (No. 100)	21.02	15.1	0.074 (No. 200)	17.85	10.7	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>wcilindro + mat =</td><td>18.594 gr</td></tr> <tr><td>wcilindro =</td><td>3.392 gr</td></tr> <tr><td>wmaterial =</td><td>15.202 gr</td></tr> <tr><td>Volumen =</td><td>9.690 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Altura del cil =</td><td>19.90 cm</td></tr> <tr><td>Altura faltante =</td><td>0.00 cm</td></tr> <tr><td>γ<sub>sat</sub> =</td><td>1.569 kg/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>γ<sub>ds</sub> =</td><td>1.57 g/cm<sup>3</sup></td></tr> </tbody> </table>		DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		wcilindro + mat =	18.594 gr	wcilindro =	3.392 gr	wmaterial =	15.202 gr	Volumen =	9.690 cm <sup>3</sup>	Altura del cil =	19.90 cm	Altura faltante =	0.00 cm	γ <sub>sat</sub> =	1.569 kg/cm <sup>3</sup>	γ <sub>ds</sub> =	1.57 g/cm <sup>3</sup>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4</td><td>15202 g</td></tr> <tr><td>Peso de la muestra usado después de la malla No. 4</td><td>200 g</td></tr> <tr><td>Descripción del suelo</td><td>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td></tr> <tr><td>Preparación / Pretratamiento</td><td>según SRH (1970)</td></tr> <tr><td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td><td>Guijarros / boleos</td><td>-</td></tr> <tr><td>% Grava</td><td>50.7</td></tr> <tr><td>% Arena</td><td>38.6</td></tr> <tr><td></td><td>%Finos</td><td>10.7</td></tr> <tr><td>D<sub>10</sub></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>30</sub></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>60</sub></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C<sub>u</sub></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C<sub>c</sub></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>GC</b></td></tr> </tbody> </table>		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15202 g	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café	Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	% Grava	50.7	% Arena	38.6		%Finos	10.7	D <sub>10</sub>			D <sub>30</sub>			D <sub>60</sub>			C <sub>u</sub>			C <sub>c</sub>			Clasificación SUCS	<b>GC</b>	
Mallas																																																																																																														
Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	% pasa																																																																																																												
76.2 (3")	-	-																																																																																																												
50.8 (2")	-	-																																																																																																												
38.1 (1 1/2")	-	100.0																																																																																																												
25.4 (1")	110.00	99.3																																																																																																												
19.05 (3/4")	769.00	94.2																																																																																																												
12.7 (1/2")	1735.00	82.8																																																																																																												
9.53 (3/8")	1546.00	72.6																																																																																																												
6.35 (1/4")	2140.00	58.6																																																																																																												
4.76 (No. 4)	1499.00	49.3																																																																																																												
2 (No. 10)	37.22	40.1																																																																																																												
0.84 (No. 20)	30.49	32.6																																																																																																												
0.42 (No. 40)	30.19	25.2																																																																																																												
0.25 (No. 60)	19.96	20.2																																																																																																												
0.149 (No. 100)	21.02	15.1																																																																																																												
0.074 (No. 200)	17.85	10.7																																																																																																												
DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO																																																																																																														
wcilindro + mat =	18.594 gr																																																																																																													
wcilindro =	3.392 gr																																																																																																													
wmaterial =	15.202 gr																																																																																																													
Volumen =	9.690 cm <sup>3</sup>																																																																																																													
Altura del cil =	19.90 cm																																																																																																													
Altura faltante =	0.00 cm																																																																																																													
γ <sub>sat</sub> =	1.569 kg/cm <sup>3</sup>																																																																																																													
γ <sub>ds</sub> =	1.57 g/cm <sup>3</sup>																																																																																																													
Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15202 g																																																																																																													
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g																																																																																																													
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																																																																																																													
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)																																																																																																													
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-																																																																																																												
	% Grava	50.7																																																																																																												
	% Arena	38.6																																																																																																												
	%Finos	10.7																																																																																																												
D <sub>10</sub>																																																																																																														
D <sub>30</sub>																																																																																																														
D <sub>60</sub>																																																																																																														
C <sub>u</sub>																																																																																																														
C <sub>c</sub>																																																																																																														
Clasificación SUCS	<b>GC</b>																																																																																																													
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Operador:</td><td>J.J.</td></tr> <tr><td>Revisó:</td><td>L.O.</td></tr> <tr><td>Aprobó:</td><td>M.G.</td></tr> <tr><td>Fecha:</td><td>23/06/2015</td></tr> </tbody> </table>		Operador:	J.J.	Revisó:	L.O.	Aprobó:	M.G.	Fecha:	23/06/2015	hoja 1 de 1																																																																																																
Operador:	J.J.																																																																																																													
Revisó:	L.O.																																																																																																													
Aprobó:	M.G.																																																																																																													
Fecha:	23/06/2015																																																																																																													

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
201/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Ciliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 22+050 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 22/06/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	6.00	7.40	7.2	2.10	2.1	29.17	
2	8.00	7.00		2.10			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones





**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Mexicaltzingo-Ermita  
**Sitio:** Km 22+050 (centro de vía)  
**Operador:** J. Jimenez  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 24-jun-15

**Datos del molde.**

**Número:** 2  
**Diámetro:** 6 pulg

**Datos del anillo.**

**Constante:** 8.35

**Datos de la prueba.**

**Peso mat + molde:** 9,460.00 g  
**Peso del molde:** 5,030.00 g  
**Peso húmedo:** 4,430.00 g  
**Peso seco:** 4,044.98 g

**Agua agregada:** 350 cm<sup>3</sup>  
**Altura molde:** 17.76 cm  
**Altura faltante:** 6.24 cm  
**Altura material:** 11.52 cm

**Area del molde:** 181.70 cm<sup>2</sup>  
**Volumen del molde:** 2,093.15 cm<sup>3</sup>

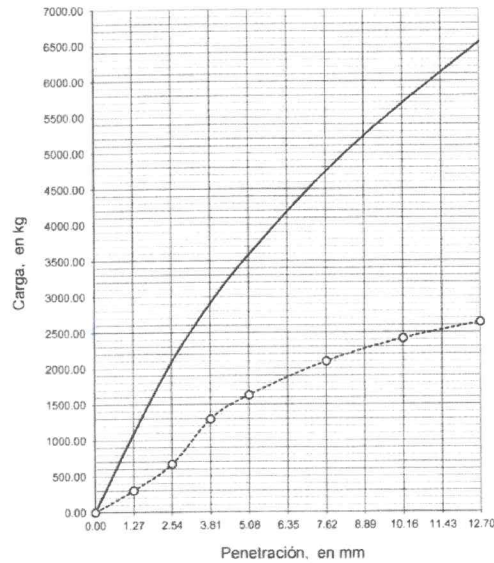
**Peso vol. húmedo:** 2,116 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,924 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

**No de cápsula:** 26  
**Peso de cápsula:** 83.73 g  
**Wm + cápsula:** 486.21 g  
**Ws + cápsula:** 451.23 g  
**Contenido de agua:** 9.5 %

**Expansión libre** 6 "

**Lectura inicial:** 2.400 mm  
**Lectura final:** 2.400 mm  
**% de expansión:** 0.00 %



— VRS natural: 177 %  
- - - VRS saturado: 81 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	30	1085.5	758.13	39.55	143.2	36	300.60	758.13	39.55	39.7
2.54	251	2095.9	1,347.79	70.31	155.5	80	668.00	1,347.79	70.31	49.6
3.81	348	2905.8	1,768.97	92.28	164.3	155	1,294.25	1,768.97	92.28	73.2
5.08	429	3582.2	2,021.68	105.46	177.2	195	1,628.25	2,021.68	105.46	80.5
7.62	568	4742.8	2,560.79	133.58	185.2	251	2,095.85	2,560.79	133.58	81.8
10.16	681	5686.4	3,099.91	161.71	183.4	289	2,413.15	3,099.91	161.71	77.8
12.70	783	6538.1	3,504.24	182.80	186.6	316	2,638.60	3,504.24	182.80	75.3

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
203/497



**14.5 Resultados de los ensayos pk 22+300**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+300  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
204/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+300  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
205/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 17 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 22+300, del Tramo Mexicaltzingo-Ermita.

En la cala del KM 22+300, Centro de vía, se extrajo muestras de concreto y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
206/497





- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Extracción de núcleo hasta 0.30 m de profundidad, en la losa de concreto pobre, que conforma la cubeta. Se envió un tramo al IMCYC para que le determinen la resistencia  $f'c$  del concreto.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 30 de junio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
207/497

<b>FORMA LS-10, Rev. 2</b>		FECHA: 22/06/2015	
<b>CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216</b>		HOJA 1 DE 1	
CONSECUTIVO:			
Cliente	ADIC INGENIERIA	Sondeo	Calas
Contrato No.		Tipo	Calas
Nombre	METRO LINEA 12	Temperatura	°C
Equipo	TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA	110	
Báscula No.	1	Horno No.	2
Muestra		DESCRIPCION DEL SUELO	
No.	Prof (m)	W <sub>w</sub>	W <sub>p</sub>
	de	g	g
	a	g	%
1	0.300	288.55	12.08
2	0.300	310.63	177.62
3	0.300		
4	0.300		
5	0.300		
6	0.300		
7	0.300		
8	0.300		
9	0.300		
10	0.300		
11	0.300		
12	0.300		
13	0.300		
14	0.300		
15	0.300		
16	0.300		
17	0.300		
18	0.300		
19	0.300		
20	0.300		
21	0.300		
22	0.300		
23	0.300		
24	0.300		
25	0.300		
26	0.300		
27	0.300		
28	0.300		
29	0.300		
30	0.300		
31	0.300		
32	0.300		
33	0.300		
34	0.300		
35	0.300		
36	0.300		
37	0.300		
38	0.300		
39	0.300		
40	0.300		
41	0.300		
42	0.300		
43	0.300		
44	0.300		
45	0.300		
46	0.300		
47	0.300		
48	0.300		
49	0.300		
50	0.300		
51	0.300		
52	0.300		
53	0.300		
54	0.300		
55	0.300		
56	0.300		
57	0.300		
58	0.300		
59	0.300		
60	0.300		
61	0.300		
62	0.300		
63	0.300		
64	0.300		
65	0.300		
66	0.300		
67	0.300		
68	0.300		
69	0.300		
70	0.300		
71	0.300		
72	0.300		
73	0.300		
74	0.300		
75	0.300		
76	0.300		
77	0.300		
78	0.300		
79	0.300		
80	0.300		
81	0.300		
82	0.300		
83	0.300		
84	0.300		
85	0.300		
86	0.300		
87	0.300		
88	0.300		
89	0.300		
90	0.300		
91	0.300		
92	0.300		
93	0.300		
94	0.300		
95	0.300		
96	0.300		
97	0.300		
98	0.300		
99	0.300		
100	0.300		

Notas: w<sub>w</sub>, peso del agua; w<sub>p</sub>, peso de sólidos; W, contenido de agua; REC, recuperación de roca; ICR, índice de calidad de la roca  
S, sección superior; I, sección inferior; TM, tamaño máximo.  
Forma LS-10, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015



Página  
208/497





ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS								
ASTM D-422								
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:				
Contrato No.				Sondeo	km 22+300			
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA			Tipo	Cala			
				Muestra	Centro de vía			
				Prof. (m)	Base			
GUIJARROS		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
		GRAVA		ARENA				
<b>Mallas</b>		<b>Sedimentación</b>						
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa				
76.2 (3")	-	-	-	-				
50.8 (2")	-	-	-	-				
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-				
25.4 (1")	44.85	97.7	-	-				
19.05 (3/4")	115.68	91.6	-	-				
12.7 (1/2")	193.76	81.5	-	-				
9.53 (3/8")	188.38	71.7	-	-				
6.35 (1/4")	321.70	54.8	-	-				
4.76 (No.4)	207.48	44.0	-	-				
2 (No.10)	266.11	30.1	-	-				
0.84 (No.20)	106.63	24.5	-	-				
0.42 (No.40)	106.05	19.0	-	-				
0.25 (No.60)	68.10	15.4	-	-				
0.149 (No.100)	60.94	12.2	-	-				
0.074 (No.200)	55.63	9.3	-	-				
				Cápsula No.	9R			
				Cáp. + muestra seca	1929.78			
				Peso de la muestra	1914.00			
Descripción del suelo		Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café						
Preparación / Pretratamiento		según ASTM D422						
Proporciones de la muestra		Gujarros / boleos		-				
		% Grava		56.00				
		% Arena		34.70				
		% Finos		9.30				
		D10	0.09	Cu	81.4			
		D30	1.98	Cc	5.9			
		D60	7.33					
Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b>						
		Operador	I.C.		hoja 1 de 1			
		Revisó	L.O.					
		Aprobó	M.G.					
		Fecha	24/06/2015					

Forma LS-12, Rev. 2

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
210/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 22/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 22+300																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Caja																												
				Muestra	Centro vía																												
				Prof. (m)	Base de vía																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 21/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	44	34	22	12																												
Cápsula No.		285	201	277	259																												
Peso de la cápsula	g	32.08	25.56	25.14	31.31																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	39.94	32.78	33.95	40.85																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	38.36	31.31	32.11	38.79																												
Contenido de agua	%	25.16	25.57	26.40	27.54																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		171	155	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	19.81	26.02	Peso de la cápsula	g																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	38.99	43.59	Peso suelo húmedo+cápsula	g																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	36.36	41.19	Peso del suelo seco+cápsula	g																												
Contenido de agua	%	15.89	15.82	Contenido de agua	%																												
	Promedio	15.9																															
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>D<sub>superior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>medio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>inferior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>promedio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	D <sub>superior</sub>	cm			D <sub>medio</sub>	cm			D <sub>inferior</sub>	cm			D <sub>promedio</sub>	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
				Altura	cm	inicial	final																										
				D <sub>superior</sub>	cm																												
				D <sub>medio</sub>	cm																												
				D <sub>inferior</sub>	cm																												
				D <sub>promedio</sub>	cm																												
				Volumen	cm <sup>3</sup>																												
Ws	g																																
				<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>26.3</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>15.9</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>10.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	26.3	%	Límite plástico	15.9	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	10.4	%	Clasificación SUCS	CL														
Límite líquido	26.3	%																															
Límite plástico	15.9	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	10.4	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
				<table border="1"> <tr><td>Operador</td><td>J.S.</td><td>Fecha</td><td>21/06/2015</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L. O.</td><td>Fecha</td><td>22/06/2015</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td><td>Fecha</td><td>22/06/2015</td></tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	21/06/2015	Revisó	L. O.	Fecha	22/06/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	22/06/2015																
Operador	J.S.	Fecha	21/06/2015																														
Revisó	L. O.	Fecha	22/06/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	22/06/2015																														
				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
211/497

**14.6 Resultados de los ensayos pk 22+590**

ADIC INGENIERÍA

**REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+590  
MÉXICO D.F.**

01 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
212/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 22+590  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

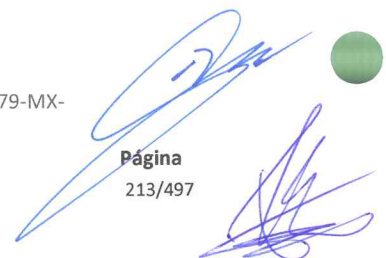
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
213/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 18 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 22+590, del Tramo Mexicaltzingo-Ermita.

En la cala del KM 22+590, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
214/497

- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.
- f) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 01 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
215/497









ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																																																				
ASTM D-422																																																				
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																																																
Contrato No.				Sondeo	km 22+590																																															
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO-ERMITA			Tipo	Cala																																															
				Muestra	Centro de vía																																															
				Prof. (m)	Base																																															
		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA																																														
GUIJARROS		GRAVA		ARENA		LIMO	ARCILLA																																													
<b>Mallas</b>			<b>Sedimentación</b>																																																	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa																																																
76.2 (3")	-	-	-	-																																																
50.8 (2")	-	-	-	-																																																
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-																																																
25.4 (1")	33.39	98.5	-	-																																																
19.05 (3/4")	173.16	90.9	-	-																																																
12.7 (1/2")	251.82	79.8	-	-																																																
9.53 (3/8")	136.00	73.8	-	-																																																
6.35 (1/4")	344.28	58.7	-	-																																																
4.76 (No.4)	245.73	47.9	-	-																																																
2 (No.10)	335.25	33.1	-	-																																																
0.84 (No.20)	137.08	27.1	-	-																																																
0.42 (No.40)	131.61	21.3	-	-																																																
0.25 (No.60)	88.34	17.4	-	-																																																
0.149 (No.100)	85.36	13.6	-	-																																																
0.074 (No.200)	76.78	10.3	-	-																																																
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cápsula No.</td> <td>20R</td> </tr> <tr> <td>Cáp. + muestra seca</td> <td>2287.72</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>2271.94</td> </tr> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td>según ASTM D422</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Guijarros / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td>52.10</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td>37.60</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>%Finos</td> <td>10.30</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>D<sub>10</sub></td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>D<sub>30</sub></td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>D<sub>60</sub></td> <td>6.62</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>C<sub>u</sub></td> <td>94.6</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>C<sub>c</sub></td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Clasificación SUCS</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b></td> </tr> </table>					Cápsula No.	20R	Cáp. + muestra seca	2287.72	Peso de la muestra	2271.94	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro	Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422	Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	% Grava	52.10	% Arena	37.60			%Finos	10.30			D <sub>10</sub>	0.07			D <sub>30</sub>	1.4			D <sub>60</sub>	6.62			C <sub>u</sub>	94.6			C <sub>c</sub>	4.2	Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b>	
Cápsula No.	20R																																																			
Cáp. + muestra seca	2287.72																																																			
Peso de la muestra	2271.94																																																			
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro																																																			
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422																																																			
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-																																																		
	% Grava	52.10																																																		
	% Arena	37.60																																																		
		%Finos	10.30																																																	
		D <sub>10</sub>	0.07																																																	
		D <sub>30</sub>	1.4																																																	
		D <sub>60</sub>	6.62																																																	
		C <sub>u</sub>	94.6																																																	
		C <sub>c</sub>	4.2																																																	
Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b>																																																		
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>I.C.</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>24/06/2015</td> </tr> </table>		Operador	I.C.	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	24/06/2015	hoja 1 de 1																																							
Operador	I.C.																																																			
Revisó	L.O.																																																			
Aprobó	M.G.																																																			
Fecha	24/06/2015																																																			

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
218/497



PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557				FORMA LP-02, Rev. 1			
				FECHA: 30/06/2015			
				HOJA: 1 DE 1			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: ADIC INGENIERIA				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo: KM 22+590			
Nombre: METRO LINEA 12				Tipo: CALA			
TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA				Muestra: Centro via			
				Prof. (m)			
				Prof. media (m)			
Descripción del suelo: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro				Fecha de ejecución: 30/06/2015			
Equipo de prueba		Molde No. 1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : 3224.50 cm <sup>3</sup>	Golpes por capa N: 56			
			Peso del cilindro $W_{cil}$ : 5267.00 g	Número de capas n: 5			
		Peso del pisón 4.55 kg	Altura de caída del pisón 43.80 cm	Energía de compactación 17.29 (kg cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )			
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$W_p + c$ (g)	$W_s + c$ (g)	$W_c$ (g)	$W_w$ (g)	$W_s$ (g)	w (%)
1	713	304.46	293.00	121.30	11.5	171.7	6.7
2	511	314.49	299.36	124.96	15.1	174.4	8.7
3	657	319.20	301.30	129.38	17.9	171.9	10.4
4	692	340.51	317.79	119.53	22.7	198.3	11.5
5	589	356.95	330.65	121.94	26.3	208.7	12.6
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{mh} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / m <sup>3</sup> )	PVS (kg / m <sup>3</sup> )		
1	11914	6647	0.94	2061	1932	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 1.988 kg/m <sup>3</sup>	
2	12154	6887	0.92	2136	1965	Contenido de agua óptimo $w_o = 10.3$ %	
3	12342	7075	0.91	2194	1987		
4	12238	6971	0.90	2162	1940		
5	12078	6811	0.89	2112	1876		
<p>The graph plots dry density (PVS) in kg/m<sup>3</sup> on the y-axis (ranging from 1850.0 to 2010.0) against water content (w) in % on the x-axis (ranging from 4 to 14). Five data points are plotted, showing a parabolic curve that peaks at approximately 1988 kg/m<sup>3</sup> dry density and 10.3% water content.</p>							
				Operador: J.J.	Fecha: 30/06/2015		
				Revisó: L.O.	Fecha: 01/07/2015		
				Aprobó: M.G.	Fecha: 01/07/2015		
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
219/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015			
				PÁGINA: 1 DE 1			
Cliente: ADIC INGENIERIA			Datos muestra:				
Contrato No.			Sondeo: km 22+590				
Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA			Tipo: Cala				
			Muestra: Centro vía				
			Prof. (m): Base de vía				
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución: 26/06/2015				
Equipo de prueba: Copa No. 1		Malla de referencia: No. 40		Horno No. 1			
		Báscula No. 1		Temp. de secado: 110 °C			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4	
Número de golpes		N	43	32	21	11	
Cápsula No.			151	265	164	188	
Peso de la cápsula		g	20.26	22.22	26.03	25.89	
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	28.28	31.13	35.15	33.70	
Peso del suelo seco+cápsula		g	26.72	29.36	33.28	32.01	
Contenido de agua		%	24.10	24.79	25.79	27.61	
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>		
Cápsula No.			215	190	Cápsula No.		
Peso de la cápsula		g	20.40	26.05	Peso de la cápsula g		
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	42.75	47.67	Peso suelo húmedo+cápsula g		
Peso del suelo seco+cápsula		g	40.10	45.12	Peso del suelo seco+cápsula g		
Contenido de agua		%	13.45	13.37	Contenido de agua %		
Promedio			13.4				
			Altura		cm	inicial	final
			Dsuperior		cm		
			Dmedio		cm		
			Dinferior		cm		
			Dpromedio		cm		
			Volumen		cm³		
			Ws		g		
			<b>Límite líquido</b>		<b>21.2</b>	%	
			<b>Límite plástico</b>		<b>13.4</b>	%	
			<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%	
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>7.8</b>	%				
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>					
Operador: J.S.		Fecha: 26/06/2015					
Revisó: L. O.		Fecha: 29/06/2015					
Aprobó: M.G.		Fecha: 29/06/2015					
				hoja 1 de 1			

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX  
INF-1

07/07/2015

Página  
220/497

<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3																																																																						
		FECHA: 26/06/2015																																																																						
		PAG: 1 DE: 1																																																																						
		CONSECUTIVO:																																																																						
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:																																																																						
Contrato No.:		Sondeo:	Km 22+590																																																																					
Obra y sitio:	METRO LÍNEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA	Tipo:	Cala																																																																					
		Muestra:	1 int. (centro de vía)																																																																					
		Prof. (m):	---																																																																					
		Prof. media (m):	---																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">GUIJARROS</td> <td style="width:15%;">GRUESA</td> <td style="width:15%;">FINA</td> <td style="width:15%;">GRUESA</td> <td style="width:15%;">MEDIA</td> <td style="width:15%;">FINA</td> <td style="width:15%;">LIMO</td> <td style="width:15%;">ARCILLA</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">GRAVA</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">ARENA</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA	GRAVA								ARENA																																																						
GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																																																	
GRAVA																																																																								
ARENA																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partícula (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>49.00</td><td>99.7</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>898.00</td><td>94.0</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>1548.00</td><td>84.1</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>1548.00</td><td>74.2</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>2251.00</td><td>59.9</td></tr> <tr><td>4.76 (No.4)</td><td>1291.00</td><td>51.7</td></tr> <tr><td>2 (No.10)</td><td>46.13</td><td>39.8</td></tr> <tr><td>0.84 (No.20)</td><td>29.96</td><td>32.0</td></tr> <tr><td>0.42 (No.40)</td><td>27.96</td><td>24.8</td></tr> <tr><td>0.25 (No.60)</td><td>18.01</td><td>20.1</td></tr> <tr><td>0.149 (No.100)</td><td>18.18</td><td>15.4</td></tr> <tr><td>0.074 (No.200)</td><td>15.29</td><td>11.5</td></tr> </tbody> </table>		Mallas			Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	76.2 (3")	-	-	50.8 (2")	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	25.4 (1")	49.00	99.7	19.05 (3/4")	898.00	94.0	12.7 (1/2")	1548.00	84.1	9.53 (3/8")	1548.00	74.2	6.35 (1/4")	2251.00	59.9	4.76 (No.4)	1291.00	51.7	2 (No.10)	46.13	39.8	0.84 (No.20)	29.96	32.0	0.42 (No.40)	27.96	24.8	0.25 (No.60)	18.01	20.1	0.149 (No.100)	18.18	15.4	0.074 (No.200)	15.29	11.5	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>wcilindro + mat =</td><td>19,089 gr</td></tr> <tr><td>wcilindro =</td><td>3,392 gr</td></tr> <tr><td>wmaterial =</td><td>15,697 gr</td></tr> <tr><td>Volumen =</td><td>9,690 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Altura del cil =</td><td>19.90 cm</td></tr> <tr><td>Altura faltante =</td><td>0.00 cm</td></tr> <tr><td>Y<sub>ds</sub> =</td><td>1.620 kg/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Y<sub>de</sub> =</td><td>1.62 g/cm<sup>3</sup></td></tr> </tbody> </table>		DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		wcilindro + mat =	19,089 gr	wcilindro =	3,392 gr	wmaterial =	15,697 gr	Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>	Altura del cil =	19.90 cm	Altura faltante =	0.00 cm	Y <sub>ds</sub> =	1.620 kg/cm <sup>3</sup>	Y <sub>de</sub> =	1.62 g/cm <sup>3</sup>
Mallas																																																																								
Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	% pasa																																																																						
76.2 (3")	-	-																																																																						
50.8 (2")	-	-																																																																						
38.1 (1 1/2")	-	100.0																																																																						
25.4 (1")	49.00	99.7																																																																						
19.05 (3/4")	898.00	94.0																																																																						
12.7 (1/2")	1548.00	84.1																																																																						
9.53 (3/8")	1548.00	74.2																																																																						
6.35 (1/4")	2251.00	59.9																																																																						
4.76 (No.4)	1291.00	51.7																																																																						
2 (No.10)	46.13	39.8																																																																						
0.84 (No.20)	29.96	32.0																																																																						
0.42 (No.40)	27.96	24.8																																																																						
0.25 (No.60)	18.01	20.1																																																																						
0.149 (No.100)	18.18	15.4																																																																						
0.074 (No.200)	15.29	11.5																																																																						
DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO																																																																								
wcilindro + mat =	19,089 gr																																																																							
wcilindro =	3,392 gr																																																																							
wmaterial =	15,697 gr																																																																							
Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>																																																																							
Altura del cil =	19.90 cm																																																																							
Altura faltante =	0.00 cm																																																																							
Y <sub>ds</sub> =	1.620 kg/cm <sup>3</sup>																																																																							
Y <sub>de</sub> =	1.62 g/cm <sup>3</sup>																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4</td> <td>15697 g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra usado después de la malla No. 4</td> <td>200 g</td> </tr> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td>según SRH (1970)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Guijarros / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td>48.3</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td>40.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>%Finos</td> <td>11.5</td> </tr> <tr> <td>D<sub>10</sub></td> <td></td> <td>Cu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D<sub>30</sub></td> <td></td> <td>Cc</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D<sub>60</sub></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>GC</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Operador:</td> <td>J.J.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Revisó:</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Aprobó:</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Fecha:</td> <td>26/06/2015</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: right;">hoja 1 de 1</td> </tr> </table>		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15697 g	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro	Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	% Grava	48.3	% Arena	40.2		%Finos	11.5	D <sub>10</sub>		Cu		D <sub>30</sub>		Cc		D <sub>60</sub>				Clasificación SUCS	<b>GC</b>					Operador:	J.J.			Revisó:	L.O.			Aprobó:	M.G.			Fecha:	26/06/2015			hoja 1 de 1																
Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15697 g																																																																							
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g																																																																							
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro																																																																							
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)																																																																							
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-																																																																						
	% Grava	48.3																																																																						
	% Arena	40.2																																																																						
	%Finos	11.5																																																																						
D <sub>10</sub>		Cu																																																																						
D <sub>30</sub>		Cc																																																																						
D <sub>60</sub>																																																																								
Clasificación SUCS	<b>GC</b>																																																																							
		Operador:	J.J.																																																																					
		Revisó:	L.O.																																																																					
		Aprobó:	M.G.																																																																					
		Fecha:	26/06/2015																																																																					
		hoja 1 de 1																																																																						

Forma LS-13, Rev.3

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
221/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: MEXICALTZINGO - ERMITA

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 22+590 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 29/06/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	6.00	6.80	6.65	2.30	2.3	34.59	
2	8.00	6.50		2.30			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones





**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Mexicaltzingo-Ermita  
**Sitio:** Km 22+590 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 29-jun-15

**Datos del molde.**

Número: 27  
Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde : 9,199.00 g  
Peso del molde: 4,800.00 g  
Peso húmedo : 4,399.00 g  
Peso seco : 4,102.65 g

Agua agregada : 300 cm<sup>3</sup>  
Altura molde : 17.74 cm  
Altura faltante : 5.84 cm  
Altura material : 11.90 cm

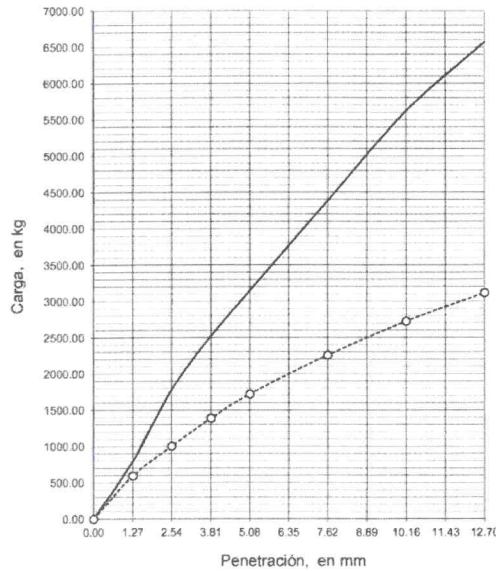
Area del molde: 182.89 cm<sup>2</sup>  
Volumen del molde: 2,176.44 cm<sup>3</sup>

**Peso vol. húmedo :** 2,021 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco :** 1,889 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 10  
Peso de cápsula: 61.37 g  
Wm + cápsula: 419.26 g  
Ws + cápsula: 395.15 g  
Contenido de agua: 7.2 %

**Expansión libre** 6 "  
Lectura inicial: 4.200 mm  
Lectura final: 4.200 mm  
% de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 156 %  
- - - VRS saturado: 85 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	95	793.3	758.13	39.55	104.6	71	592.85	758.13	39.55	78.2
2.54	214	1786.9	1,347.79	70.31	132.6	120	1,002.00	1,347.79	70.31	74.3
3.81	302	2521.7	1,768.97	92.28	142.6	166	1,386.10	1,768.97	92.28	78.4
5.08	377	3148.0	2,021.68	105.46	155.7	206	1,720.10	2,021.68	105.46	85.1
7.62	525	4383.8	2,560.79	133.58	171.2	270	2,254.50	2,560.79	133.58	88.0
10.16	673	5619.6	3,099.91	161.71	181.3	326	2,722.10	3,099.91	161.71	87.8
12.70	787	6571.5	3,504.24	182.80	187.5	373	3,114.55	3,504.24	182.80	88.9

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
223/497

**14.7 Resultados de los ensayos pk 23+090**

ADIC INGENIERÍA

**REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+090  
MÉXICO D.F.**

30 de junio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
224/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+090  
MÉXICO D.F.

30 de junio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

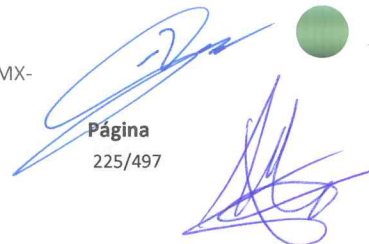
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
225/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 18 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 23+090, del Tramo Ermita-Eje central.

En la cala del KM 23+090, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia LL, LP.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 30 de junio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Junio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
227/497











LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 25/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No.				Sondeo	km 23+090																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ERMITA - EJE CENTRAL			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro vía																												
				Prof. (m)	Base de vía																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 24/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	45	33	21	10																												
Cápsula No.		242	349	357	234																												
Peso de la cápsula	g	26.72	25.44	26.91	25.04																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	33.95	32.47	34.86	34.40																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	32.63	31.17	33.33	32.51																												
Contenido de agua	%	22.34	22.69	23.83	25.30																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		187	156	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	26.03	19.87	Peso de la cápsula g																													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	48.15	42.15	Peso suelo húmedo+cápsula g																													
Peso del suelo seco+cápsula	g	45.26	39.24	Peso del suelo seco+cápsula g																													
Contenido de agua	%	15.03	15.02	Contenido de agua %																													
	Promedio	15.0																															
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>D<sup>superior</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>medio</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>inferior</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sup>promedio</sup></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	D <sup>superior</sup>	cm			D <sup>medio</sup>	cm			D <sup>inferior</sup>	cm			D <sup>promedio</sup>	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
				Altura	cm	inicial	final																										
D <sup>superior</sup>	cm																																
D <sup>medio</sup>	cm																																
D <sup>inferior</sup>	cm																																
D <sup>promedio</sup>	cm																																
Volumen	cm <sup>3</sup>																																
Ws	g																																
<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>23.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>15.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>8.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>				Límite líquido	23.5	%	Límite plástico	15.0	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	8.5	%	Clasificación SUCS	CL																
Límite líquido	23.5	%																															
Límite plástico	15.0	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	8.5	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
				Operador	J.S.	Fecha	24/06/2015																										
				Revisó	L. O.	Fecha	25/06/2015																										
				Aprobó	M.G.	Fecha	25/06/2015																										
				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
231/497

**14.8 Resultados de los ensayos pk 23+390**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+390  
MÉXICO D.F.

02 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
232/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+390  
MÉXICO D.F.

02 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
233/497





## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 18 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 23+390, del Tramo Ermita -Eje Central.

En la cala del KM 23+390, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
234/497

- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 02 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
235/497





**Determinación del peso volumetrico "in situ" (Cono de Arena)**

Ciliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ERMITA-EJE CENTRAL

Sondeo	CALAS
--------	-------

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (inferior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 23+390	3258.27	7189.00	2160.33	2737.00	2291.67	1.40	1636.91	1.99

Cala	Capsula #	w <sub>m</sub> gr	w <sub>seco</sub> gr	w <sub>agua</sub> gr	w <sub>hara</sub> gr	w <sub>moeda</sub> gr	w (cont-agua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 23+390	103	376.61	369.21	7.40	120.44	248.77	3.00	1.93

Página  
237/497



		<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				FORMA LP-02, Rev. 1	
						FECHA: <b>01/07/2015</b>	
						HOJA: <b>1 DE 1</b>	
						CONSECUTIVO:	
Cliente: <b>ADIC INGENIERIA</b>		Datos muestra:					
Contrato No:		Sondeo		KM 23+390			
Nombre: <b>METRO LÍNEA 12</b>		Tipo		CALA			
TRAMO: <b>ERMITA - EJE CENTRAL</b>		Muestra		Centro via			
		Prof. (m)					
		Prof. media (m)					
Descripción del suelo		Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro				Fecha de ejecución	
						01/07/2015	
Equipo de prueba	Molde No.	1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ :	3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N:	56	
			Peso del cilindro $W_{cil}$ :	5267.00 g	Número de capas n:	5	
	Peso del pisón	4.55 kg	Altura de caída del pisón	43.80 cm	Energía de compactación	17.29 (kg cm)/ $cm^3$	
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_p + c$ (g)	$w_s + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	628	312.92	302.52	123.33	10.4	179.2	5.8
2	596	290.25	279.40	126.71	10.9	152.7	7.1
3	582	316.03	299.94	120.33	16.1	179.6	9.0
4	648	344.77	321.36	117.73	23.4	203.6	11.5
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{mb} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mp}$ (kg)	$1/(1+w)$	PVH (kg / $m^3$ )	PVS (kg / $m^3$ )		
1	11779	6512	0.95	2020	1909	Peso volumétrico seco máximo	
2	11989	6722	0.93	2085	1947	PVSM = <u>1.995</u> $kg/m^3$	
3	12276	7009	0.92	2174	1995	Contenido de agua óptimo	
4	12122	6855	0.90	2126	1907	$w_c =$ <u>8.8</u> %	
<p>Peso volumétrico seco, PVS, en <math>kg/m^3</math></p> <p>Contenido de agua, w, en %</p>							
				Operador	J.J.	Fecha	01/07/2015
				Revisó	L.O.	Fecha	02/07/2015
				Aprobó	M.G.	Fecha	02/07/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
239/497



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015																
				PÁGINA: 1 DE 1																
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																
Contrato No.				Sondeo	km 23+390															
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ERMITA - EJE CENTRAL			Tipo	Cala															
				Muestra	Centro via															
				Prof. (m)	Base de via															
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 26/06/2015																
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1															
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C															
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																				
	Prueba No.	1	2	3	4															
Número de golpes	N	45	32	22	11															
Cápsula No.		154	290	301	168															
Peso de la cápsula	g	26.17	31.99	25.29	25.92															
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	34.58	39.95	34.24	34.33															
Peso del suelo seco+cápsula	g	32.96	38.40	32.47	32.62															
Contenido de agua	%	23.86	24.18	24.65	25.60															
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																				
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																
Cápsula No.		194	356	Cápsula No.																
Peso de la cápsula	g	19.90	25.61	Peso de la cápsula	g															
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	39.58	46.84	Peso suelo húmedo+cápsula	g															
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.31	44.39	Peso del suelo seco+cápsula	g															
Contenido de agua	%	13.04	13.05	Contenido de agua	%															
	Promedio	13.0																		
				Altura	cm	inicial	final													
				D <sub>superior</sub>	cm															
				D <sub>medio</sub>	cm															
				D <sub>inferior</sub>	cm															
				D <sub>promedio</sub>	cm															
				Volumen	cm <sup>3</sup>															
				Ws	g															
								<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>24.6</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>13.0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>11.6</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	24.6	%	Límite plástico	13.0	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	11.6
Límite líquido	24.6	%																		
Límite plástico	13.0	%																		
Límite de contracción	-	%																		
Índice de plasticidad	11.6	%																		
Clasificación SUCS	CL																			
Operador	J.S.	Fecha	26/06/2015																	
Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015																	
Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015																	
				hoja 1 de 1																

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
240/497

<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3																																																																						
		FECHA: 26/06/2015																																																																						
		PAG: 1 DE: 1																																																																						
		CONSECUTIVO:																																																																						
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:																																																																						
Contrato No.:		Sondeo:	Km 23+390																																																																					
Obra y sitio:	METRO LÍNEA 12 TRAMO. ERMITA - EJE CENTRAL	Tipo:	Cala																																																																					
		Muestra:	1 int. (centro de vía)																																																																					
		Prof. (m):	---																																																																					
		Prof. media (m):	---																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">GUIJARROS</td> <td style="width: 10%;">GRUESA</td> <td style="width: 10%;">FINA</td> <td style="width: 10%;">GRUESA</td> <td style="width: 10%;">MEDIA</td> <td style="width: 10%;">FINA</td> <td style="width: 20%;">LIMO</td> <td style="width: 15%;">ARCILLA</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">GRAVA</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">ARENA</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA	GRAVA			ARENA																																																									
GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																																																	
GRAVA			ARENA																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partículas (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>45.00</td><td>99.7</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>817.00</td><td>94.6</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>1424.00</td><td>85.6</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>1495.00</td><td>76.2</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>1977.00</td><td>63.8</td></tr> <tr><td>4.76 (No.4)</td><td>1325.00</td><td>55.4</td></tr> <tr><td>2 (No.10)</td><td>36.43</td><td>45.3</td></tr> <tr><td>0.84 (No.20)</td><td>27.42</td><td>37.7</td></tr> <tr><td>0.42 (No.40)</td><td>28.87</td><td>29.7</td></tr> <tr><td>0.25 (No.60)</td><td>20.75</td><td>24.0</td></tr> <tr><td>0.149 (No.100)</td><td>23.42</td><td>17.5</td></tr> <tr><td>0.074 (No.200)</td><td>20.98</td><td>11.7</td></tr> </tbody> </table>		Mallas			Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	76.2 (3")	-	-	50.8 (2")	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	25.4 (1")	45.00	99.7	19.05 (3/4")	817.00	94.6	12.7 (1/2")	1424.00	85.6	9.53 (3/8")	1495.00	76.2	6.35 (1/4")	1977.00	63.8	4.76 (No.4)	1325.00	55.4	2 (No.10)	36.43	45.3	0.84 (No.20)	27.42	37.7	0.42 (No.40)	28.87	29.7	0.25 (No.60)	20.75	24.0	0.149 (No.100)	23.42	17.5	0.074 (No.200)	20.98	11.7	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>wcilindro + mat =</td><td>19,288 gr</td></tr> <tr><td>wcilindro =</td><td>3,392 gr</td></tr> <tr><td>wmaterial =</td><td>15,896 gr</td></tr> <tr><td>Volumen =</td><td>9,690 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Altura del cil =</td><td>19.90 cm</td></tr> <tr><td>Altura faltante =</td><td>0.00 cm</td></tr> <tr><td><math>\gamma_{sat}</math> =</td><td>1.640 kg/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><math>\gamma_{des}</math> =</td><td>1.64 g/cm<sup>3</sup></td></tr> </tbody> </table>		DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		wcilindro + mat =	19,288 gr	wcilindro =	3,392 gr	wmaterial =	15,896 gr	Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>	Altura del cil =	19.90 cm	Altura faltante =	0.00 cm	$\gamma_{sat}$ =	1.640 kg/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{des}$ =	1.64 g/cm <sup>3</sup>
Mallas																																																																								
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa																																																																						
76.2 (3")	-	-																																																																						
50.8 (2")	-	-																																																																						
38.1 (1 1/2")	-	100.0																																																																						
25.4 (1")	45.00	99.7																																																																						
19.05 (3/4")	817.00	94.6																																																																						
12.7 (1/2")	1424.00	85.6																																																																						
9.53 (3/8")	1495.00	76.2																																																																						
6.35 (1/4")	1977.00	63.8																																																																						
4.76 (No.4)	1325.00	55.4																																																																						
2 (No.10)	36.43	45.3																																																																						
0.84 (No.20)	27.42	37.7																																																																						
0.42 (No.40)	28.87	29.7																																																																						
0.25 (No.60)	20.75	24.0																																																																						
0.149 (No.100)	23.42	17.5																																																																						
0.074 (No.200)	20.98	11.7																																																																						
DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO																																																																								
wcilindro + mat =	19,288 gr																																																																							
wcilindro =	3,392 gr																																																																							
wmaterial =	15,896 gr																																																																							
Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>																																																																							
Altura del cil =	19.90 cm																																																																							
Altura faltante =	0.00 cm																																																																							
$\gamma_{sat}$ =	1.640 kg/cm <sup>3</sup>																																																																							
$\gamma_{des}$ =	1.64 g/cm <sup>3</sup>																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4</td><td>15896 g</td></tr> <tr><td>Peso de la muestra usado después de la malla No. 4</td><td>200 g</td></tr> <tr><td>Descripción del suelo</td><td>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro</td></tr> <tr><td>Preparación / Pretratamiento</td><td>según SRH (1970)</td></tr> <tr><td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td><td>Guijarros / boleos</td><td>-</td></tr> <tr><td>% Grava</td><td>44.6</td></tr> <tr><td>% Arena</td><td>43.7</td></tr> <tr><td>%Finos</td><td>11.7</td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>10</sub></td><td></td><td>C<sub>u</sub></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>30</sub></td><td></td><td>C<sub>c</sub></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>60</sub></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td colspan="3" style="text-align: center;"><b>GC</b></td></tr> </table>		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15896 g	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro	Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	% Grava	44.6	% Arena	43.7	%Finos	11.7		D <sub>10</sub>		C <sub>u</sub>		D <sub>30</sub>		C <sub>c</sub>		D <sub>60</sub>				Clasificación SUCS	<b>GC</b>																																					
Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15896 g																																																																							
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g																																																																							
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro																																																																							
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)																																																																							
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-																																																																						
	% Grava	44.6																																																																						
	% Arena	43.7																																																																						
%Finos	11.7																																																																							
D <sub>10</sub>		C <sub>u</sub>																																																																						
D <sub>30</sub>		C <sub>c</sub>																																																																						
D <sub>60</sub>																																																																								
Clasificación SUCS	<b>GC</b>																																																																							
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Operador:</td><td>J.J.</td><td rowspan="4" style="text-align: right;">hoja 1 de 1</td></tr> <tr><td>Revisó:</td><td>L.O.</td></tr> <tr><td>Aprobó:</td><td>M.G.</td></tr> <tr><td>Fecha:</td><td>26/06/2015</td></tr> </table>		Operador:	J.J.	hoja 1 de 1	Revisó:	L.O.	Aprobó:	M.G.	Fecha:	26/06/2015																																																												
Operador:	J.J.	hoja 1 de 1																																																																						
Revisó:	L.O.																																																																							
Aprobó:	M.G.																																																																							
Fecha:	26/06/2015																																																																							

Forma LS-13, Rev.3

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
241/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Ciente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 <sup>F</sup> TRAMO: ERMITA - EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 23+390 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 26/06/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	5.00	6.60	6.45	2.20	2.15	33.33	
2	7.00	6.30		2.10			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones



**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Ermita - Eje Central  
**Sitio:** Km 23+390 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 29-jun-15

**Datos del molde.**

Número: 2  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde : 9,482.00 g  
 Peso del molde: 5,030.00 g  
 Peso húmedo : 4,452.00 g  
 Peso seco : 4,124.37 g

Agua agregada : 350 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde : 17.76 cm  
 Altura faltante : 6.15 cm  
 Altura material : 11.61 cm

Area del molde: 181.70 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,109.50 cm<sup>3</sup>

**Peso vol. húmedo :** 2,110 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco :** 1,954 kg/m<sup>3</sup>

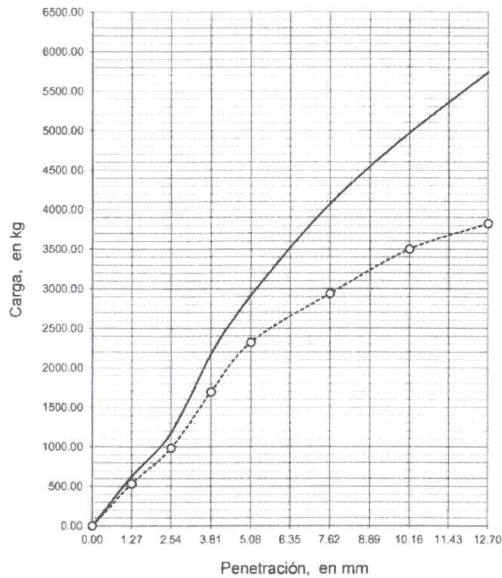
**Contenido de agua.**

No de cápsula: 4  
 Peso de cápsula: 63.01 g  
 Wm + cápsula: 434.11 g  
 Ws + cápsula: 406.80 g  
 Contenido de agua: 7.9 %

**Expansión libre** 6 "

Lectura inicial: 6.100 mm  
 Lectura final: 6.150 mm  
 % de expansión: 0.00 %

— VRS natural: 144 %  
 - - - VRS saturado: 115 %



Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	75	626.3	758.13	39.55	82.6	64	534.40	758.13	39.55	70.5
2.54	141	1177.4	1,347.79	70.31	87.4	118	985.30	1,347.79	70.31	73.1
3.81	260	2171.0	1,768.97	92.28	122.7	203	1,695.05	1,768.97	92.28	95.8
5.08	349	2914.2	2,021.68	105.46	144.1	278	2,321.30	2,021.68	105.46	114.8
7.62	488	4074.8	2,560.79	133.58	159.1	352	2,939.20	2,560.79	133.58	114.8
10.16	595	4968.3	3,099.91	161.71	160.3	419	3,498.65	3,099.91	161.71	112.9
12.70	687	5736.5	3,504.24	182.80	163.7	458	3,824.30	3,504.24	182.80	109.1

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
243/497

**14.9 Resultados de los ensayos pk 23+650**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+650  
MÉXICO D.F.

07 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
244/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 23+650  
MÉXICO D.F.

07 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
245/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 27 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 23+650, del Tramo Ermita-Eje central.

En la cala del KM 23+650, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
246/497

- c) Contenido natural de agua *w*.
- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C.  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 07 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
247/497







ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																					
ASTM D-422																					
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																	
Contrato No.				Sondeo	km 23+650																
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: ERMITA - EJE CENTRAL			Tipo	Cala																
				Muestra	Centro de vía																
				Prof. (m)	Base																
		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA													
		GRAVA		ARENA																	
<b>Mallas</b>			<b>Sedimentación</b>																		
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa																	
76.2 (3")	-	-	-	-	Cápsula No																
50.8 (2")	-	-	-	-	E																
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-	Cáp. + muestra seca																
25.4 (1")	41.63	98.6	-	-	Peso de la muestra																
19.05 (3/4")	109.68	94.8	-	-	Descripción del suelo																
12.7 (1/2")	266.16	85.8	-	-	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																
9.53 (3/8")	203.80	78.8	-	-	Preparación / Pretratamiento																
6.35 (1/4")	458.51	63.2	-	-	según ASTM D422																
4.76 (No.4)	338.03	51.7	-	-	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4">Proporciones de la muestra</td> <td colspan="2">Guijarros / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td colspan="2">48.30</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td colspan="2">41.80</td> </tr> <tr> <td>% Finos</td> <td colspan="2">9.90</td> </tr> </table>				Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos		-	% Grava	48.30		% Arena	41.80		% Finos	9.90	
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos		-																		
	% Grava	48.30																			
	% Arena	41.80																			
	% Finos	9.90																			
2 (No.10)	463.34	35.9	-	-	D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	73.9													
0.84 (No.20)	188.93	29.4	-	-	D <sub>30</sub>	0.95	C <sub>c</sub>	1.9													
0.42 (No.40)	197.69	22.7	-	-	D <sub>60</sub>	5.91															
0.25 (No.60)	131.83	18.2	-	-	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Clasificación</td> <td style="text-align: center;"><b>G</b></td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td style="text-align: center;"><b>BIEN GRADUADA (W)</b></td> </tr> </table>				Clasificación	<b>G</b>	SUCS	<b>BIEN GRADUADA (W)</b>									
Clasificación	<b>G</b>																				
SUCS	<b>BIEN GRADUADA (W)</b>																				
0.149 (No.100)	126.62	13.9	-	-	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>I.C.</td> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">hoja 1 de 1</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>04/07/2015</td> </tr> </table>				Operador	I.C.	hoja 1 de 1	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	04/07/2015				
Operador	I.C.	hoja 1 de 1																			
Revisó	L.O.																				
Aprobó	M.G.																				
Fecha	04/07/2015																				
0.074 (No.200)	116.82	9.9	-	-																	

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
250/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 06/07/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Ciente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 23+650																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ERMITA - EJE CENTRAL			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro vía																												
				Prof. (m)	Base de vía																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 03/07/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	40	30	19	9																												
Cápsula No.		296	264	239	288																												
Peso de la cápsula	g	32.20	27.51	31.54	24.99																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	40.59	35.76	40.53	33.04																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	39.03	34.17	38.73	31.29																												
Contenido de agua	%	22.84	23.87	25.03	27.78																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		185	177	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	25.95	25.94	Peso de la cápsula	g																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	49.89	52.30	Peso suelo húmedo+cápsula	g																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	46.98	49.08	Peso del suelo seco+cápsula	g																												
Contenido de agua	%	13.84	13.92	Contenido de agua	%																												
	Promedio	13.9																															
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>Inicial</td><td>Final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm³</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	Inicial	Final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm³			Ws	g		
				Altura	cm	Inicial	Final																										
Dsuperior	cm																																
Dmedio	cm																																
Dinferior	cm																																
Dpromedio	cm																																
Volumen	cm³																																
Ws	g																																
				<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>24.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>13.9</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>10.6</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	24.5	%	Límite plástico	13.9	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	10.6	%	Clasificación SUCS	CL														
Límite líquido	24.5	%																															
Límite plástico	13.9	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	10.6	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
				<table border="1"> <tr><td>Operador</td><td>J.S.</td><td>Fecha</td><td>03/07/2015</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L.O.</td><td>Fecha</td><td>06/07/2015</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td><td>Fecha</td><td>06/07/2015</td></tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	03/07/2015	Revisó	L.O.	Fecha	06/07/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	06/07/2015																
Operador	J.S.	Fecha	03/07/2015																														
Revisó	L.O.	Fecha	06/07/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	06/07/2015																														

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
251/497

14.10 Resultados de los ensayos pk 24+173

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+173  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
252/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+173  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
253/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 05 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+173.

En la cala del KM 24 + 173, Centro de vía, no se extrajeron muestras de concreto ni muestra integral, y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua w.

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 22 de mayo, 2015



GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: [geotec@prodigy.net.mx](mailto:geotec@prodigy.net.mx)

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
255/497









LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318						FECHA: 21/05/2015																													
						PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliente: ADIC INGENIERIA				Datos muestra:																															
Contrato No:				Sondeo: km 24+173																															
Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL				Tipo: Calle																															
				Muestra: Centro via																															
				Prof. (m): Base de via																															
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina						Fecha de ejecución: 18/05/2015																													
Equipo de prueba		Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.		1																												
				Báscula No.	1	Temp. de secado	110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4																													
Número de golpes		N	41	35	24	12																													
Cápsula No.			226	178	189	215																													
Peso de la cápsula		g	26.65	20.17	21.98	20.40																													
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	37.12	32.89	32.49	21.64																													
Peso del suelo seco+cápsula		g	35.43	30.80	30.70	21.42																													
Contenido de agua		%	19.30	19.70	20.50	21.80																													
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																														
Cápsula No.			310	256	Cápsula No.																														
Peso de la cápsula		g	25.18	19.59	Peso de la cápsula																														
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	37.56	32.57	Peso suelo húmedo+cápsula																														
Peso del suelo seco+cápsula		g	36.31	31.23	Peso del suelo seco+cápsula																														
Contenido de agua		%	11.20	11.50	Contenido de agua																														
		Promedio	11.4																																
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>Inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm³</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>				Altura	cm	Inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm³			Ws	g		
Altura	cm	Inicial	final																																
Dsuperior	cm																																		
Dmedio	cm																																		
Dinferior	cm																																		
Dpromedio	cm																																		
Volumen	cm³																																		
Ws	g																																		
				<table border="1"> <tr><td>Limite líquido</td><td>20.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Limite plástico</td><td>11.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Limite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>9.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>				Limite líquido	20.4	%	Limite plástico	11.4	%	Limite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	9.1	%	Clasificación SUCS	CL														
Limite líquido	20.4	%																																	
Limite plástico	11.4	%																																	
Limite de contracción	-	%																																	
Índice de plasticidad	9.1	%																																	
Clasificación SUCS	CL																																		
Operador		J.S.	Fecha	18/05/2015																															
Revisó		L. O.	Fecha	21/05/2015																															
Aprobó		M.G.	Fecha	21/05/2015																															
						hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
259/497

14.11 Resultados de los ensayos pk 24+273

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+273  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
260/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+273  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
261/497





## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 05 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

~~Las~~ muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+273.

En la cala del KM 24 + 273, Centro de vía, no se extrajeron muestras de concreto ni muestra integral, y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

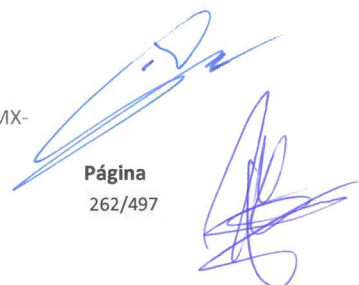
Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
262/497



- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 22 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
263/497











LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 21/05/2015		
				PÁGINA: 1 DE 1		
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:		
Contrato No.				Sondeo	km 24+273	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala	
				Muestra	Centro via	
				Prof. (m)	Base de via	
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad. CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 18/05/2015		
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1	
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4
Número de golpes	N		41	34	22	11
Cápsula No.			231	175	189	192
Peso de la cápsula	g		31.47	29.52	21.98	25.83
Peso del suelo húmedo+cápsula	g		39.79	40.87	33.42	36.12
Peso del suelo seco+cápsula	g		38.44	38.99	31.47	34.30
Contenido de agua	%		19.40	19.80	20.60	21.50
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	
Cápsula No.			312	256	Cápsula No.	
Peso de la cápsula	g		25.31	19.59	Peso de la cápsula	g
Peso del suelo húmedo+cápsula	g		35.87	32.49	Peso suelo húmedo+cápsula	g
Peso del suelo seco+cápsula	g		34.70	31.08	Peso del suelo seco+cápsula	g
Contenido de agua	%		12.50	12.30	Contenido de agua	%
	Promedio		12.4			
			inicial		final	
			Altura	cm		
			Dsuperior	cm		
			Dmedio	cm		
			Dinferior	cm		
			Dpromedio	cm		
			Volumen	cm <sup>3</sup>		
			Ws	g		
		<b>Límite líquido</b>	<b>20.4</b>	%		
		<b>Límite plástico</b>	<b>12.4</b>	%		
		<b>Límite de contracción</b>	<b>-</b>	%		
		<b>Índice de plasticidad</b>	<b>8.0</b>	%		
		<b>Clasificación SUCS</b>	<b>CL</b>			
Operador	J.S.	Fecha	18/05/2015			
Revisó	L. O.	Fecha	21/05/2015			
Aprobó	M.G.	Fecha	21/05/2015			
hoja 1 de 1						

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
267/497

14.12 Resultados de los ensayos pk 24+423

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+423  
MÉXICO D.F.

18 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
268/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+423  
MÉXICO D.F.

18 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
269/497





## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, entre el 04 y el 07 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras de este grupo corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+423.

En cala del KM 24 + 423, Centro de vía, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

- e) Granulometría por mallas.
- f) Extracción de núcleos hasta 0.99 m de profundidad, en la losa de concreto pobre, que conforma la cubeta. Se envió un tramo al IMCYC para que le determinen la resistencia  $f'c$  del concreto.
- g) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 18 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
271/497









<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				<b>FORMA LP-02, Rev. 1</b>			
				FECHA: <b>12/05/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: <b>ADIC INGENIERIA</b>				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo: <b>KM 24+423</b>			
Nombre: <b>METRO LINEA 12</b>				Tipo: <b>CALA</b>			
TRAMO: <b>PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL</b>				Muestra: <b>Centro via</b>			
				Prof. (m):			
				Prof. media (m):			
Descripción del suelo: <b>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro</b>				Fecha de ejecución: <b>12/05/2015</b>			
Equipo de prueba		Molde No: <b>1</b>	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : <b>3224.50 cm<sup>3</sup></b>	Golpes por capa N: <b>56</b>			
		Peso del cilindro $W_{cil}$ : <b>5267.00 g</b>	Número de capas n: <b>5</b>				
		Peso del pisón: <b>4.55 kg</b>	Altura de caída del pisón: <b>43.80 cm</b>	Energía de compactación: <b>17.29 (kg cm)/cm<sup>3</sup></b>			
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_s + c$ (g)	$w_s + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	239	373.72	369.95	121.19	3.8	248.8	1.5
2	413	327.33	320.58	124.87	6.8	195.7	3.4
3	682	369.41	356.53	113.64	12.9	242.9	5.3
4	329	351.10	337.90	121.92	13.2	216.0	6.1
5	600	364.41	348.37	122.03	16.0	226.3	7.1
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{msh} + W_{cil}$ (kg)	$W_{msh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / m <sup>3</sup> )	PVS (kg / m <sup>3</sup> )		
1	11364	6097	0.99	1891	1863	Peso volumétrico seco máximo	
2	11665	6398	0.97	1984	1918	PVSM = <u>1.922</u> kg/m <sup>3</sup>	
3	11751	6484	0.95	2011	1910	Contenido de agua óptimo	
4	11694	6427	0.94	1993	1878	$w_o =$ <u>4.1</u> %	
5	11600	6333	0.93	1964	1834		
<p style="text-align: center;">Contenido de agua, w, en %</p>							
				Operador: <b>J.J.</b>	Fecha: <b>12/05/2015</b>		
				Revisó: <b>L.O.</b>	Fecha: <b>14/05/2015</b>		
				Aprobó: <b>M.G.</b>	Fecha: <b>14/05/2015</b>		
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
275/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 15/05/2015			
				PÁGINA: 1 DE 1			
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:			
Contrato No				Sondeo	km 24+423		
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala		
				Muestra	Centro via		
				Prof. (m)	Base de vía		
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 13/05/2015			
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1		
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>							
	Prueba No.	1	2	3	4		
Número de golpes	N	45	35	22	10		
Cápsula No.		277	201	285	252		
Peso de la cápsula	g	25.14	25.56	32.08	31.18		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	32.51	32.05	39.67	40.50		
Peso del suelo seco+cápsula	g	31.23	30.91	38.30	38.73		
Contenido de agua	%	21.02	21.31	22.03	23.44		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
Cápsula No.		317	150	Cápsula No.			
Peso de la cápsula	g	25.67	26.01	Peso de la cápsula g			
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	48.70	49.15	Peso suelo húmedo+cápsula g			
Peso del suelo seco+cápsula	g	45.86	46.29	Peso del suelo seco+cápsula g			
Contenido de agua	%	14.07	14.10	Contenido de agua %			
	Promedio	14.1					
				inicial		final	
				Altura	cm		
				D <sub>superior</sub>	cm		
				D <sub>medio</sub>	cm		
				D <sub>inferior</sub>	cm		
				D <sub>promedio</sub>	cm		
				Volumen	cm <sup>3</sup>		
Ws	g						
<b>Límite líquido</b>		<b>21.9</b>	%				
<b>Límite plástico</b>		<b>14.1</b>	%				
<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%				
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>7.8</b>	%				
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>					
Operador	J.S.	Fecha	13/05/2015				
Revisó	L.O.	Fecha	15/05/2015				
Aprobó	M.G.	Fecha	15/05/2015				
hoja 1 de 1							

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
276/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3	
		FECHA: 11/05/2015	
		PAG: 1 DE: 1	
		CONSECUTIVO:	
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.:		Sondeo:	Km 24+423
Obra y sitio:	METRO LINEA 12 TRAMO PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL	Tipo:	Cala
		Muestra:	1 int. (centro de via)
		Prof. (m):	---
		Prof. media (m):	---

GUIJARROS	GRUESA FINA	GRUESA MEDIA FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA ARENA				

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Wcilindro + mat =	gr	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	gr
76.2 (3")	-	-	Wcilindro =	3,392	200	
50.8 (2")	-	100.0	Wmaterial =	15,154		
38.1 (1 1/2")	83.00	99.5	Volumen =	9,690		
25.4 (1")	269.00	97.7	Altura del cil =	19.90		
19.05 (3/4")	2035.00	84.2	Altura faltante =	0.00		
12.7 (1/2")	2752.00	62.8	$\gamma_{ds} =$	1,564		
9.53 (3/8")	2081.00	49.1	$\gamma_{sat} =$	1.56		
6.35 (1/4")	2181.00	34.7				
4.76 (No. 4)	975.00	28.2				
2 (No. 10)	40.01	22.6				
0.84 (No. 20)	27.91	18.6				
0.42 (No. 40)	28.96	14.5				
0.25 (No. 60)	17.16	12.1				
0.149 (No. 100)	19.35	9.4				
0.074 (No. 200)	17.08	7.0				

Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)		
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	
	% Grava	71.8	
	% Arena	21.2	
	% Finos	7.0	

D <sub>10</sub>	0.17	C <sub>u</sub>	70.88
D <sub>30</sub>	5.2	C <sub>c</sub>	13.2
D <sub>60</sub>	12.05		

Clasificación	GP-GC
SUCS	

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	11/05/2015	

Forma LS-13, Rev.3

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-11/9-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
277/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 24+423 (centro vía) Muestra: Integral Profundidad: Base de vía Fecha: 11/05/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	8.00	6.20	6.1	2.40	2.35	38.52	
2	10.00	6.00		2.30			

Sondeo: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones




**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Parque de los Venados-Eje Central  
**Sitio:** Km 24+423 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 15-may-15

**Datos del molde.**

Número: 23  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde : 9,639.00 g  
 Peso del molde: 5,235.00 g  
 Peso húmedo : 4,404.00 g  
 Peso seco : 4,051.51 g

Agua agregada : 340 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde : 17.75 cm  
 Altura faltante : 6.20 cm  
 Altura material : 11.55 cm

Area del molde: 181.93 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,101.34 cm<sup>3</sup>

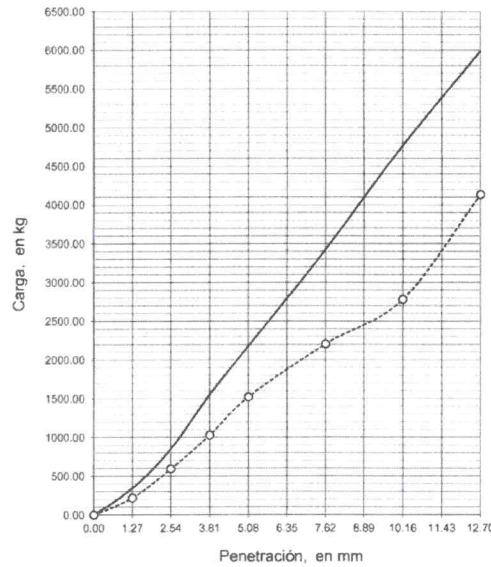
**Peso vol. húmedo :** 2,096 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco :** 1,923 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 3  
 Peso de cápsula: 83.91 g  
 Wm + cápsula: 477.85 g  
 Ws + cápsula: 446.32 g  
 Contenido de agua: 8.7 %

**Expansión libre 6 "**

Lectura inicial: 8.600 mm  
 Lectura final: 8.610 mm  
 % de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 108 %  
 - - - VRS saturado: 75 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	41	342.4	758.13	39.55	45.2	26	217.10	758.13	39.55	28.6
2.54	102	851.7	1,347.79	70.31	63.2	71	592.85	1,347.79	70.31	44.0
3.81	186	1553.1	1,768.97	92.28	87.8	123	1,027.05	1,768.97	92.28	58.1
5.08	261	2179.4	2,021.68	105.46	107.8	182	1,519.70	2,021.68	105.46	75.2
7.62	410	3423.5	2,560.79	133.58	133.7	264	2,204.40	2,560.79	133.58	86.1
10.16	571	4767.9	3,099.91	161.71	153.8	333	2,780.55	3,099.91	161.71	89.7
12.70	717	5987.0	3,504.24	182.80	170.8	495	4,133.25	3,504.24	182.80	117.9

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
279/497

14.13 Resultados de los ensayos pk 24+579

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+579  
MÉXICO D.F.

20 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
280/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+579  
MÉXICO D.F.

20 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
281/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 01 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+579.

En la cala del KM 24 + 579, Centro de vía, no se extrajeron muestras de concreto y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

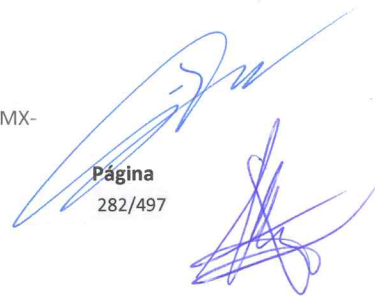
Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
282/497



- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.
- f) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 20 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: [geotec@prodigy.net.mx](mailto:geotec@prodigy.net.mx)



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
283/497



CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216										
FORMA LS-10, Rev. 2 FECHA: 13/05/2015 HOJA 1 DE 1 CONSECUTIVO:					Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No. _____ Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL Equipo: Balcusa No. 1 Horno No. 2					
Sondac Tipo: Calias Temperatura: 110 °C			Operador: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____		M.C. Fecha: 05/05/2015 L.O. Fecha: 10/05/2015 M.G. Fecha: 13/05/2015		DESCRIPCIÓN DEL SUELO			
No.	Muestra	Prof (m)	Sección	Long (cm)	Cápsula c	Peso húmedo + c	Peso seco + c	w <sub>w</sub>	w <sub>s</sub>	w
					No. g	g	g	g	g	%
	CALA km 24+579		S	259	121.49	336.20	318.65	17.55	197.16	9
	Centro de vía		I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							
			S							
			I							

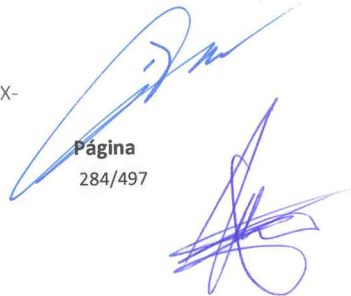
Notas: w<sub>w</sub>, peso del agua; w<sub>s</sub>, peso de sólidos; w, contenido de agua; REC, recuperación de roca; ICR, índice de calidad de la roca  
 S, sección superior; I, sección inferior; TM, tamaño máximo  
 Forma LS-10, Rev2

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

Página  
 284/497



Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

**Determinación del peso volumétrico "in situ" (Cono de Arena)**

Ciente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (inferior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+579	1880.65	7108.00	2103.00	3070.00	1935.00	1.52	1273.03	1.48

Cala	Capsula #	wm gr	W <sub>seco</sub> gr	W <sub>agua</sub> gr	W <sub>h<sub>2</sub>O</sub> gr	W <sub>msaca</sub> gr	W (cont-agua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+579	259	336.20	318.65	17.55	119.11	199.54	8.80	1.36



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS							
ASTM D-422							
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:			
Contrato No.				Sondeo	km 24+579		
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala		
				Muestra	Centro de vía		
				Prof. (m)	Base		
		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	
GUIJARROS		GRAVA		ARENA		LIMO	ARCILLA
Mallas		Sedimentación					
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa			
76.2 (3")	-	-	-	-			
50.8 (2")	-	-	-	-			
38.1 (1 1/2")	-	-	-	-			
25.4 (1")	-	100.0	-	-			
19.05 (3/4")	139.06	90.9	-	-			
12.7 (1/2")	221.82	76.4	-	-			
9.53 (3/8")	132.45	67.8	-	-			
6.35 (1/4")	310.64	47.4	-	-			
4.76 (No.4)	161.85	36.8	-	-			
2 (No.10)	218.82	22.5	-	-			
0.84 (No.20)	79.74	17.3	-	-			
0.42 (No.40)	71.85	12.6	-	-			
0.25 (No.60)	40.47	10.0	-	-			
0.149 (No.100)	32.54	7.8	-	-			
0.074 (No.200)	26.57	6.1	-	-			
				Cápsula No.	5		
				Cáp. + muestra seca	1675.21		
				Peso de la muestra	1528.94		
Descripción del suelo		Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro					
Preparación / Pretratamiento		según ASTM D422					
Proporciones de la muestra		Guijarros / boleos	-				
		% Grava	63.20				
		% Arena	30.70				
		%Finos	6.10				
		D10	0.25				
		D30	3.45		Cu	33.2	
		D60	8.31		Cc	5.7	
Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b>					
				Operador	I.C.		hoja 1 de 1
				Revisó	L.O.		
				Aprobó	M.G.		
				Fecha	11/05/2015		

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
286/497

<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				<b>FORMA LP-02, Rev. 1</b>			
				FECHA: <b>16/05/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: <b>ADIC INGENIERIA</b>		Datos muestra:					
Contrato No:		Sondeo: <b>KM 24+579</b>		Tipo: <b>CALA</b>			
Nombre: <b>METRO LÍNEA 12</b>		Muestra: <b>Centro vía</b>		Prof. (m):			
TRAMO: <b>PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL</b>		Prof. media (m):					
Descripción del suelo: <b>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</b>				Fecha de ejecución <b>16/05/2015</b>			
Equipo de prueba		Molde No. <b>1</b>	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : <b>3224.50 cm<sup>3</sup></b>	Golpes por capa N: <b>56</b>			
		Peso del cilindro $W_{cil}$ : <b>5267.00 g</b>	Número de capas n: <b>5</b>				
		Peso del pisón: <b>4.55 kg</b>	Altura de caída del pisón: <b>43.80 cm</b>	Energía de compactación: <b>17.29 (kg cm)/cm<sup>3</sup></b>			
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_s + c$ (g)	$w_s + c$ (g)	$w_s$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	614	365.83	362.14	121.74	3.7	240.4	1.5
2	32	359.58	350.75	120.36	8.8	230.4	3.8
3	97	376.20	361.66	120.42	14.5	241.2	6.0
4	506	385.05	367.49	126.51	17.6	241.0	7.3
5	465	385.91	360.00	119.42	25.9	240.6	10.8
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{msh} + W_{cil}$ (kg)	$W_{msh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / m <sup>3</sup> )	PVS (kg / m <sup>3</sup> )		
1	11287	6020	0.98	1867	1839	Peso volumétrico seco máximo PVSM = <u>1,877</u> kg/m <sup>3</sup>	
2	11484	6217	0.96	1928	1857	Contenido de agua óptimo $w_o =$ <u>6</u> %	
3	11681	6414	0.94	1989	1876		
4	11650	6383	0.93	1980	1845		
5	11581	6314	0.90	1958	1768		
<p>The graph plots dry density (PVS) in kg/m³ on the y-axis (ranging from 1750.0 to 1890.0) against water content (w) in % on the x-axis (ranging from 0 to 12). Five data points are plotted, showing a parabolic curve that peaks at approximately 1877 kg/m³ at 6% water content. The points are: (1.5, 1839), (3.8, 1857), (6.0, 1876), (7.3, 1845), and (10.8, 1768).</p>							
				Operador: <b>J.J.</b>	Fecha: <b>16/05/2015</b>		
				Revisó: <b>L.O.</b>	Fecha: <b>18/05/2015</b>		
				Aprobó: <b>M.G.</b>	Fecha: <b>18/05/2015</b>		
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
287/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 15/05/2015			
				PÁGINA: 1 DE 1			
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:			
Contrato No.				Sondeo	km 24+579		
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala		
				Muestra	Centro vía		
				Prof. (m)	Base de vía		
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 13/05/2015			
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1		
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4		
Número de golpes	N	38	27	15	7		
Cápsula No.		232	287	318	240		
Peso de la cápsula	g	30.88	31.00	25.08	26.73		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	38.37	38.72	33.24	36.32		
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.15	37.44	31.85	34.63		
Contenido de agua	%	19.50	19.90	20.60	21.40		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
Cápsula No.		184	265	Cápsula No.			
Peso de la cápsula	g	23.24	22.22	Peso de la cápsula	g		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	46.07	42.66	Peso suelo húmedo+cápsula	g		
Peso del suelo seco+cápsula	g	43.47	40.36	Peso del suelo seco+cápsula	g		
Contenido de agua	%	12.85	12.68	Contenido de agua	%		
	Promedio	12.8					
				Altura	cm	Inicial	Final
				D <sub>superior</sub>	cm		
				D <sub>medio</sub>	cm		
				D <sub>inferior</sub>	cm		
				D <sub>promedio</sub>	cm		
				Volumen	cm <sup>3</sup>		
				Ws	g		
				<b>Límite líquido</b>		<b>20.1</b>	%
				<b>Límite plástico</b>		<b>12.8</b>	%
				<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>7.3</b>	%				
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>					
Operador	J.S.	Fecha	13/05/2015				
Revisó	L.O.	Fecha	15/05/2015				
Aprobó	M.G.	Fecha	15/05/2015				
				hoja 1 de 1			

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
288/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3	
		FECHA: 18/05/2015	
		PAG: 1 DE: 1	
		CONSECUTIVO:	
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.:		Sondeo:	Km 24+579
Obra y sitio:	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL	Tipo:	Cala
		Muestra:	1 int. (centro de vía)
		Prof. (m):	---
		Prof. media (m):	---

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA						ARENA	

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	%			
76.2 (3")	-	-	wcilindro + mat =	18,896	gr
50.8 (2")	-	-	wcilindro =	3,392	gr
38.1 (1 1/2")	-	100.0	wmaterial =	15,504	gr
25.4 (1")	381.00	97.5	Volumen =	9,690	cm <sup>3</sup>
19.05 (3/4")	1947.00	85.0			
12.7 (1/2")	2477.00	69.0	Altura del cil =	19.90	cm
9.53 (3/8")	1934.00	56.6	Altura faltante =	0.00	cm
6.35 (1/4")	2315.00	41.6			
4.76 (No.4)	1273.00	33.4	γ <sub>sat</sub> =	1,600	kg/cm <sup>3</sup>
2 (No.10)	49.53	25.1	γ <sub>sat</sub> =	1.60	g/cm <sup>3</sup>
0.84 (No.20)	32.85	19.6			
0.42 (No.40)	30.23	14.6			
0.25 (No.60)	17.43	11.7			
0.149 (No.100)	16.50	8.9			
0.074 (No.200)	13.32	6.7			

Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15504 g		
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g		
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)		
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-	
	% Grava	66.6	
	% Arena	26.7	
	%Finos	6.7	
D <sub>10</sub>	0.19	C <sub>u</sub>	54.74
D <sub>30</sub>	3.63	C <sub>c</sub>	6.7
D <sub>60</sub>	10.4		
Clasificación SUCS	<b>GP-GC</b>		

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	18/05/2015	

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
289/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo: CALAS

Sondeo: Km 24+579 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 15/05/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	6.00	6.50	6.35	2.60	2.6	40.94	
2	8.00	6.20		2.60			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Parque de los Venados-Eje Central  
**Sitio:** Km 24+579 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 18-may-15

**Datos del molde.**  
**Número:** 27  
**Diámetro:** 6 pulg

**Datos de la prueba.**  
**Peso mat + molde:** 9,167.00 g  
**Peso del molde:** 4,803.00 g  
**Peso húmedo:** 4,364.00 g  
**Peso seco:** 4,067.23 g

**Datos del anillo.**  
**Constante:** 8.35

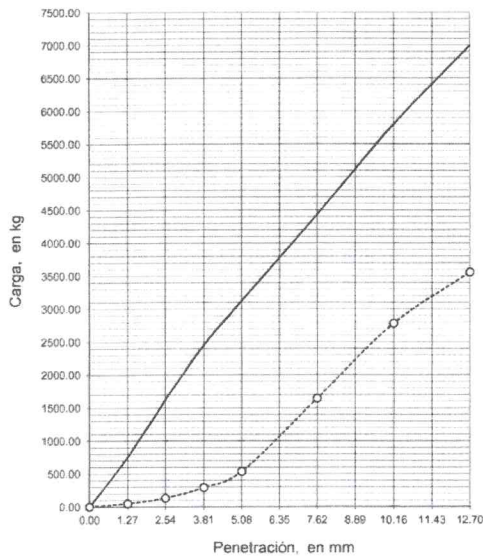
**Agua agregada:** 300 cm<sup>3</sup>  
**Altura molde:** 17.74 cm  
**Altura faltante:** 5.89 cm  
**Altura material:** 11.85 cm

**Area del molde:** 182.89 cm<sup>2</sup>  
**Volumen del molde:** 2,167.29 cm<sup>3</sup>

**Peso vol. húmedo:** 2,014 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,882 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**  
**No de cápsula:** 20  
**Peso de cápsula:** 96.12 g  
**Wm + cápsula:** 499.92 g  
**Ws + cápsula:** 472.46 g  
**Contenido de agua:** 7.3 %

**Expansión libre** 6 "  
**Lectura inicial:** 7.850 mm  
**Lectura final:** 7.850 mm  
**% de expansión:** 0.00 %



— VRS natural: 154 %  
 - - - VRS saturado: 26 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	90	751.5	758.13	39.55	99.1	6	50.10	758.13	39.55	6.6
2.54	195	1628.3	1,347.79	70.31	120.8	16	133.60	1,347.79	70.31	9.9
3.81	294	2454.9	1,768.97	92.28	138.8	35	292.25	1,768.97	92.28	16.5
5.08	374	3122.9	2,021.68	105.46	154.5	64	534.40	2,021.68	105.46	26.4
7.62	531	4433.9	2,560.79	133.58	173.1	197	1,644.95	2,560.79	133.58	64.2
10.16	695	5803.3	3,099.91	161.71	187.2	333	2,780.55	3,099.91	161.71	89.7
12.70	838	6997.3	3,504.24	182.80	199.7	426	3,557.10	3,504.24	182.80	101.5

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
291/497

14.14 Resultados de los ensayos pk 24+733

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+733  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
292/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+733  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
293/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 01 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+733.

En la cala del KM 24 + 733, Centro de vía, no se extrajeron muestras de concreto y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

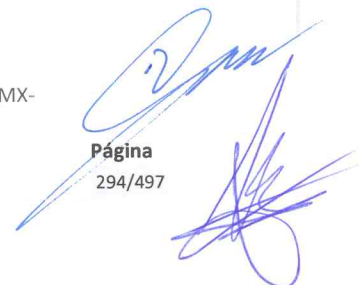
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
294/497



- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.
- f) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 22 de mayo, 2015



GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-IVA-  
INF-1

07/07/2015

  
**Página**  
295/497





**Determinación del peso volumetrico "in situ" (Cono de Arena)**

Ciente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (inferior) gr	Peso de cono + arena sobranante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+733	1928.71	7140.00	2103.00	3075.00	1962.00	1.52	1290.79	1.49

Cala	Capsula #	wm gr	Wseco gr	Wagua gr	Wjara gr	Wmserca gr	W (cont-agua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+733	45	339.70	325.22	14.48	119.11	206.11	7.00	1.40

Metro d  
Diagnós  
Informe final

INT-1  
07/07/2015

*[Handwritten signature]*  
Página  
297/497  
*[Handwritten signature]*



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																																																																																														
ASTM D-422																																																																																														
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																																																																																										
Contrato No.				Sondeo	km 24+733																																																																																									
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala																																																																																									
				Muestra	Centro de vía																																																																																									
				Prof. (m)	Base																																																																																									
GUIJARROS		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																																																																						
GRAVA		ARENA																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Mallas</th> <th colspan="2">Sedimentación</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partículas (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>% pasa</th> <th>Tam. partículas mm</th> <th>% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>41.47</td><td>97.4</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>107.64</td><td>90.7</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>309.02</td><td>71.4</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>156.62</td><td>61.6</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>282.10</td><td>43.9</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4.76 (No.4)</td><td>160.20</td><td>33.9</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>2 (No.10)</td><td>193.91</td><td>21.8</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.84 (No.20)</td><td>59.19</td><td>18.1</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.42 (No.40)</td><td>61.20</td><td>14.3</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.25 (No.60)</td><td>38.47</td><td>11.9</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.149 (No.100)</td><td>32.15</td><td>9.9</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0.074 (No.200)</td><td>18.63</td><td>8.7</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>			Mallas	Sedimentación		Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa	76.2 (3")	-	-	-	-	50.8 (2")	-	-	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-	25.4 (1")	41.47	97.4	-	-	19.05 (3/4")	107.64	90.7	-	-	12.7 (1/2")	309.02	71.4	-	-	9.53 (3/8")	156.62	61.6	-	-	6.35 (1/4")	282.10	43.9	-	-	4.76 (No.4)	160.20	33.9	-	-	2 (No.10)	193.91	21.8	-	-	0.84 (No.20)	59.19	18.1	-	-	0.42 (No.40)	61.20	14.3	-	-	0.25 (No.60)	38.47	11.9	-	-	0.149 (No.100)	32.15	9.9	-	-	0.074 (No.200)	18.63	8.7	-	-	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cápsula No.</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>Cáp. + muestra seca</td> <td>1853.71</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>1599.63</td> </tr> </table>			Cápsula No.	D	Cáp. + muestra seca	1853.71	Peso de la muestra	1599.63
Mallas	Sedimentación																																																																																													
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa																																																																																										
76.2 (3")	-	-	-	-																																																																																										
50.8 (2")	-	-	-	-																																																																																										
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-																																																																																										
25.4 (1")	41.47	97.4	-	-																																																																																										
19.05 (3/4")	107.64	90.7	-	-																																																																																										
12.7 (1/2")	309.02	71.4	-	-																																																																																										
9.53 (3/8")	156.62	61.6	-	-																																																																																										
6.35 (1/4")	282.10	43.9	-	-																																																																																										
4.76 (No.4)	160.20	33.9	-	-																																																																																										
2 (No.10)	193.91	21.8	-	-																																																																																										
0.84 (No.20)	59.19	18.1	-	-																																																																																										
0.42 (No.40)	61.20	14.3	-	-																																																																																										
0.25 (No.60)	38.47	11.9	-	-																																																																																										
0.149 (No.100)	32.15	9.9	-	-																																																																																										
0.074 (No.200)	18.63	8.7	-	-																																																																																										
Cápsula No.	D																																																																																													
Cáp. + muestra seca	1853.71																																																																																													
Peso de la muestra	1599.63																																																																																													
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td colspan="2">Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td colspan="2">según ASTM D422</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Guajarros / boleos</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td>66.10</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td>25.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>%Finos</td> <td>8.70</td> </tr> </table>			Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro		Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422		Proporciones de la muestra	Guajarros / boleos	-	% Grava	66.10	% Arena	25.20		%Finos	8.70																																																																									
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro																																																																																													
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422																																																																																													
Proporciones de la muestra	Guajarros / boleos	-																																																																																												
	% Grava	66.10																																																																																												
	% Arena	25.20																																																																																												
	%Finos	8.70																																																																																												
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>D10</td> <td>0.15</td> <td>Cu</td> <td>61.6</td> </tr> <tr> <td>D30</td> <td>3.87</td> <td>Cc</td> <td>10.8</td> </tr> <tr> <td>D60</td> <td>9.24</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			D10	0.15	Cu	61.6	D30	3.87	Cc	10.8	D60	9.24																																																																															
D10	0.15	Cu	61.6																																																																																											
D30	3.87	Cc	10.8																																																																																											
D60	9.24																																																																																													
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td style="text-align: center;"><b>G</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>MAL GRADUADA (P)</b></td> </tr> </table>			Clasificación SUCS	<b>G</b>		<b>MAL GRADUADA (P)</b>																																																																																					
Clasificación SUCS	<b>G</b>																																																																																													
	<b>MAL GRADUADA (P)</b>																																																																																													
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>I.C.</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">hoja 1 de 1</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>12/05/2015</td> </tr> </table>			Operador	I.C.	hoja 1 de 1	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	12/05/2015																																																																																
Operador	I.C.	hoja 1 de 1																																																																																												
Revisó	L.O.																																																																																													
Aprobó	M.G.																																																																																													
Fecha	12/05/2015																																																																																													

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
298/497

PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557				FORMA LP-02, Rev. 1			
				FECHA: 21/05/2015			
				HOJA: 1 DE 1			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: ADIC INGENIERIA				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo	KM 24+733		
Nombre: METRO LINEA 12				Tipo	CALA		
TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL				Muestra	Centro via		
				Prof. (m)			
				Prof. media (m)			
Descripción del suelo: Gravos fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café claro				Fecha de ejecución: 21/05/2015			
Equipo de prueba		Molde No. 1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : 3224.50 cm <sup>3</sup>	Golpes por capa N: 56			
			Peso del cilindro $W_{cil}$ : 5267.00 g	Número de capas n: 5			
		Peso del pisón 4.55 kg	Altura de caída del pisón 43.80 cm	Energía de compactación 17.29 (kg cm)/cm <sup>3</sup>			
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_p + c$ (g)	$w_p + c$ (g)	$w_t$ (g)	$w_p$ (g)	$w$ (%)	
1	95	403.50	399.29	121.49	4.2	1.5	
2	84	402.47	392.38	117.55	10.1	3.7	
3	544	393.59	379.50	120.39	14.1	5.4	
4	412	382.27	366.48	119.59	15.8	6.4	
5	665	386.76	369.78	119.74	17.0	6.8	
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{máx} + W_{cil}$ (kg)	$W_{máx}$ (kg)	$1/(1+w)$	PVH (kg/m <sup>3</sup> )	PVS (kg/m <sup>3</sup> )		
1	11298	6031	0.99	1870	1842	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 1.916 kg/m <sup>3</sup>	
2	11661	6394	0.96	1983	1913		
3	11667	6400	0.95	1985	1883		
4	11553	6286	0.94	1949	1832		
5	11508	6241	0.94	1935	1812		
						Contenido de agua óptimo $w_p = 3.9$ %	
<p style="text-align: center;">Peso volumétrico seco, PVS, en kg/m<sup>3</sup></p> <p style="text-align: center;">Contenido de agua, w, en %</p>							
				Operador	J.J.	Fecha	21/05/2015
				Revisó	L.O.	Fecha	23/05/2015
				Aprobó	M.G.	Fecha	23/05/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

**Página**  
299/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 19/05/2015																
				PÁGINA: 1 DE 1																
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																
Contrato No				Sondeo	km 24+733															
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala															
				Muestra	Centro via															
				Prof. (m)	Base de via															
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución																
				15/05/2015																
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1															
			Báscula No.	1	Temp. de secado															
					110 °C															
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																				
	Prueba No.	1	2	3	4															
Número de golpes	N	36	26	16	8															
Cápsula No.		254	281	335	242															
Peso de la cápsula	g	33.39	26.92	25.30	26.72															
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	41.07	34.83	34.04	34.67															
Peso del suelo seco+cápsula	g	39.86	33.54	32.58	33.25															
Contenido de agua	%	18.70	19.50	20.05	21.75															
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																				
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																
Cápsula No.		214	215	Cápsula No.																
Peso de la cápsula	g	21.26	20.40	Peso de la cápsula	g															
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	46.35	41.65	Peso suelo húmedo+cápsula	g															
Peso del suelo seco+cápsula	g	43.60	39.34	Peso del suelo seco+cápsula	g															
Contenido de agua	%	12.31	12.20	Contenido de agua	%															
	Promedio	12.3																		
				inicial	final															
				Altura	cm															
				Dsuperior	cm															
				Dmedio	cm															
				Dinferior	cm															
				Dpromedio	cm															
				Volumen	cm³															
				Ws	g															
				<table border="1"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>19.5</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>12.3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>7.3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	19.5	%	Límite plástico	12.3	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	7.3	%	Clasificación SUCS	CL	
Límite líquido	19.5	%																		
Límite plástico	12.3	%																		
Límite de contracción	-	%																		
Índice de plasticidad	7.3	%																		
Clasificación SUCS	CL																			
				Operador	J.S. Fecha 15/05/2015															
				Revisó	L. O. Fecha 19/05/2015															
				Aprobó	M.G. Fecha 19/05/2015															
				hoja 1 de 1																

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
300/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3	
		FECHA: <b>18/05/2015</b>	
Cliente: ADIC INGENIERIA		PAG: <b>1</b> DE: <b>1</b>	
Contrato No.:		CONSECUTIVO:	
Obra y sitio: METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL		Datos muestra:	
		Sondeo: Km 24+733	
		Tipo: Cala	
		Muestra: 1 int. (centro de vía)	
		Prof. (m): ---	
		Prof. media (m): ---	

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA						ARENA	

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Variable	Valor	Unidad
76.2 (3")	-	-	wcilindro + mat	18,817	gr
50.8 (2")	-	-	wcilindro	3,392	gr
38.1 (1 1/2")	-	100.0	wmaterial	15,425	gr
25.4 (1")	437.00	97.2	Volumen	9,690	cm <sup>3</sup>
19.05 (3/4")	1783.00	85.6	Altura del cil	19.90	cm
12.7 (1/2")	2852.00	67.1	Altura faltante	0.00	cm
9.53 (3/8")	2127.00	53.3			
6.35 (1/4")	2493.00	37.2			
4.76 (No.4)	1174.00	29.6	γ <sub>ds</sub>	1.592	kg/cm <sup>3</sup>
2 (No.10)	62.60	20.3	γ <sub>ds</sub>	1.59	g/cm <sup>3</sup>
0.84 (No.20)	32.67	15.5			
0.42 (No.40)	25.15	11.8			
0.25 (No.60)	15.13	9.5			
0.149 (No.100)	14.78	7.4			
0.074 (No.200)	12.20	5.5			

Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15425 g		
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g		
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro		
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)		
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-	
	% Grava	70.4	
	% Arena	24.1	
	%Finos	5.5	
D <sub>10</sub>	0.29	C <sub>u</sub>	38.17
D <sub>30</sub>	4.84	C <sub>c</sub>	7.3
D <sub>60</sub>	11.07		
Clasificación SUCS	<b>GP-GC</b>		

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	18/05/2015	

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
301/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 24+733 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 18/05/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

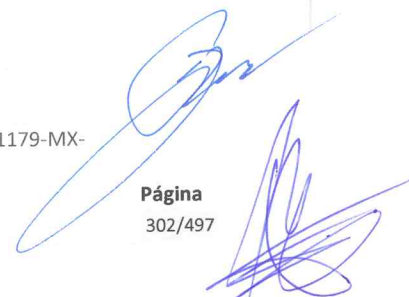
Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	8.00	6.00	6.15	2.70	2.7	43.90	
2	10.00	6.30		2.70			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Parque de los Venados-Eje Central  
**Sitio:** Km 24+733 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 18-may-15

**Datos del molde.**

Número: 23  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde: 9,631.00 g  
 Peso del molde: 5,247.00 g  
 Peso húmedo: 4,384.00 g  
 Peso seco: 4,064.45 g

Agua agregada: 300 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde: 17.75 cm  
 Altura faltante: 5.67 cm  
 Altura material: 12.08 cm

Area del molde: 181.93 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,197.76 cm<sup>3</sup>

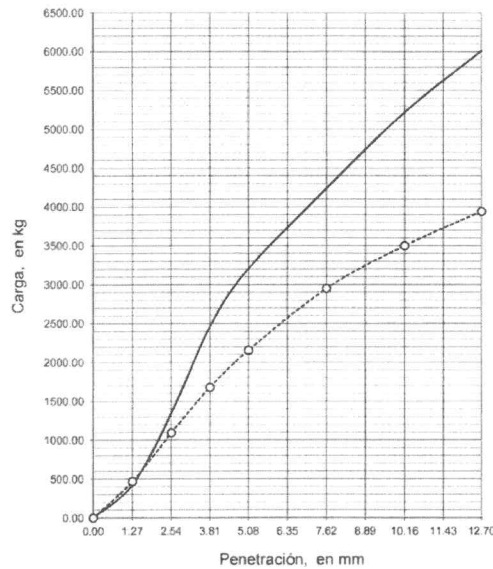
**Peso vol. húmedo:** 1,995 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,847 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 26  
 Peso de cápsula: 83.74 g  
 Wm + cápsula: 442.22 g  
 Ws + cápsula: 416.09 g  
 Contenido de agua: 7.9 %

**Expansión libre** 6 "

Lectura inicial: 1.400 mm  
 Lectura final: 1.420 mm  
 % de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 159 %  
 - - - VRS saturado: 107 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	51	425.9	758.13	39.55	56.2	56	467.60	758.13	39.55	61.7
2.54	161	1344.4	1,347.79	70.31	99.7	131	1,093.85	1,347.79	70.31	81.2
3.81	295	2463.3	1,768.97	92.28	139.2	201	1,678.35	1,768.97	92.28	94.9
5.08	384	3206.4	2,021.68	105.46	158.6	258	2,154.30	2,021.68	105.46	106.6
7.62	507	4233.5	2,560.79	133.58	165.3	353	2,947.55	2,560.79	133.58	115.1
10.16	625	5218.8	3,099.91	161.71	168.4	419	3,498.65	3,099.91	161.71	112.9
12.70	720	6012.0	3,504.24	182.80	171.6	472	3,941.20	3,504.24	182.80	112.5

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
303/497

14.15 Resultados de los ensayos pk 24+794

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+794  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
304/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+794  
MÉXICO D.F.

22 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
305/497





## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 09 de mayo de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 24+794.

En la cala del KM 24 + 794, Centro de vía, no se extrajeron muestras de concreto ni muestra integral, y al material de base se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .

GEOTEC S.A de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
306/497

- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 22 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
**Página**  
307/497















LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 21/05/2015																
				PÁGINA: 1 DE 1																
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																
Contrato No.				Sondeo	km 24+794															
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Tipo	Cala															
				Muestra	Centro vía															
				Prof. (m)	Base de vía															
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 18/05/2015																
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1															
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C															
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																				
	Prueba No.	1	2	3	4															
Número de golpes	N	42	33	21	10															
Cápsula No.		228	162	157	185															
Peso de la cápsula	g	30.82	30.16	33.40	25.95															
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	38.79	39.56	40.28	35.69															
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.46	37.96	39.08	33.93															
Contenido de agua	%	20.10	20.50	21.20	22.10															
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																				
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																
Cápsula No.		320	156	Cápsula No.																
Peso de la cápsula	g	25.85	19.87	Peso de la cápsula g																
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	49.65	45.69	Peso suelo húmedo+cápsula g																
Peso del suelo seco+cápsula	g	46.87	42.72	Peso del suelo seco+cápsula g																
Contenido de agua	%	13.20	13.00	Contenido de agua %																
	Promedio	13.1																		
				inicial	final															
				Altura cm																
				Dsuperior cm																
				Dmedio cm																
				Dinferior cm																
				Dpromedio cm																
				Volumen cm³																
				Ws g																
				<table border="1"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>20.9</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>13.1</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>7.8</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	20.9	%	Límite plástico	13.1	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	7.8	%	Clasificación SUCS	CL	
Límite líquido	20.9	%																		
Límite plástico	13.1	%																		
Límite de contracción	-	%																		
Índice de plasticidad	7.8	%																		
Clasificación SUCS	CL																			
				Operador	J.S. Fecha 18/05/2015															
				Revisó	L.O. Fecha 21/05/2015															
				Aprobó	M.G. Fecha 21/05/2015															
				hoja 1 de 1																

Forma LS-11, Rev.2

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página

311/497



14.16 Resultados de los ensayos pk 24+900 y 24+920

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+900 – KM 24+920  
MÉXICO D.F.

06 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
312/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+900 – KM 24+920  
MÉXICO D.F.

06 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
313/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, entre el 22 y el 25 de abril de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras de este grupo corresponden a calas realizadas por ADIC, en los KM 24+900, 24+910 y 24+920.

A la cala del KM 24 + 900, Dirección Mixcoac, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F., 2015  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

ADIC INGENIERÍA.

Ensayes en la Línea 12 del Metro.

- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Granulometría por mallas.

A la cala del KM 24 + 910, Centro de vía:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Extracción de núcleo de 32 cm de longitud, en la losa de concreto pobre, que conforma la cubeta. En un tramo de este núcleo se realizó una prueba de compresión simple; el otro tramo se envió al IMCYC para que le determinen la resistencia  $f_c$  del concreto.
- g) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada y equivalente de arena.

A la cala del KM 24 + 920, Dirección Tláhuac:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 06 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F., 2015  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
315/497



FORMA LS-10, Rev. 2		FECHA: 05/05/2015		HOJA 1 DE 1							
CONSECUTIVO		CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216									
Cliente Contrato No.		SONDIDO Tipo		Calas							
Nombre Equipo		Temperatura °C		Operador Revisó Aprobó							
ADIC INGENIERIA METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL		110		M.C. 27/04/2015 L.O. 02/05/2015 M.G. 05/05/2015							
Báscula No. 1		Horno No. 2		GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coyohacan México D.F.							
Muestra		Cápsula, c		Peso		W <sub>u</sub>		W <sub>s</sub>		W	
No.	Prof (m)	No.	g	g	g	g	g	g	g	%	%
1	24+970	153	116.64	282.45	268.48	13.97	151.84	180.80	173.31	9	7
CALA km 24+970 dirección Tlahuac											
2	24+970	653	123.06	316.19	303.86	12.33	180.80	180.80	173.31	7	7
CALA km 24+970 Centro de vía											
3	24+970	353	118.58	303.83	291.89	11.94	173.31	173.31	173.31	7	7
CALA km 24+970 dirección Tlahuac											
DESCRIPCIÓN DEL SUELO											
Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café											
Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café											
Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café											

Notas: W<sub>u</sub>, peso del agua; W<sub>s</sub>, peso de sólidos; v, contenido de agua; REC, recuperación de roca; ICR, índice de calidad de la roca  
 S, sección superior; I, sección inferior; TM, tamaño máximo.

Forma LS-10, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

Página  
 316/497

**Determinación del peso volumétrico "in situ" (Cono de Arena)**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL



GEOTEC, S.A. de C.V.  
Londres 44 Coyacán  
México D.F.

Sondeo CALAS

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (interior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+900	3607.01	7173.00	2103.00	1980.00	3090.00	1.63	1892.22	1.91
cala km 24+910	2502.41	7127.00	2103.00	2823.00	2201.00	1.63	1347.83	1.86
cala km 24+920	3478.43	7120.00	2103.00	2089.06	2927.94	1.63	1792.99	1.94

Cala	Capsula #	$w_m$ gr	$w_{seco}$ gr	$w_{agua}$ gr	$w_{liena}$ gr	$w_{mascia}$ gr	W (cont-agua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 24+900	153	282.45	268.48	13.97	116.64	151.84	9.20	1.75
cala km 24+910	653	316.19	303.86	12.33	123.06	180.80	6.80	1.74
cala km 24+920	353	303.83	291.89	11.94	118.58	173.31	6.90	1.82





### ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS ASTM D-422

Cliente	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.		Sondeo	km 24+910
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL	Tipo	Cala
		Muestra	Centro de via
		Prof. (m)	Base

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA						ARENA	

Porcentaje que pasa

Mallas			Sedimentación	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa
76.2 (3")	-	-	-	-
50.8 (2")	-	-	-	-
38.1 (1 1/2")	-	-	-	-
25.4 (1")	-	100.0	-	-
19.05 (3/4")	108.55	90.6	-	-
12.7 (1/2")	166.27	76.2	-	-
9.53 (3/8")	98.02	67.7	-	-
6.35 (1/4")	181.60	52.0	-	-
4.76 (No.4)	101.89	43.2	-	-
2 (No.10)	154.42	29.8	-	-
0.84 (No.20)	64.19	24.3	-	-
0.42 (No.40)	61.89	18.9	-	-
0.25 (No.60)	38.02	15.6	-	-
0.149 (No.100)	34.08	12.7	-	-
0.074 (No.200)	32.21	9.9	-	-

Cápsula No.	20
Cáp. + muestra seca	1170.95
Peso de la muestra	1155.19

Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café	
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422	
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-
	% Grava	57
	% Arena	33
	% Finos	10

D10	0.08	Cu	99.6
D30	2.04	Cc	6.5
D60	7.97		

Clasificación SUCS	<b>G</b> MAL GRADUADA (P)
--------------------	------------------------------

<p>GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coyocacan México D.F.</p>	Operador	I.C.	hoja 1 de 1
	Revisó	L.O.	
	Aprobó	M.G.	
	Fecha	05/05/2015	

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
319/497





PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557				FORMA LP-02, Rev. 1													
				FECHA: 04/05/2015		HOJA: 1 DE 1		CONSECUTIVO:									
Cliente: ADIC INGENIERIA				Datos muestra:													
Contrato No.:				Sondeo: CALA													
Nombre: METRO LÍNEA 12				Tipo: CALA													
TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL				Muestra: KM 24+910													
				Prof. (m):													
				Prof. media (m):													
Descripción del suelo: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café				Fecha de ejecución: 04/05/2015													
Equipo de prueba		Molde No. 1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : 3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N: 56													
			Peso del cilindro $W_{cil}$ : 5267.00 g	Número de capas n: 5													
		Peso del pisón: 4.55 kg	Altura de caída del pisón: 43.80 cm	Energía de compactación: 17.29 $(kg\ cm^3)/cm^3$													
<b>Contenido de agua</b>																	
Prueba No.	Cápsula No.	$W_s + c$ (g)	$W_c + c$ (g)	$W_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)										
1	592	332.59	328.71	120.13	3.9	208.6	1.9										
2	256	321.93	315.12	118.74	6.8	196.4	3.5										
3	685	335.64	324.67	109.12	11.2	215.6	5.2										
4	219	318.19	306.28	120.02	11.9	186.3	6.4										
5	182	310.00	298.06	121.72	11.9	176.3	6.8										
<b>Peso volumétrico seco</b>																	
Prueba No.	$W_{m0} + W_{cil}$ (kg)	$W_{m0}$ (kg)	$1/(1+w)$	PVH $(kg/m^3)$	PVS $(kg/m^3)$												
1	11400	6133	0.98	1902	1867	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 1.968 $kg/m^3$											
2	11675	6408	0.97	1987	1920	Contenido de agua óptimo $w_o = 5\%$											
3	11938	6671	0.95	2069	1967												
4	11703	6436	0.94	1996	1876												
5	11600	6333	0.94	1964	1839												
<p>Peso volumétrico seco, PVS, en <math>kg/m^3</math></p> <p>Contenido de agua, w, en %</p>																	
<p>GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coahuacan Mexico DF</p>				<table border="1"> <tr> <td>Operador</td> <td>J.J.</td> <td>Fecha</td> <td>04/05/2015</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> <td>Fecha</td> <td>06/05/2015</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> <td>Fecha</td> <td>06/05/2015</td> </tr> </table>		Operador	J.J.	Fecha	04/05/2015	Revisó	L.O.	Fecha	06/05/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	06/05/2015
Operador	J.J.	Fecha	04/05/2015														
Revisó	L.O.	Fecha	06/05/2015														
Aprobó	M.G.	Fecha	06/05/2015														

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de Mexico

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
321/497

<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318</b>				FECHA: 06/05/2015																														
				PÁGINA: 1 DE 1																														
Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No: Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Datos muestra: Sondeo: km 24+910 Tipo: Cala Muestra: Centro vía Prof. (m): Base de vía																															
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución: 04/05/2015																															
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																													
			Báscula No.	1	Temp. de secado: 110 °C																													
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																		
	Prueba No.	1	2	3	4																													
Número de golpes	N	40	29	19	8																													
Cápsula No.		346	284	186	268																													
Peso de la cápsula	g	26.72	25.22	26.45	26.20																													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	33.12	30.25	32.65	34.36																													
Peso del suelo seco+cápsula	g	32.11	29.44	31.62	32.91																													
Contenido de agua	%	18.80	19.19	19.92	21.61																													
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																		
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																														
Cápsula No.		347	197	Cápsula No.																														
Peso de la cápsula	g	25.61	21.74	Peso de la cápsula g																														
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	51.35	43.71	Peso suelo húmedo+cápsula g																														
Peso del suelo seco+cápsula	g	48.60	41.37	Peso del suelo seco+cápsula g																														
Contenido de agua	%	11.96	11.92	Contenido de agua %																														
	Promedio	11.9																																
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Altura</td> <td>cm</td> <td>inicial</td> <td>final</td> </tr> <tr> <td>Dsuperior</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dmedio</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dinferior</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dpromedio</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ws</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g				
			Altura	cm	inicial	final																												
			Dsuperior	cm																														
			Dmedio	cm																														
			Dinferior	cm																														
			Dpromedio	cm																														
			Volumen	cm <sup>3</sup>																														
Ws	g																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>19.7</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>11.9</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>7.8</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	19.7	%	Límite plástico	11.9	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	7.8	%	Clasificación SUCS	CL																			
Límite líquido	19.7	%																																
Límite plástico	11.9	%																																
Límite de contracción	-	%																																
Índice de plasticidad	7.8	%																																
Clasificación SUCS	CL																																	
GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coyoacán México D.F.		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>J.S.</td> <td>Fecha</td> <td>04/05/2015</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L. O.</td> <td>Fecha</td> <td>06/05/2015</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> <td>Fecha</td> <td>06/05/2015</td> </tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	04/05/2015	Revisó	L. O.	Fecha	06/05/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	06/05/2015	hoja 1 de 1																		
Operador	J.S.	Fecha	04/05/2015																															
Revisó	L. O.	Fecha	06/05/2015																															
Aprobó	M.G.	Fecha	06/05/2015																															

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

**Página**  
322/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		<b>FORMA LS-13, Rev. 3</b>	
		FECHA: <b>29/04/2015</b>	
		PAG: <b>1</b> DE: <b>1</b>	
		CONSECUTIVO:	
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.:		Sondeo:	Km 24+910
Obra y sitio:	METRO LINEA 12 TRAMO. PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL	Tipo:	Cala
		Muestra:	1 integral
		Prof. (m):	---
		Prof. media (m):	---

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA							
ARENA							

Porcentaje que pasa

Tamaño de partículas, mm

Mallas		
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	%
76.2 (3")	-	-
50.8 (2")	-	-
38.1 (1 1/2")	-	100.0
25.4 (1")	235.00	98.4
19.05 (3/4")	825.00	92.9
12.7 (1/2")	1934.00	80.0
9.53 (3/8")	1671.00	68.8
6.35 (1/4")	2255.00	53.7
4.76 (No.4)	1221.00	45.5
2 (No.10)	43.64	35.6
0.84 (No.20)	26.17	29.6
0.42 (No.40)	30.18	22.8
0.25 (No.60)	19.80	18.2
0.149 (No.100)	20.05	13.7
0.074 (No.200)	17.04	9.8

DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO	
wcilindro + mat =	18,336 gr
wcilindro =	3,392 gr
wmaterial =	14,944 gr
Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>
Altura del cil =	19.90 cm
Altura faltante =	0.00 cm
γ <sub>os</sub> =	1,542 kg/cm <sup>3</sup>
γ <sub>ds</sub> =	1.54 g/cm <sup>3</sup>

Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	14944 g		
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g		
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)		
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	
	% Grava	54.5	
	% Arena	35.7	
	%Finos	9.8	
D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	95.88
D <sub>30</sub>	0.92	C <sub>c</sub>	1.4
D <sub>60</sub>	7.67		
Clasificación SUCS	GW		

	GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coyoacán México DF	Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
		Revisó:	L.O.	
		Aprobó:	M.G.	
		Fecha:	29/04/2015	

*[Firma manuscrita]*

Metro d .....  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

**Página**  
323/497

*[Firma manuscrita]*



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

GEOTEC, S.A. de C.V.  
Londres 44 Coahuacán  
México D.F.



Sondeo CALAS

Cliente: ADIC INGENIERIA  
 Contrato No. \_\_\_\_\_  
 Nombre: METRO LINEA 12  
TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo: Km 24+910 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 05/05/2015 Operador: J.J.  
 Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	10.00	6.8	6.9	2.60	2.6	37.68	
2	12.00	7		2.60			

Sondeo: \_\_\_\_\_ Muestra: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Operador: \_\_\_\_\_  
 Aprobó: \_\_\_\_\_

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: \_\_\_\_\_ Muestra: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Operador: \_\_\_\_\_  
 Aprobó: \_\_\_\_\_

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones



<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE NÚCLEOS DE ROCA</b>		FECHA: 05/05/2015	
		HOJA 2 DE 2	
Cliente	ADIC INGENIERIA	Datos muestra	
Contrato No.		Sondeo	km 24+910
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL	Tipo	CALA
		Muestra	1
		Prof. (m)	0.00-0.43

Deformación vs esfuerzo

—●— Probeta No. Única

Tipo de prueba	Compresión simple
Descripción de la roca	Concreto
Preparación	Probeta cortada con disco de diamante

Longitud inicial, L <sub>i</sub> :	14.97	cm
Diámetro inicial, D <sub>i</sub> :	5.68	cm
Peso volumétrico, γ <sub>m</sub> :	2.13	t/m <sup>3</sup>
Relación de vacíos, e :	-	
Contenido de agua, w :	-	%
Grado de saturación, G :	-	%
Velocidad de deformación :	1.00	mm/ min
Módulo de Young, E (33) :	36,489	kg/cm <sup>2</sup>

**En la falla**

Deformación unitaria, ε :	0.38	%
Esfuerzo máximo, q <sub>u</sub> :	158.30	kg/cm <sup>2</sup>
Modo de falla :	F	

hoja 2 de 2

<p>GEOTEC, S.A. de C.V. Londres 44 Coyoacán México D.F.</p>	Revisó	L. O.	Fecha	06/05/2015
	Aprobó	M. G.	Fecha	06/05/2015

Forma LS-30B, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
326/497

14.17 Resultados de los ensayos pk 25+230 y 25+250

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+230 – KM 25+250  
MÉXICO D.F.

06 de mayo 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
327/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 24+25+230 – KM 25+250  
MÉXICO D.F.

06 de mayo 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
328/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe preliminar de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en un Tramo del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, entre el 28 y el 30 de abril del 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas que se van a realizar. Este reporte es preliminar, ya que se entrega parte de las pruebas que se están realizando.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras de este grupo corresponden a calas realizadas por ADIC, en los KM 25+230, 25+240 y 25+250.

A la cala del KM 25 + 230, Dirección Mixcoac, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua w.
- d) Granulometría por mallas.

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
329/497



A la cala del KM 25 + 240, Centro de vía:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Extracción de núcleo de 16 cm de longitud, en la losa de concreto pobre, que conforma la cubeta. Este núcleo se envió al IMCYC para que le determinen la resistencia  $f'c$  del concreto.
- g) Muestreo integral de suelos para realizar: Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y Valor Relativo de Soporte (VRS).

A la cala del KM 25 + 250, Dirección Tláhuac:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto
- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Granulometría por mallas.

Se anexan los resultados de los pesos volumétricos con el Cono de arena y los contenidos de agua. Las demás pruebas se están realizando.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mábel García Cabana  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 06 de mayo, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Mayo, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
330/497





**Determinación del peso volumétrico "in situ" (Cono de Arena)**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Cala	Peso material húmedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (interior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 25+230	2569.09	7149.00	2103.00	2614.00	2432.00	1.63	1489.28	1.73
cala km 25+240	2815.22	7150.00	2103.00	2562.00	2485.00	1.63	1521.74	1.85
cala km 25+250	2441.39	7146.00	2103.00	2527.00	2516.00	1.63	1540.72	1.58

Cala	Capsula #	wm gr	W <sub>seco</sub> gr	W <sub>agua</sub> gr	W <sub>hara</sub> gr	W <sub>msaca</sub> gr	W (contagua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 25+230	120	282.35	271.79	10.56	120.56	151.23	7.00	1.61
cala km 25+240	215	296.96	287.12	9.84	121.50	165.62	5.90	1.75
cala km 25+250	56	282.35	271.79	10.56	120.68	151.11	7.00	1.48











<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				<b>FORMA LP-02, Rev. 1</b>			
				FECHA: <b>08/05/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: <b>ADIC INGENIERIA</b>				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo: <b>KM 25+240</b>			
Nombre: <b>METRO LINEA 12</b>				Tipo: <b>CALA</b>			
TRAMO: <b>PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL</b>				Muestra: <b>Centro via</b>			
				Prof. (m):			
				Prof. media (m):			
Descripción del suelo: <b>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café</b>			Fecha de ejecución: <b>08/05/2015</b>				
Equipo de prueba		Molde No.:	1	Volumen del cilindro $V_{cil}$ :	3224.50 $cm^3$	Golpes por capa N: <b>56</b>	
				Peso del cilindro $W_{cil}$ :	5267.00 <b>g</b>	Número de capas n: <b>5</b>	
		Peso del pisón:	4.55 <b>kg</b>	Altura de caída del pisón:	43.80 <b>cm</b>	Energía de compactación: <b>17.29 (kg cm)/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_w + C$ (g)	$w_s + C$ (g)	$w_c$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	425	344.88	341.72	119.59	3.2	222.1	1.4
2	503	339.31	332.05	121.81	7.3	210.2	3.5
3	660	366.10	354.40	119.33	11.7	235.1	5.0
4	571	323.20	312.84	121.87	10.4	191.0	5.4
5	524	327.24	315.15	121.81	12.1	193.3	6.3
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{ms} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH ( $kg / m^3$ )	PVS ( $kg / m^3$ )		
1	10700	5433	0.99	1685	1661	Peso volumétrico seco máximo PVSM = <u>1,820</u> $kg/m^3$	
2	11116	5849	0.97	1814	1754	Contenido de agua óptimo $w_o =$ <u>5.1</u> %	
3	11421	6154	0.95	1909	1818		
4	11392	6125	0.95	1900	1802		
5	11171	5904	0.94	1831	1723		
<p>The graph plots dry density (PVS) in <math>kg/m^3</math> on the y-axis (ranging from 1600.0 to 1840.0) against water content (w) in % on the x-axis (ranging from 0 to 10). Five data points are plotted, forming a parabolic curve that peaks at approximately 1820 <math>kg/m^3</math> at a water content of 5.1%.</p>							
				Operador: <b>J.J.</b>	Fecha: <b>08/05/2015</b>		
				Revisó: <b>L.O.</b>	Fecha: <b>10/05/2015</b>		
				Aprobó: <b>M.G.</b>	Fecha: <b>10/05/2015</b>		
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
336/497

<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318</b>				FECHA: 09/05/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No: Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL			Datos muestra: Sondeo: km 25+240 Tipo: Cala Muestra: Centro vía Prof. (m): Base de vía																														
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución: 08/05/2015																														
Equipo de prueba: Copa No. 1		Malla de referencia: No. 40		Horno No. 1																													
		Báscula No. 1		Temp. de secado: 110 °C																													
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4																											
Número de golpes		N	40	29	18	9																											
Cápsula No.			225	217	237	286																											
Peso de la cápsula		g	30.97	31.48	31.01	32.12																											
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	38.29	37.89	39.08	40.30																											
Peso del suelo seco+cápsula		g	36.86	36.59	37.37	38.40																											
Contenido de agua		%	24.28	25.44	26.89	30.25																											
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																												
Cápsula No.			183	351	Cápsula No.																												
Peso de la cápsula		g	20.99	25.89	Peso de la cápsula g																												
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	41.52	44.56	Peso suelo húmedo+cápsula g																												
Peso del suelo seco+cápsula		g	38.86	42.16	Peso del suelo seco+cápsula g																												
Contenido de agua		%	14.89	14.75	Contenido de agua %																												
		Promedio	14.8																														
			<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>			Altura	cm	inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
Altura	cm	inicial	final																														
Dsuperior	cm																																
Dmedio	cm																																
Dinferior	cm																																
Dpromedio	cm																																
Volumen	cm <sup>3</sup>																																
Ws	g																																
		<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>26.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>14.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>11.3</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	26.1	%	Límite plástico	14.8	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	11.3	%	Clasificación SUCS	CL																
Límite líquido	26.1	%																															
Límite plástico	14.8	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	11.3	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
Operador: J.S.		Fecha: 08/05/2015		Revisó: L. O.		Fecha: 09/05/2015																											
Aprobó: M.G.		Fecha: 09/05/2015		hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
337/497

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)		FORMA LS-13, Rev. 3
Cliente: ADIC INGENIERIA		FECHA: 07/05/2015
Contrato No.:		PAG: 1 DE: 1
Obra y sitio: METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL		CONSECUTIVO:
		Datos muestra:
		Sondeo: Km 25+240
		Tipo: Cala
		Muestra: 1 Int. (centro de vía)
		Prof. (m): ---
		Prof. media (m): ---

GUIJARROS	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
-----------	-------	-------	------	---------

Porcentaje que pasa

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	
Tamaño partícula (mm)	Peso retenido (g)	%	wcilindro + mat =	17,728	gr	14336 g
76.2 (3")	-	-	wcilindro =	3,392	gr	
50.8 (2")	-	-	wmaterial =	14,336	gr	
38.1 (1 1/2")	-	100.0	Volumen =	9,690	cm <sup>3</sup>	
25.4 (1")	187.00	98.7	Altura del cil =	19.90	cm	
19.05 (3/4")	1499.00	88.2	Altura faltante =	0.00	cm	
12.7 (1/2")	3443.00	64.2				
9.53 (3/8")	3018.00	43.2				
6.35 (1/4")	3200.00	20.8				
4.76 (No.4)	827.00	5.1	γ <sub>as</sub> =	1,479	kg/cm <sup>3</sup>	
2 (No.10)	61.70	10.4	γ <sub>as</sub> =	1.48	g/cm <sup>3</sup>	
0.84 (No.20)	26.06	8.5				
0.42 (No.40)	33.95	5.9				
0.25 (No.60)	12.49	5.0				
0.149 (No.100)	13.97	3.9				
0.074 (No.200)	12.31	3.0				

Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café	
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-
	% Grava	84.9
	% Arena	12.1
	% Finos	3.0

D <sub>10</sub>	1.76	C <sub>u</sub>	6.86
D <sub>30</sub>	7.65	C <sub>c</sub>	2.8
D <sub>60</sub>	12.07		

Clasificación SUCS	<b>GW</b>
--------------------	-----------

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	07/05/2015	

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
338/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-EJE CENTRAL

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 25+240 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 07/05/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	10.00	6.2	6.3	2.80	2.75	43.65	
2	12.00	6.4		2.70			

Sondeo: Profundidad: Muestra: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Profundidad: Muestra: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones



**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Parque de los Venados-Eje Central  
**Sitio:** Km 25+240 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 09-may-15

**Datos del molde.**

Número: 23  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde: 9,620.00 g  
 Peso del molde: 5,235.00 g  
 Peso húmedo: 4,385.00 g  
 Peso seco: 4,046.02 g

Agua agregada: 300 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde: 17.75 cm  
 Altura faltante: 5.66 cm  
 Altura material: 12.09 cm

Area del molde: 181.93 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,199.58 cm<sup>3</sup>

**Peso vol. húmedo:** 1,994 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,846 kg/m<sup>3</sup>

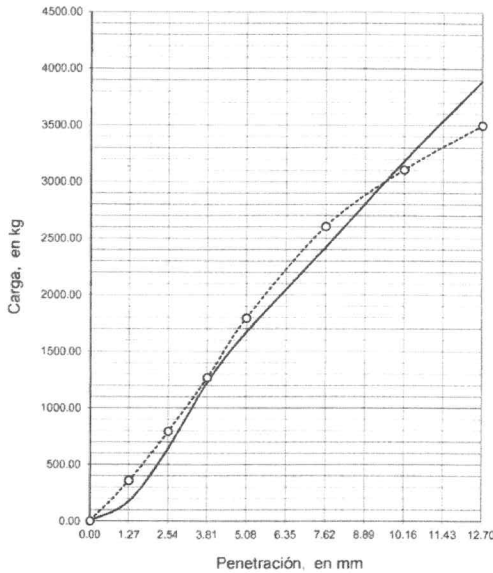
**Contenido de agua.**

No de cápsula: 5  
 Peso de cápsula: 63 g  
 Wm + cápsula: 433.35 g  
 Ws + cápsula: 404.72 g  
 Contenido de agua: 8.4 %

**Expansión libre** 6 "

Lectura inicial: 2.530 mm  
 Lectura final: 2.550 mm  
 % de expansión: 0.00 %

— VRS natural: 83 %  
 - - - VRS saturado: 89 %



Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	21	175.4	758.13	39.55	23.1	43	359.05	758.13	39.55	47.4
2.54	77	643.0	1,347.79	70.31	47.7	95	793.25	1,347.79	70.31	58.9
3.81	147	1227.5	1,768.97	92.28	69.4	152	1,269.20	1,768.97	92.28	71.7
5.08	200	1670.0	2,021.68	105.46	82.6	215	1,795.25	2,021.68	105.46	88.8
7.62	290	2421.5	2,560.79	133.58	94.6	312	2,605.20	2,560.79	133.58	101.7
10.16	381	3181.4	3,099.91	161.71	102.6	372	3,106.20	3,099.91	161.71	100.2
12.70	466	3891.1	3,504.24	182.80	111.0	419	3,498.65	3,504.24	182.80	99.8

Observaciones:

Clasificación: Gravas frac. subangulosas, tamaño max. 1", empacadas en arena bien graduada, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
340/497

**14.18 Resultados de los ensayos pk 25+640**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+640  
MÉXICO D.F.

03 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
341/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+640  
MÉXICO D.F.

03 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
342/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 24 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 25+640, del Tramo Parque de los Venados- Zapata.

En la cala del KM 25+640, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
343/497





- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL, LP$ .
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 03 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx





ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS																																																	
ASTM D-422																																																	
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																																													
Contrato No.				Sondeo	km 25+640																																												
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-ZAPATA			Tipo	Cala																																												
				Muestra	Centro de via																																												
				Prof. (m)	Base																																												
GUIJARROS		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA																																									
		GRAVA		ARENA																																													
Mallas			Sedimentación																																														
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa																																													
76.2 (3")	-	-	-	-																																													
50.8 (2")	-	-	-	-																																													
38.1 (1 1/2")	-	100.0	-	-																																													
25.4 (1")	159.03	90.8	-	-																																													
19.05 (3/4")	166.74	81.2	-	-																																													
12.7 (1/2")	140.04	73.1	-	-																																													
9.53 (3/8")	103.63	67.2	-	-																																													
6.35 (1/4")	183.17	56.6	-	-																																													
4.76 (No.4)	131.95	49.0	-	-																																													
2 (No.10)	246.78	34.8	-	-																																													
0.84 (No.20)	99.76	29.0	-	-																																													
0.42 (No.40)	112.43	22.5	-	-																																													
0.25 (No.60)	80.27	17.9	-	-																																													
0.149 (No.100)	75.66	13.5	-	-																																													
0.074 (No.200)	69.10	9.5	-	-																																													
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Cápsula No.</td> <td>5A</td> </tr> <tr> <td>Cáp. + muestra seca</td> <td>1910.24</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>1734.21</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Descripción del suelo</td> <td colspan="2">Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td> </tr> <tr> <td>Preparación / Pretratamiento</td> <td colspan="2">según ASTM D422</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td> <td>Gujarros / boleos</td> <td colspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>% Grava</td> <td colspan="2">51.00</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td colspan="2">39.50</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>%Finos</td> <td>9.50</td> </tr> <tr> <td>D<sub>10</sub></td> <td>0.08</td> <td>C<sub>u</sub></td> <td>92.1</td> </tr> <tr> <td>D<sub>30</sub></td> <td>1.04</td> <td>C<sub>c</sub></td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>D<sub>60</sub></td> <td>7.37</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Clasificación SUCS</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>G</b> <b>BIEN GRADUADA (W)</b></td> </tr> </table>					Cápsula No.	5A	Cáp. + muestra seca	1910.24	Peso de la muestra	1734.21	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422		Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-		% Grava	51.00		% Arena	39.50				%Finos	9.50	D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	92.1	D <sub>30</sub>	1.04	C <sub>c</sub>	1.8	D <sub>60</sub>	7.37			Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>BIEN GRADUADA (W)</b>	
Cápsula No.	5A																																																
Cáp. + muestra seca	1910.24																																																
Peso de la muestra	1734.21																																																
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																																																
	Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422																																															
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-																																															
	% Grava	51.00																																															
	% Arena	39.50																																															
		%Finos	9.50																																														
D <sub>10</sub>	0.08	C <sub>u</sub>	92.1																																														
D <sub>30</sub>	1.04	C <sub>c</sub>	1.8																																														
D <sub>60</sub>	7.37																																																
Clasificación SUCS		<b>G</b> <b>BIEN GRADUADA (W)</b>																																															
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>I.C.</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>02/07/2015</td> </tr> </table>		Operador	I.C.	Revisó	L.O.	Aprobó	M.G.	Fecha	02/07/2015	hoja 1 de 1																																				
Operador	I.C.																																																
Revisó	L.O.																																																
Aprobó	M.G.																																																
Fecha	02/07/2015																																																

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
347/497



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015														
				PÁGINA: 1 DE 1														
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:														
Contrato No.				Sondeo	km 25+640													
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA			Tipo	Cala													
				Muestra	Centro vía													
				Prof. (m)	Base de vía													
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 27/06/2015														
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1													
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C													
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4													
Número de golpes	N	41	30	20	10													
Cápsula No.		200	189	211	192													
Peso de la cápsula	g	20.05	21.98	20.14	25.83													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	26.17	29.50	28.19	33.99													
Peso del suelo seco+cápsula	g	25.11	28.18	26.74	32.46													
Contenido de agua	%	20.95	21.30	22.00	23.08													
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>														
Cápsula No.		172	320	Cápsula No.														
Peso de la cápsula	g	20.22	25.85	Peso de la cápsula g														
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	40.75	46.44	Peso suelo húmedo+cápsula g														
Peso del suelo seco+cápsula	g	38.61	44.29	Peso del suelo seco+cápsula g														
Contenido de agua	%	11.64	11.66	Contenido de agua %														
	Promedio	11.7		inicial	final													
				Altura	cm													
				Dsuperior	cm													
				Dmedio	cm													
				Dinferior	cm													
				Dpromedio	cm													
				Volumen	cm³													
				Ws	g													
<table border="1"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>21.7</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>11.7</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>10.1</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	21.7	%	Límite plástico	11.7	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	10.1	%	Clasificación SUCS	CL			
Límite líquido	21.7	%																
Límite plástico	11.7	%																
Límite de contracción	-	%																
Índice de plasticidad	10.1	%																
Clasificación SUCS	CL																	
Operador	J.S.	Fecha	27/06/2015															
Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015															
Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015															
				hoja 1 de 1														

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
348/497

**14.19 Resultados de los ensayos pk 25+770**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+770  
MÉXICO D.F.

10 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
349/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+770  
MÉXICO D.F.

10 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA



Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
350/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 24 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 25+770, del Tramo Parque de los Venados - Zapata.

En la cala del KM 25+770, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno; se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia LL, LP.
- e) Granulometría por mallas.
- f) Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C.  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 10 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
352/497

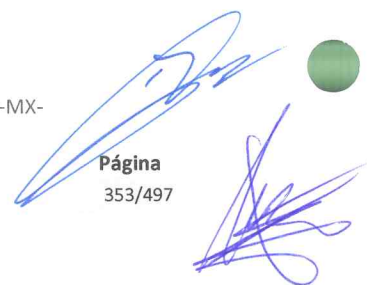
<p>FORMA LS-10, Rev. 2</p> <p>FECHA: 29/06/2015</p> <p>HOJA 1 DE 1</p> <p>CONSECUTIVO:</p>		<p><b>CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216</b></p>										
<p>Cliente ADIC INGENIERIA</p>	<p>Sondeo Tipo Calas</p>	<p>Calas Calas</p>	<p>DESCRIPCION DEL SUELO</p>								<p>Operador</p>	<p>Fecha</p>
<p>Contrato No.</p>	<p>Temperatura</p>	<p>110</p>	<p>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</p>								<p>Revisó</p>	<p>Fecha</p>
<p>Nombre METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA</p>	<p>Báscula No.</p>	<p>1</p>	<p>Horno No.</p>	<p>2</p>	<p>Capítulo, c</p>	<p>Peso humedo + c</p>	<p>Peso seco + c</p>	<p>W<sub>w</sub> g</p>	<p>W<sub>s</sub> g</p>	<p>w %</p>	<p>M.C.</p>	<p>Fecha</p>
<p>Equipo</p>	<p>No.</p>	<p>143</p>	<p>Long (cm)</p>	<p>S</p>	<p>119.13</p>	<p>323.54</p>	<p>317.69</p>	<p>11.85</p>	<p>198.56</p>	<p>6</p>	<p>L.O.</p>	<p>Fecha</p>
<p>Muestra</p>	<p>Sección</p>	<p>S</p>	<p>Centro de via</p>	<p>I</p>							<p>M.G.</p>	<p>Fecha</p>
<p>No.</p>	<p>Prof (m)</p>	<p>a</p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>1</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>2</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>3</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>4</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>5</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>6</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>7</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>8</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>9</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								
<p>10</p>	<p>0.70</p>	<p></p>	<p>S</p>	<p>I</p>								

Notas: w<sub>w</sub>, peso del agua; w<sub>s</sub>, peso de sólidos; w, contenido de agua; REC, recuperación de roca; ICR, índice de calidad de la roca  
S, sección superior; I, sección inferior; TM, tamaño máximo  
Forma LS-10, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015









<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				<b>FORMA LP-02, Rev. 1</b>			
				FECHA: <b>09/07/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: <b>ADIC INGENIERIA</b>				Datos muestra:			
Contrato No:				Sondeo: <b>KM 25+770</b>			
Nombre: <b>METRO LINEA 12</b>				Tipo: <b>CALA</b>			
TRAMO: <b>PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA</b>				Muestra: <b>Centro via</b>			
				Prof. (m):			
				Prof. media (m):			
Descripción del suelo: <b>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1", empaçadas en arena, con poco arcilla, color café</b>						Fecha de ejecución: <b>09/07/2015</b>	
Equipo de prueba		Molde No. <b>1</b>	Volumen del cilindro $V_{cil}$ : <b>3224.50</b> $cm^3$	Golpes por capa N: <b>56</b>			
			Peso del cilindro $W_{cil}$ : <b>5267.00</b> g	Número de capas n: <b>5</b>			
		Peso del pisón <b>4.55</b> kg	Altura de caída del pisón <b>43.80</b> cm	Energía de compactación <b>17.29</b> (kg cm)/ $cm^3$			
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_p + c$ (g)	$w_L + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_u$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	561	385.13	369.04	120.18	16.1	248.9	6.5
2	634	380.02	360.23	123.10	19.8	237.1	8.3
3	671	387.15	362.27	108.49	24.9	253.8	9.8
4	719	421.00	389.58	116.99	31.4	272.6	11.5
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{m\alpha} + W_{cil}$ (kg)	$W_{m\beta}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH ( $kg / m^3$ )	PVS ( $kg / m^3$ )		
1	11833	6566	0.94	2036	1912	Peso volumétrico seco máximo PVSM = <u>1.968</u> $kg/m^3$	
2	12081	6814	0.92	2113	1950	Contenido de agua óptimo $w_o$ = <u>9.6</u> %	
3	12234	6967	0.91	2161	1968		
4	12180	6913	0.90	2144	1922		
				Operador: <b>J.J.</b>	Fecha: <b>09/07/2015</b>		
				Revisó: <b>L.O.</b>	Fecha: <b>10/07/2015</b>		
				Aprobó: <b>M.G.</b>	Fecha: <b>10/07/2015</b>		
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
356/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318		FECHA: 10/07/2015			
		PÁGINA: 1 DE 1			
Cliente	ADIC INGENIERIA				
Contrato No					
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA			Datos muestra:	
				Sondeo	km 25+770
				Tipo	Cala
				Muestra	Centro vía
		Prof. (m)	Base de vía		
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina		Fecha de ejecución 07/07/2015		
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40		
			Horno No. 1		
			Báscula No. 1		
			Temp. de secado 110 °C		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
	Prueba No.	1	2		
Número de golpes	N	43	32		
Cápsula No.		293	318		
Peso de la cápsula	g	32.30	25.08		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	38.81	33.78		
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.56	32.05		
Contenido de agua	%	23.76	24.62		
			25.35		
			27.43		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
	Prueba No.	1	2		
Cápsula No.		347	181		
Peso de la cápsula	g	25.61	26.20		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	48.82	51.37		
Peso del suelo seco+cápsula	g	46.13	48.47		
Contenido de agua	%	13.11	13.02		
	Promedio	13.1			
<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>					
		inicial	final		
Altura	cm				
D <sub>superior</sub>	cm				
D <sub>medio</sub>	cm				
D <sub>inferior</sub>	cm				
D <sub>promedio</sub>	cm				
Volumen	cm <sup>3</sup>				
Ws	g				
		<b>Límite líquido</b>	<b>25.6</b> %		
		<b>Límite plástico</b>	<b>13.1</b> %		
		<b>Límite de contracción</b>	<b>-</b> %		
		<b>Índice de plasticidad</b>	<b>12.6</b> %		
		<b>Clasificación SUCS</b>	<b>CL</b>		
Operador	J.S.	Fecha	07/07/2015		
Revisó	L. O.	Fecha	10/07/2015		
Aprobó	M.G.	Fecha	10/07/2015		
			hoja 1 de 1		

Número de golpes, N	Contenido de agua, %
10	27.5
20	25.5
30	24.5
40	23.8

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
357/497

		<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3																																																																																																												
				FECHA:	07/07/2015																																																																																																											
Cliente:		ADIC INGENIERIA		CONSECUTIVO:																																																																																																												
Contrato No.:				Sondeo:																																																																																																												
Obra y sitio:		METRO LÍNEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS-ZAPATA		Km 25+770																																																																																																												
				Tipo:																																																																																																												
				Cala																																																																																																												
				Muestra:																																																																																																												
				1 int. (centro de vía)																																																																																																												
				Prof. (m):																																																																																																												
				---																																																																																																												
				Prof. media (m):																																																																																																												
				---																																																																																																												
		GRUESA FINA	GRUESA MEDIA FINA	LIMO	ARCILLA																																																																																																											
		GRAVA		ARENA																																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mallas</th> </tr> <tr> <th>Tamaño partículas (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2 (3")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>50.8 (2")</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>38.1 (1 1/2")</td><td>-</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>25.4 (1")</td><td>1261.00</td><td>91.9</td></tr> <tr><td>19.05 (3/4")</td><td>1296.00</td><td>83.5</td></tr> <tr><td>12.7 (1/2")</td><td>1218.00</td><td>75.7</td></tr> <tr><td>9.53 (3/8")</td><td>1012.00</td><td>69.1</td></tr> <tr><td>6.35 (1/4")</td><td>1359.00</td><td>60.4</td></tr> <tr><td>4.76 (NO 4)</td><td>1159.00<sup>10</sup></td><td>52.9</td></tr> <tr><td>2 (No.10)</td><td>33.05</td><td>44.2</td></tr> <tr><td>0.84 (No.20)</td><td>28.66</td><td>36.6</td></tr> <tr><td>0.42 (No.40)</td><td>32.56</td><td>28.0</td></tr> <tr><td>0.25 (No.80)</td><td>23.57</td><td>21.7</td></tr> <tr><td>0.149 (No.100)</td><td>24.76</td><td>15.2</td></tr> <tr><td>0.074 (No.200)</td><td>29.72</td><td>7.3</td></tr> </tbody> </table>		Mallas			Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	%	76.2 (3")	-	-	50.8 (2")	-	-	38.1 (1 1/2")	-	100.0	25.4 (1")	1261.00	91.9	19.05 (3/4")	1296.00	83.5	12.7 (1/2")	1218.00	75.7	9.53 (3/8")	1012.00	69.1	6.35 (1/4")	1359.00	60.4	4.76 (NO 4)	1159.00 <sup>10</sup>	52.9	2 (No.10)	33.05	44.2	0.84 (No.20)	28.66	36.6	0.42 (No.40)	32.56	28.0	0.25 (No.80)	23.57	21.7	0.149 (No.100)	24.76	15.2	0.074 (No.200)	29.72	7.3	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>wcilindro + mat =</td><td>18,897 gr</td></tr> <tr><td>wcilindro =</td><td>3,392 gr</td></tr> <tr><td>wmaterial =</td><td>15,505 gr</td></tr> <tr><td>Volumen =</td><td>9,690 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>Altura del cil =</td><td>19.90 cm</td></tr> <tr><td>Altura faltante =</td><td>0.00 cm</td></tr> <tr><td>γ<sub>ds</sub> =</td><td>1.600 kg/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>γ<sub>ds</sub> =</td><td>1.60 g/cm<sup>3</sup></td></tr> </tbody> </table>		DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		wcilindro + mat =	18,897 gr	wcilindro =	3,392 gr	wmaterial =	15,505 gr	Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>	Altura del cil =	19.90 cm	Altura faltante =	0.00 cm	γ <sub>ds</sub> =	1.600 kg/cm <sup>3</sup>	γ <sub>ds</sub> =	1.60 g/cm <sup>3</sup>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4</td><td>15505 g</td></tr> <tr><td>Peso de la muestra usado después de la malla No. 4</td><td>200 g</td></tr> <tr><td>Descripción del suelo</td><td>Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café</td></tr> <tr><td>Preparación / Pretratamiento</td><td>según SRH (1970)</td></tr> <tr><td rowspan="3">Proporciones de la muestra</td><td>Gujarros / boleos</td><td>-</td></tr> <tr><td>% Grava</td><td>47.1</td></tr> <tr><td>% Arena</td><td>45.6</td></tr> <tr><td></td><td>%Finos</td><td>7.3</td></tr> <tr><td>D<sub>10</sub></td><td>0.1</td><td>C<sub>u</sub></td><td>62.70</td></tr> <tr><td>D<sub>30</sub></td><td>0.52</td><td>C<sub>c</sub></td><td>0.4</td></tr> <tr><td>D<sub>60</sub></td><td>6.27</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Clasificación</td><td colspan="3" style="text-align: center;"><b>GP-GC</b></td></tr> <tr><td>SUCS</td><td colspan="3"></td></tr> </tbody> </table>		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15505 g	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g	Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café	Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-	% Grava	47.1	% Arena	45.6		%Finos	7.3	D <sub>10</sub>	0.1	C <sub>u</sub>	62.70	D <sub>30</sub>	0.52	C <sub>c</sub>	0.4	D <sub>60</sub>	6.27			Clasificación	<b>GP-GC</b>			SUCS			
Mallas																																																																																																																
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	%																																																																																																														
76.2 (3")	-	-																																																																																																														
50.8 (2")	-	-																																																																																																														
38.1 (1 1/2")	-	100.0																																																																																																														
25.4 (1")	1261.00	91.9																																																																																																														
19.05 (3/4")	1296.00	83.5																																																																																																														
12.7 (1/2")	1218.00	75.7																																																																																																														
9.53 (3/8")	1012.00	69.1																																																																																																														
6.35 (1/4")	1359.00	60.4																																																																																																														
4.76 (NO 4)	1159.00 <sup>10</sup>	52.9																																																																																																														
2 (No.10)	33.05	44.2																																																																																																														
0.84 (No.20)	28.66	36.6																																																																																																														
0.42 (No.40)	32.56	28.0																																																																																																														
0.25 (No.80)	23.57	21.7																																																																																																														
0.149 (No.100)	24.76	15.2																																																																																																														
0.074 (No.200)	29.72	7.3																																																																																																														
DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO																																																																																																																
wcilindro + mat =	18,897 gr																																																																																																															
wcilindro =	3,392 gr																																																																																																															
wmaterial =	15,505 gr																																																																																																															
Volumen =	9,690 cm <sup>3</sup>																																																																																																															
Altura del cil =	19.90 cm																																																																																																															
Altura faltante =	0.00 cm																																																																																																															
γ <sub>ds</sub> =	1.600 kg/cm <sup>3</sup>																																																																																																															
γ <sub>ds</sub> =	1.60 g/cm <sup>3</sup>																																																																																																															
Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15505 g																																																																																																															
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g																																																																																																															
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café																																																																																																															
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)																																																																																																															
Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-																																																																																																														
	% Grava	47.1																																																																																																														
	% Arena	45.6																																																																																																														
	%Finos	7.3																																																																																																														
D <sub>10</sub>	0.1	C <sub>u</sub>	62.70																																																																																																													
D <sub>30</sub>	0.52	C <sub>c</sub>	0.4																																																																																																													
D <sub>60</sub>	6.27																																																																																																															
Clasificación	<b>GP-GC</b>																																																																																																															
SUCS																																																																																																																
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Operador:</td><td>J.J.</td><td rowspan="4" style="text-align: right;">hoja 1 de 1</td></tr> <tr><td>Revisó:</td><td>L.O.</td></tr> <tr><td>Aprobó:</td><td>M.G.</td></tr> <tr><td>Fecha:</td><td>07/07/2015</td></tr> </tbody> </table>		Operador:	J.J.	hoja 1 de 1	Revisó:	L.O.	Aprobó:	M.G.	Fecha:	07/07/2015																																																																																																		
Operador:	J.J.	hoja 1 de 1																																																																																																														
Revisó:	L.O.																																																																																																															
Aprobó:	M.G.																																																																																																															
Fecha:	07/07/2015																																																																																																															

Forma LS-13, Rev.3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
358/497



**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA

Sondeo CALAS

Sondeo: Km. 25+770 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 08/07/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	8.00	6.10	6.25	2.70	2.65	42.40	
2	10.00	6.40		2.60			

Sondeo: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones



**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Parque de los Venados - Zapata  
**Sitio:** Km 25+770 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 07-jul-15

**Datos del molde.**

**Número:** 27  
**Diámetro:** 6 pulg

**Datos del anillo.**

**Constante:** 8.35

**Datos de la prueba.**

**Peso mat + molde:** 9,191.00 g  
**Peso del molde:** 4,800.00 g  
**Peso húmedo:** 4,391.00 g  
**Peso seco:** 4,072.37 g

**Agua agregada:** 300 cm<sup>3</sup>  
**Altura molde:** 17.74 cm  
**Altura faltante:** 6.22 cm  
**Altura material:** 11.52 cm

**Area del molde:** 182.89 cm<sup>2</sup>  
**Volumen del molde:** 2,106.94 cm<sup>3</sup>

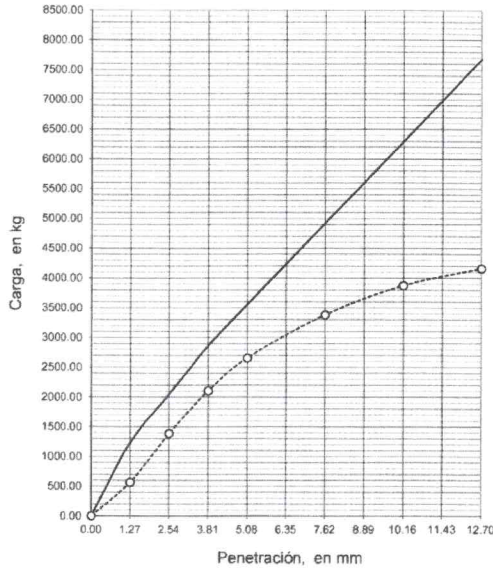
**Peso vol. húmedo:** 2,084 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,930 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

**No de cápsula:** 36  
**Peso de cápsula:** 61.87 g  
**Wm + cápsula:** 444.57 g  
**Ws + cápsula:** 416.80 g  
**Contenido de agua:** 7.8 %

**Expansión libre** 6 "  
**Lectura inicial:** 4.300 mm  
**Lectura final:** 4.300 mm  
**% de expansión:** 0.00 %

— VRS natural: 176 %  
 - - - VRS saturado: 131 %



Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	148	1235.8	758.13	39.55	163.0	68	567.80	758.13	39.55	74.9
2.54	245	2045.8	1,347.79	70.31	151.8	166	1,386.10	1,347.79	70.31	102.8
3.81	343	2864.1	1,768.97	92.28	161.9	252	2,104.20	1,768.97	92.28	119.0
5.08	426	3557.1	2,021.68	105.46	175.9	318	2,655.30	2,021.68	105.46	131.3
7.62	590	4926.5	2,560.79	133.58	192.4	405	3,381.75	2,560.79	133.58	132.1
10.16	753	6287.6	3,099.91	161.71	202.8	464	3,874.40	3,099.91	161.71	125.0
12.70	920	7682.0	3,504.24	182.80	219.2	498	4,158.30	3,504.24	182.80	118.7

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1", empacadas en arena, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
360/497

14.20 Resultados de los ensayos pk 25+970

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+970  
MÉXICO D.F.

02 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
361/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 25+970  
MÉXICO D.F.

02 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
362/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 24 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 25+970, del Tramo Parque de los Venados- Zapata.

En la cala del KM 25+970, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
363/497



- c) Contenido natural de agua *w*.
- d) Límites de consistencia *LL*, *LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 02 de julio, 2015

GEOTEC S.A de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
364/497



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015		
				PÁGINA: 1 DE 1		
Ciiente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:		
Contrato No				Sondeo	km 25+970	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: PARQUE DE LOS VENADOS - ZAPATA			Tipo	Cala	
				Muestra	Centro via	
				Prof. (m)	Base de via	
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 26/06/2015		
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1	
			Báscula No.	1	Temp. de secado	
				110	°C	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4
Número de golpes	N		44	32	21	8
Cápsula No.			153	181	326	183
Peso de la cápsula	g		20.05	26.20	20.34	20.99
Peso del suelo húmedo+cápsula	g		26.60	32.78	27.66	28.87
Peso del suelo seco+cápsula	g		25.33	31.47	26.14	27.14
Contenido de agua	%		24.05	24.86	26.10	28.13
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>	
Cápsula No.			150	344	Cápsula No.	
Peso de la cápsula	g		26.01	20.09	Peso de la cápsula g	
Peso del suelo húmedo+cápsula	g		46.87	39.96	Peso suelo húmedo+cápsula g	
Peso del suelo seco+cápsula	g		44.42	37.65	Peso del suelo seco+cápsula g	
Contenido de agua	%		13.31	13.15	Contenido de agua %	
		Promedio	13.2			
			Altura cm		inicial	final
			Dsuperior cm			
			Dmedio cm			
			Dinferior cm			
			Dpromedio cm			
			Volumen cm³			
			Ws g			
			<b>Límite líquido</b>		<b>25.5</b>	%
			<b>Límite plástico</b>		<b>13.2</b>	%
			<b>Límite de contracción</b>		<b>-</b>	%
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>12.3</b>	%			
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>				
Operador	J.S.	Fecha	26/06/2015			
Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015			
Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015			
hoja 1 de 1						

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
368/497

**14.21 Resultados de los ensayos pk 26+320**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+320  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
369/497





REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+320  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
370/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 23 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 26+320, del Tramo Zapata - 20 de Noviembre.

En la cala del KM 26+320, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
371/497

- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 01 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

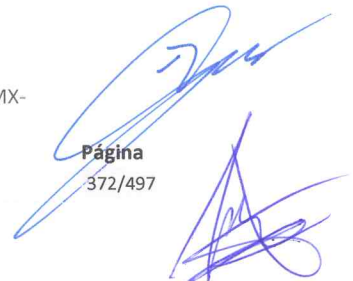
Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
372/497









**ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS**  
ASTM D-422

Cliente	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.		Sondeo	km 26+320
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE	Tipo	Cala
		Muestra	Centro de via
		Prof. (m)	Base

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
	GRAVA		ARENA				

Porcentaje que pasa

Malas			Sedimentación	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas mm	% pasa
76.2 (3")	-	-	-	-
50.8 (2")	-	100.0	-	-
38.1 (1 1/2")	174.22	92.1	-	-
25.4 (1")	246.98	80.8	-	-
19.05 (3/4")	293.25	67.5	-	-
12.7 (1/2")	374.22	50.4	-	-
9.53 (3/8")	121.81	44.9	-	-
6.35 (1/4")	235.23	34.2	-	-
4.76 (No.4)	131.88	28.1	-	-
2 (No.10)	189.05	19.6	-	-
0.84 (No.20)	67.89	16.5	-	-
0.42 (No.40)	71.78	13.2	-	-
0.25 (No.60)	51.18	10.9	-	-
0.149 (No.100)	46.77	8.8	-	-
0.074 (No.200)	45.19	6.7	-	-

Cápsula No.	D		
Cáp. + muestra seca	2449.54		
Peso de la muestra	2195.66		
Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café		
Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422		
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleos	-	
	% Grava	71.90	
	% Arena	21.40	
	% Finos	6.70	
D10	0.21	Cu	77.4
D30	5.26	Cc	8.1
D60	16.26		
Clasificación SUCS	<b>G MAL GRADUADA (P)</b>		

Operador	I.C.	hoja 1 de 1
Revisó	L.O.	
Aprobó	M.G.	
Fecha	29/06/2015	

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Ciiente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 26+320																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ZAPATA-20 DE NOVIEMBRE			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro via																												
				Prof. (m)	Base de via																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 24/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado 110 °C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	40	29	19	9																												
Cápsula No.		232	238	312	257																												
Peso de la cápsula	g	30.88	26.44	25.31	31.47																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	39.90	35.03	34.97	43.76																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	38.23	33.39	33.07	41.20																												
Contenido de agua	%	22.80	23.60	24.48	26.31																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		256	208	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	19.59	19.99	Peso de la cápsula g																													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	38.60	40.42	Peso suelo húmedo+cápsula g																													
Peso del suelo seco+cápsula	g	36.57	38.24	Peso del suelo seco+cápsula g																													
Contenido de agua	%	11.96	11.95	Contenido de agua %																													
	Promedio	12.0																															
			<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>D<sub>superior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>medio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>inferior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>promedio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>			Altura	cm	inicial	final	D <sub>superior</sub>	cm			D <sub>medio</sub>	cm			D <sub>inferior</sub>	cm			D <sub>promedio</sub>	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
Altura	cm	inicial	final																														
D <sub>superior</sub>	cm																																
D <sub>medio</sub>	cm																																
D <sub>inferior</sub>	cm																																
D <sub>promedio</sub>	cm																																
Volumen	cm <sup>3</sup>																																
Ws	g																																
			<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>24.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>12.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>12.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>			Límite líquido	24.0	%	Límite plástico	12.0	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	12.1	%	Clasificación SUCS	CL														
Límite líquido	24.0	%																															
Límite plástico	12.0	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	12.1	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
Operador J.S. Fecha 24/06/2015				Revisó L. O. Fecha 29/06/2015																													
Aprobó M.G. Fecha 29/06/2015				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
376/497

14.22 Resultados de los ensayos pk 26+380

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+380  
MÉXICO D.F.

10 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
377/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+380  
MÉXICO D.F.

10 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
378/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 23 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 26+380, del Tramo Zapata - 20 de Noviembre.

En la cala del KM 26+380, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno; se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
379/497

- c) Contenido natural de agua  $w$ .
- d) Límites de consistencia  $LL$ ,  $LP$ .
- e) Granulometría por mallas.
- f) Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C.  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 10 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
380/497



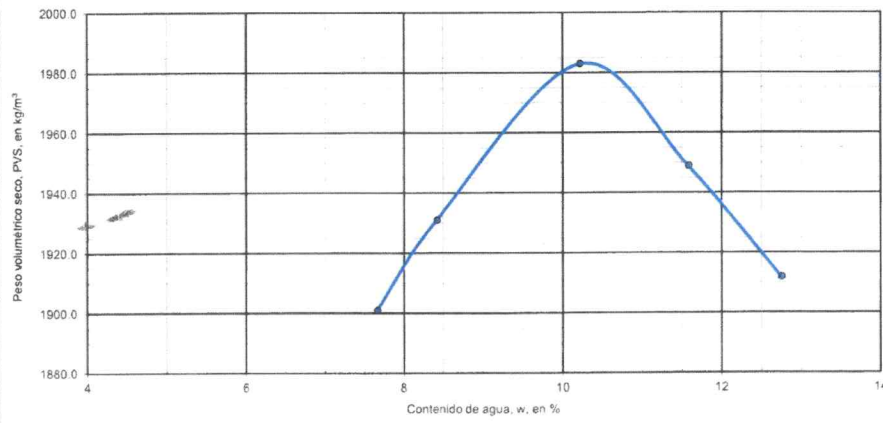






PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557		FORMA LP-02, Rev. 1																	
		FECHA: 09/07/2015																	
		HOJA: 1 DE 1																	
		CONSECUTIVO:																	
Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No.: Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE		Datos muestra: Sondeo: KM 26+380 Tipo: CALA Muestra: Centro via Prof. (m): Prof. media (m):																	
Descripción del suelo: Gravillas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro		Fecha de ejecución: 09/07/2015																	
Equipo de prueba:		Molde No.: 1 Volumen del cilindro $V_{cil}$ : 3224.50 cm <sup>3</sup> Golpes por capa N: 56 Peso del cilindro $W_{cil}$ : 5267.00 g Número de capas n: 5 Peso del pisón: 4.55 kg Altura de caída del pisón: 43.80 cm Energía de compactación: 17.29 (kg cm)/cm <sup>3</sup>																	
<b>Contenido de agua</b>																			
Prueba No.	Cápsula No.	$w_s + c$ (g)	$w_s + c$ (g)	$w_s$ (g)	$w_w$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)												
1	709	377.51	359.17	119.88	18.3	239.3	7.7												
2	792	377.59	357.66	120.95	19.9	236.7	8.4												
3	532	401.02	374.81	118.35	26.2	256.5	10.2												
4	617	429.41	396.96	116.87	32.5	280.1	11.6												
5	716	416.97	383.33	119.53	33.6	263.8	12.8												
<b>Peso volumétrico seco</b>																			
Prueba No.	$W_{mo} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mo}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / m <sup>3</sup> )	PVS (kg / m <sup>3</sup> )														
1	11869	6602	0.93	2047	1901	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 1.963 kg/m <sup>3</sup>													
2	12019	6752	0.92	2094	1931	Contenido de agua óptimo $w_o = 10.3$ %													
3	12316	7049	0.91	2186	1983														
4	12279	7012	0.90	2175	1949														
5	12220	6953	0.89	2156	1912														
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Operador</td> <td>J.J.</td> <td>Fecha</td> <td>09/07/2015</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>L.O.</td> <td>Fecha</td> <td>10/07/2015</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>M.G.</td> <td>Fecha</td> <td>10/07/2015</td> </tr> </table>				Operador	J.J.	Fecha	09/07/2015	Revisó	L.O.	Fecha	10/07/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	10/07/2015
Operador	J.J.	Fecha	09/07/2015																
Revisó	L.O.	Fecha	10/07/2015																
Aprobó	M.G.	Fecha	10/07/2015																

Forma LP-02, Rev. 1



Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

Página  
 384/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 10/07/2015																																												
				PÁGINA: 1 DE 1																																												
Cliente: ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																																													
Contrato No:			Sondeo: km 26+380																																													
Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE			Tipo: Cala																																													
			Muestra: Centro vía																																													
			Prof. (m): Base de vía																																													
Descripción del suelo: Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución: 07/07/2015																																													
Equipo de prueba:		Copa No. 1	Malla de referencia: No. 40	Horno No. 1																																												
		Báscula No. 1	Temp. de secado: 110 °C																																													
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3																																											
Número de golpes		N	42	30	20																																											
Cápsula No.			301	239	357																																											
Peso de la cápsula		g	25.29	31.54	26.91																																											
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	34.39	39.10	34.80																																											
Peso del suelo seco+cápsula		g	32.62	37.59	33.15																																											
Contenido de agua		%	24.15	24.96	26.44																																											
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																																											
Cápsula No.			211	172	Cápsula No.																																											
Peso de la cápsula		g	20.14	20.22	Peso de la cápsula																																											
Peso del suelo húmedo+cápsula		g	43.28	40.18	Peso suelo húmedo+cápsula																																											
Peso del suelo seco+cápsula		g	40.26	37.58	Peso del suelo seco+cápsula																																											
Contenido de agua		%	15.01	14.98	Contenido de agua																																											
		Promedio	15.0																																													
		<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm³</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm³			Ws	g			<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>25.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>15.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>10.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	25.8	%	Límite plástico	15.0	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	10.8	%	Clasificación SUCS	CL	
Altura	cm	inicial	final																																													
Dsuperior	cm																																															
Dmedio	cm																																															
Dinferior	cm																																															
Dpromedio	cm																																															
Volumen	cm³																																															
Ws	g																																															
Límite líquido	25.8	%																																														
Límite plástico	15.0	%																																														
Límite de contracción	-	%																																														
Índice de plasticidad	10.8	%																																														
Clasificación SUCS	CL																																															
Operador: J.S.		Fecha:	07/07/2015																																													
Revisó: L. O.		Fecha:	10/07/2015																																													
Aprobó: M.G.		Fecha:	10/07/2015																																													
			hoja 1 de 1																																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
385/497



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)		FORMA LS-13, Rev. 3
Cliente: ADIC INGENIERIA		FECHA: 08/07/2015
Contrato No.:		PAG: 1 DE: 1
Obra y sitio: METRO LINEA 12 TRAMO. ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE		CONSECUTIVO:
		Datos muestra:
		Sondeo: Km 26+380
		Tipo: Cala
		Muestra: 1 int. (centro de vía)
		Prof. (m): ---
		Prof. media (m): ---

GUIJARROS	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
GRAVA						ARENA	

Porcentaje que pasa

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO		Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	wcilindro + mat =	19,158	gr	15766 g
76.2 (3")	-	-	wcilindro =	3,392	gr	Peso de la muestra usado después de la malla No. 4
50.8 (2")	-	100.0	wmaterial =	15,766	gr	200 g
38.1 (1 1/2")	255.00	98.4	Volumen =	9,690	cm <sup>3</sup>	Descripción del suelo: Gravitas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro
25.4 (1")	2021.00	85.6	Altura del cil =	19.90	cm	
19.05 (3/4")	1495.00	76.1	Altura faltante =	0.00	cm	Preparación / Pretratamiento: según SRH (1970)
12.7 (1/2")	1947.00	63.7	Y <sub>ds</sub> =	1.627	kg/cm <sup>3</sup>	Proporciones de la muestra
9.53 (3/8")	1395.00	54.9	Y <sub>sa</sub> =	1.63	g/cm <sup>3</sup>	
6.35 (1/4")	1636.00	44.5				% Grava: 60.8
4.75 (No. 4)	842.00	39.2				% Arena: 31.9
2 (No. 10)	55.78	26.3				% Finos: 7.3
0.84 (No. 20)	31.22	22.1				D <sub>10</sub> : 0.15
0.42 (No. 40)	30.33	16.2				D <sub>30</sub> : 2.43
0.25 (No. 60)	16.23	13.0				D <sub>60</sub> : 11.37
0.149 (No. 100)	16.02	9.9				C <sub>u</sub> : 75.80
0.074 (No. 200)	12.97	7.3				C <sub>c</sub> : 3.5

Clasificación SUCS	<b>GP-GC</b>
--------------------	--------------

Operador: J.J.	hoja 1 de 1
Revisó: L.O.	
Aprobó: M.G.	
Fecha: 08/07/2015	

Forma LS-13, Rev 3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
386/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 26+380 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 09/07/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	8.00	6.70	6.7	2.20	2.2	32.84	
2	10.00	6.70		2.20			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Página  
387/497

**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: Zapata - 20 de Noviembre  
**Sitio:** Km 26+380 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 07-jul-15

**Datos del molde.**

Número: 2  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde: 9,443.00 g  
 Peso del molde: 5,030.00 g  
 Peso húmedo: 4,413.00 g  
 Peso seco: 4,008.43 g

Agua agregada: 350 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde: 17.76 cm  
 Altura faltante: 6.26 cm  
 Altura material: 11.50 cm

Area del molde: 181.70 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,089.52 cm<sup>3</sup>

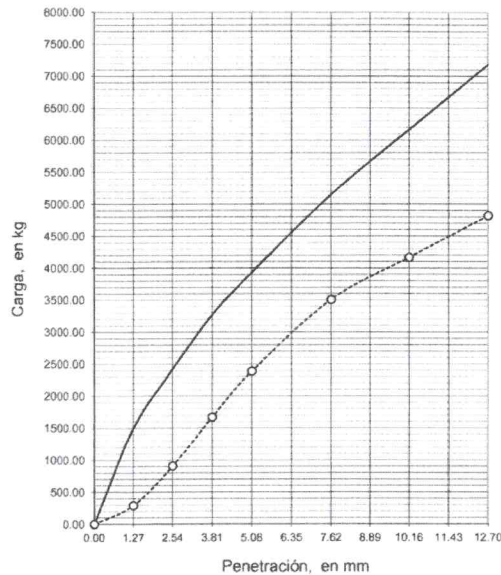
**Peso vol. húmedo:** 2,112 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 1,920 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 5  
 Peso de cápsula: 63.01 g  
 Wm + cápsula: 469.55 g  
 Ws + cápsula: 432.28 g  
 Contenido de agua: 10.1 %

**Expansión libre** 6 "

Lectura inicial: 4.300 mm  
 Lectura final: 4.300 mm  
 % de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 198 %  
 - - - - VRS saturado: 118 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	180	1503.0	758.13	39.55	198.3	35	292.25	758.13	39.55	38.5
2.54	290	2421.5	1,347.79	70.31	179.7	109	910.15	1,347.79	70.31	67.5
3.81	392	3273.2	1,768.97	92.28	185.0	200	1,670.00	1,768.97	92.28	94.4
5.08	471	3932.9	2,021.68	105.46	194.5	286	2,388.10	2,021.68	105.46	118.1
7.62	617	5152.0	2,560.79	133.58	201.2	420	3,507.00	2,560.79	133.58	136.9
10.16	738	6162.3	3,099.91	161.71	198.8	499	4,166.65	3,099.91	161.71	134.4
12.70	860	7181.0	3,504.24	182.80	204.9	577	4,817.95	3,504.24	182.80	137.5

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café claro

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
388/497

**14.23 Resultados de los ensayos pk 26+540**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+540  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
389/497





REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+540  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
390/497

## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 23 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 26+540, del Tramo Zapata - 20 de Noviembre.

En la cala del KM 26+540, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayes:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
391/497

ADIC INGENIERÍA

Ensayes en la Línea 12 del Metro

- c) Contenido natural de agua *w*.
- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 01 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
392/497








ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS									
ASTM D-422									
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:					
Contrato No.				Sondeo	km 26+540				
Nombre	METRO LÍNEA 12 TRAMO: ZAPATA - 20 DE NOVIEMBRE			Tipo	Cala				
				Muestra	Centro de vía				
				Prof. (m)	Base				
		GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA	
		GRAVA		ARENA					
Mallas			Sedimentación						
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa	Tam. partículas (mm)	% pasa					
76.2 (3")	-	-	-	-					
50.8 (2")	-	100.0	-	-					
38.1 (1 1/2")	172.89	91.5	-	-					
25.4 (1")	238.51	79.9	-	-					
19.05 (3/4")	206.36	69.8	-	-					
12.7 (1/2")	182.25	60.9	-	-					
9.53 (3/8")	137.75	54.1	-	-					
6.35 (1/4")	237.62	42.5	-	-					
4.76 (No.4)	129.53	36.2	-	-					
2 (No.10)	199.37	26.4	-	-					
0.84 (No.20)	84.63	22.3	-	-					
0.42 (No.40)	81.33	18.3	-	-					
0.25 (No.60)	56.14	15.6	-	-					
0.149 (No.100)	51.95	13.0	-	-					
0.074 (No.200)	60.59	10.1	-	-					
					Cápsula No.	4			
					Cáp. + muestra seca	2298.62			
					Peso de la muestra	2044.04			
					Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café			
					Preparación / Pretratamiento	según ASTM D422			
					Proporciones de la muestra	Gujarros / boleos	-		
						% Grava	63.80		
						% Arena	26.10		
						%Finos	10.10		
					D10	0.07			
					D30	3.01		Cu	175.4
					De0	12.28		Cc	10.5
					Clasificación SUCS	<b>G</b> <b>MAL GRADUADA (P)</b>			
					Operador	I.C.		hoja 1 de 1	
					Revisó	L.O.			
					Aprobó	M.G.			
					Fecha	29/06/2015			

Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015



Página  
395/497

14.24 Resultados de los ensayos pk 26+900

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+900  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
396/497

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 26+900  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
397/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 19 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 26+900, del Tramo 20 de Noviembre – Insurgentes Sur.

En la cala del KM 26+900, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

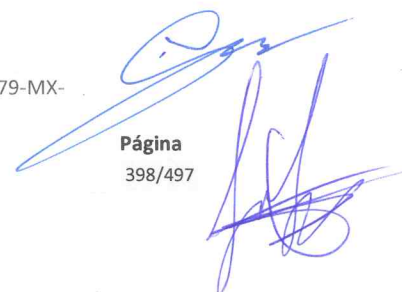
Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
398/497



- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 01 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
399/497

FORMA LS-10, Rev. 2		FECHA: 23/06/2015	
HOJA 1 DE 1		CONSECUTIVO:	
<b>CLASIFICACIÓN VISUAL Y CONTENIDO DE AGUA, ASTM D2216</b>			
Cliente	ADIC INGENIERIA	Sondeo	Calas
Contrato No.		Tipo	Calas
Nombre	METRO LINEA 12	Temperatura	°C
Equipo	TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE-INSURGENTES SUR	110	
Báscula No.	1	Horno No.	2
<b>DESCRIPCION DEL SUELO</b>			
Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café			

No.	Prof (m)	Sección	Capítulo, c		Peso húmedo + c	Peso seco + c	w <sub>n</sub>	w <sub>s</sub>	w
			No.	Long (cm)					
1	26-900	S	103	121.20	387.20	381.78	15.42	260.58	6
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							
		S							
		I							

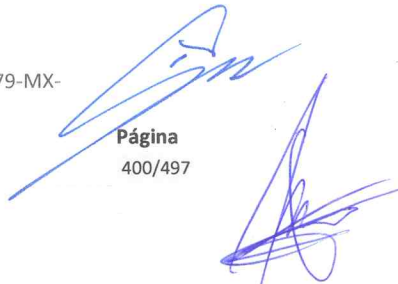
Notas: w<sub>n</sub>, peso de agua; w<sub>s</sub>, peso de sólidos; w, contenido de agua; REC, recuperación de roca; ICR, índice de calidad de la roca  
S, sección superior; I, sección inferior; TM, tamaño máximo

Forma LS-10, Rev 2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

  
Página  
400/497

**Determinación del peso volumetrico "in situ" (Cono de Arena)**

Cliente	ADIC INGENIERIA
Contrato No.	
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE-INSURGENTES SUR

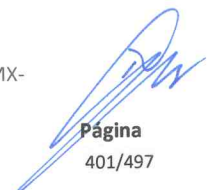
Sondeo CALAS

Cala	Peso material humedo gr	Peso de cono + arena (inicial) gr	Peso de arena en cono (inferior) gr	Peso de cono + arena sobrante gr	Peso de arena en la cavidad gr	Densidad de arena gr/cm <sup>3</sup>	Volumen de la cavidad cm <sup>3</sup>	$\gamma_m$ gr/cm <sup>3</sup>
cala km 26+900	2552.72	7087.00	2160.33	2789.00	2137.67	1.40	1526.91	1.67

Cala	Capsula #	wm gr	W <sub>seco</sub> gr	W <sub>agua</sub> gr	W <sub>hara</sub> gr	W <sub>hseca</sub> gr	W (cont-agua) %	$\gamma_d$ ( $\gamma_d/w$ ) gr/cm <sup>3</sup>
cala km 26+900	103	397.20	381.78	15.42	121.20	260.58	5.90	1.58



**Página**  
401/497








		LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 23/06/2015																
						PÁGINA: 1 DE 1																
Cliente	ADIC INGENIERIA					Datos muestra:																
Contrato No						Sondeo	km 26+900															
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE-INSURGENTES SUR					Tipo	Cala															
						Muestra	Centro vía															
						Prof. (m)	Base de vía															
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina				Fecha de ejecución																	
						22/06/2015																
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																	
			Báscula No.	1	Temp. de secado	110 °C																
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		Prueba No.	1	2	3	4																
Número de golpes	N	40	30	20	10																	
Cápsula No.		233	345	266	333																	
Peso de la cápsula	g	25.41	26.68	31.21	24.80																	
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	33.04	34.56	38.42	33.12																	
Peso del suelo seco+cápsula	g	31.75	33.18	37.11	31.50																	
Contenido de agua	%	20.35	21.23	22.10	24.18																	
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																	
Cápsula No.		204	178	Cápsula No.																		
Peso de la cápsula	g	20.30	20.17	Peso de la cápsula	g																	
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	39.63	38.84	Peso suelo húmedo+cápsula	g																	
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.47	36.77	Peso del suelo seco+cápsula	g																	
Contenido de agua	%	12.58	12.47	Contenido de agua	%																	
		Promedio	12.5																			
		inicial		final																		
		Altura	cm																			
		Dsuperior	cm																			
		Dmedio	cm																			
		Dinferior	cm																			
		Dpromedio	cm																			
		Volumen	cm <sup>3</sup>																			
		Ws	g																			
		<table border="1"> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>21.8</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>12.5</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite de contracción</td> <td>-</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad</td> <td>9.3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>CL</td> <td></td> </tr> </table>		Límite líquido	21.8	%	Límite plástico	12.5	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	9.3	%	Clasificación SUCS	CL					
		Límite líquido	21.8	%																		
Límite plástico	12.5	%																				
Límite de contracción	-	%																				
Índice de plasticidad	9.3	%																				
Clasificación SUCS	CL																					
Operador	J.S.	Fecha	22/06/2015																			
Revisó	L. O.	Fecha	23/06/2015																			
Aprobó	M.G.	Fecha	23/06/2015																			
hoja 1 de 1																						

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
403/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 29/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 26+540																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: ZAPATA-20 DE NOVIEMBRE			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro vía																												
				Prof. (m)	Base de vía																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución 24/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado	110 °C																											
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	40	30	19	9																												
Cápsula No.		221	247	293	219																												
Peso de la cápsula	g	31.54	28.30	32.30	31.10																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	39.29	36.26	42.83	38.87																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	37.80	34.70	40.67	37.18																												
Contenido de agua	%	23.80	24.37	25.81	27.80																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																																	
	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		209	160	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	19.15	19.87	Peso de la cápsula																													
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	36.84	38.75	Peso suelo húmedo+cápsula																													
Peso del suelo seco+cápsula	g	34.67	36.44	Peso del suelo seco+cápsula																													
Contenido de agua	%	13.98	13.94	Contenido de agua																													
	Promedio	14.0																															
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>Dsuperior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dinferior</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dpromedio</td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm³</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	Dsuperior	cm			Dmedio	cm			Dinferior	cm			Dpromedio	cm			Volumen	cm³			Ws	g		
Altura	cm	inicial	final																														
Dsuperior	cm																																
Dmedio	cm																																
Dinferior	cm																																
Dpromedio	cm																																
Volumen	cm³																																
Ws	g																																
				<table border="1"> <tr><td>Límite líquido</td><td>25.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite plástico</td><td>14.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Límite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>11.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Límite líquido	25.1	%	Límite plástico	14.0	%	Límite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	11.1	%	Clasificación SUCS	CL														
Límite líquido	25.1	%																															
Límite plástico	14.0	%																															
Límite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	11.1	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
				<table border="1"> <tr><td>Operador</td><td>J.S.</td><td>Fecha</td><td>24/06/2015</td></tr> <tr><td>Revisó</td><td>L. O.</td><td>Fecha</td><td>29/06/2015</td></tr> <tr><td>Aprobó</td><td>M.G.</td><td>Fecha</td><td>29/06/2015</td></tr> </table>		Operador	J.S.	Fecha	24/06/2015	Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015	Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015																
Operador	J.S.	Fecha	24/06/2015																														
Revisó	L. O.	Fecha	29/06/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	29/06/2015																														
				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
404/497

**14.25 Resultados de los ensayos pk 27+120**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 27+120  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
405/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 27+120  
MÉXICO D.F.

01 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

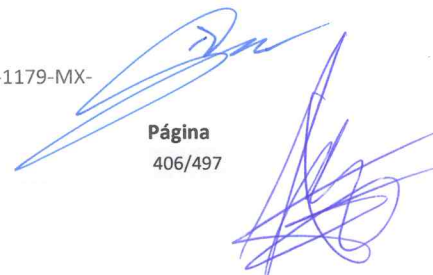
Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
406/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 19 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 27+120, del Tramo 20 de Noviembre – Insurgentes Sur.

En la cala del KM 27+120, Centro de vía, al material base de relleno, se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
407/497

- c) Contenido natural de agua *w*.
- d) Límites de consistencia *LL*, *LP*.
- e) Granulometría por mallas.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Alejandro Herrera Canseco  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 01 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
408/497









LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LÍMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 23/06/2015																													
				PÁGINA: 1 DE 1																													
Cliete	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:																													
Contrato No				Sondeo	km 27+120																												
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE-INSURGENTES SUR			Tipo	Cala																												
				Muestra	Centro vía																												
				Prof. (m)	Base de vía																												
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución																													
				22/06/2015																													
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1																												
			Báscula No.	1	Temp. de secado																												
				110	°C																												
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4																												
Número de golpes	N	38	28	17	9																												
Cápsula No.		196	175	283	264																												
Peso de la cápsula	g	26.88	29.52	32.00	27.51																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	34.74	38.53	40.95	38.86																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	33.36	36.90	39.26	35.01																												
Contenido de agua	%	21.30	22.09	23.20	24.67																												
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>																													
Cápsula No.		185	165	Cápsula No.																													
Peso de la cápsula	g	25.95	20.08	Peso de la cápsula	g																												
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	47.86	42.36	Peso suelo húmedo+cápsula	g																												
Peso del suelo seco+cápsula	g	45.29	39.75	Peso del suelo seco+cápsula	g																												
Contenido de agua	%	13.29	13.27	Contenido de agua	%																												
	Promedio	13.3																															
				<table border="1"> <tr><td>Altura</td><td>cm</td><td>inicial</td><td>final</td></tr> <tr><td>D<sub>superior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>medio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>inferior</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D<sub>promedio</sub></td><td>cm</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volumen</td><td>cm<sup>3</sup></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ws</td><td>g</td><td></td><td></td></tr> </table>		Altura	cm	inicial	final	D <sub>superior</sub>	cm			D <sub>medio</sub>	cm			D <sub>inferior</sub>	cm			D <sub>promedio</sub>	cm			Volumen	cm <sup>3</sup>			Ws	g		
				Altura	cm	inicial	final																										
D <sub>superior</sub>	cm																																
D <sub>medio</sub>	cm																																
D <sub>inferior</sub>	cm																																
D <sub>promedio</sub>	cm																																
Volumen	cm <sup>3</sup>																																
Ws	g																																
				<table border="1"> <tr><td>Limite liquido</td><td>22.4</td><td>%</td></tr> <tr><td>Limite plástico</td><td>13.3</td><td>%</td></tr> <tr><td>Limite de contracción</td><td>-</td><td>%</td></tr> <tr><td>Índice de plasticidad</td><td>9.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clasificación SUCS</td><td>CL</td><td></td></tr> </table>		Limite liquido	22.4	%	Limite plástico	13.3	%	Limite de contracción	-	%	Índice de plasticidad	9.1	%	Clasificación SUCS	CL														
Limite liquido	22.4	%																															
Limite plástico	13.3	%																															
Limite de contracción	-	%																															
Índice de plasticidad	9.1	%																															
Clasificación SUCS	CL																																
Operador	J.S.	Fecha	22/06/2015																														
Revisó	L.O.	Fecha	23/06/2015																														
Aprobó	M.G.	Fecha	23/06/2015																														
				hoja 1 de 1																													

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
412/497

**14.26 Resultados de los ensayos pk 27+350**

ADIC INGENIERÍA

REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 27+350  
MÉXICO D.F.

07 de julio 2015



GEOTEC, S.A. DE C.V.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
413/497



REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYES  
REALIZADOS EN UN TRAMO DE TUNEL DE LA  
LÍNEA 12 DEL METRO.  
KM 27+350  
MÉXICO D.F.

07 de julio 2015

Realizado por:  
Geotec, S.A. de C.V.

Para:  
ADIC INGENIERÍA

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
414/497



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de los resultados de las pruebas de laboratorio, que a solicitud, de la Empresa ADIC INGENIERIA, realizó GEOTEC, S. A. de C. V., en calas realizadas en varios Tramos del túnel de la Línea 12.

Las muestras fueron traídas al laboratorio de GEOTEC, el 19 de junio de 2015.

En el Inciso 2 se describen y relacionan las pruebas realizadas.

Se incluyen los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas.

## 2. ENSAYES DE LABORATORIO

Las muestras corresponden a la cala realizada por ADIC, en el KM 27+350, del Tramo 20 de Noviembre – Insurgentes Sur.

En la cala del KM 27+350, Centro de vía, se extrajo muestra integral de la base de relleno; se le realizaron los siguientes ensayos:

- a) Obtención en "situ" del peso volumétrico, mediante el procedimiento Cono de Arena.
- b) Clasificación visual y al tacto

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
415/497

- c) Contenido natural de agua w.
- d) Límites de consistencia *LL, LP*.
- e) Granulometría por mallas.
- f) Compactación AASHTO modificada, equivalente de arena y valor relativo de soporte VRS.

Los resultados de estas pruebas de laboratorio se resumen a continuación.

Atentamente

GEOTEC, S.A. DE C.V.

Ing. Mabel García C.  
Jefe de Proyecto

México, D.F., 07 de julio, 2015

GEOTEC S.A. de C.V.  
Julio, 2015

Londres 44, Coyoacán, México D.F.  
Tel. 56 88 29 99 - 56 88 20 53  
email: geotec@prodigy.net.mx

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

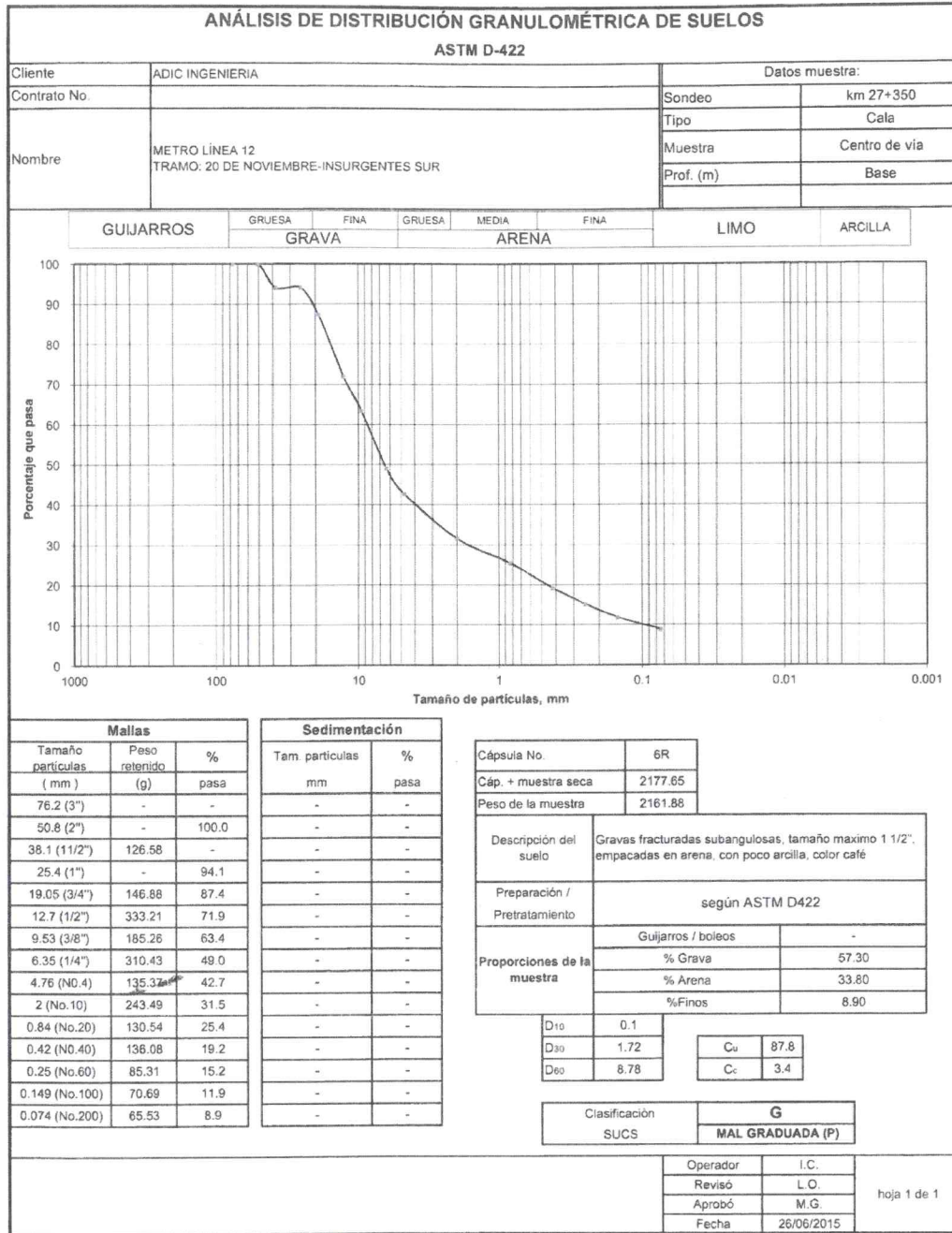
07/07/2015

Página  
416/497









Forma LS-12, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
419/497

<b>PRUEBA PROCTOR AASHTO MODIFICADA ASTM D-1557</b>				FORMA LP-02, Rev. 1			
				FECHA: <b>02/07/2015</b>			
				HOJA: <b>1 DE 1</b>			
				CONSECUTIVO:			
Cliente: ADIC INGENIERIA Contrato No: Nombre: METRO LINEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE - INSURGENTES SUR				Datos muestra: Sondeo: KM 27+350 Tipo: CALA Muestra: Centro via Prof. (m): Prof. media (m):			
Descripción del suelo: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño maximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café				Fecha de ejecución: 02/07/2015			
Equipo de prueba:		Molde No. 1		Volumen del cilindro $V_{cil}$ : 3224.50 cm <sup>3</sup>		Golpes por capa N: 56	
		Peso del cilindro $W_{cil}$ : 5267.00 g				Número de capas n: 5	
		Peso del pisón: 4.55 kg		Altura de caída del pisón: 45.60 cm		Energía de compactación: 18.03 (kg cm)/cm <sup>3</sup>	
<b>Contenido de agua</b>							
Prueba No.	Cápsula No.	$w_b + c$ (g)	$w_s + c$ (g)	$w_c$ (g)	$w_a$ (g)	$w_s$ (g)	w (%)
1	662	350.19	337.85	119.57	12.3	218.3	5.7
2	585	365.79	348.48	121.73	17.3	226.8	7.6
3	597	377.87	356.26	121.76	21.6	234.5	9.2
4	711	409.32	381.76	119.69	27.6	262.1	10.5
5	695	398.69	370.00	119.59	28.7	250.4	11.5
<b>Peso volumétrico seco</b>							
Prueba No.	$W_{mo} + W_{cil}$ (kg)	$W_{mh}$ (kg)	$1 / (1+w)$	PVH (kg / m <sup>3</sup> )	PVS (kg / m <sup>3</sup> )		
1	11659	6592	0.95	2044	1835	Peso volumétrico seco máximo PVSM = 2,040 kg/m <sup>3</sup>	
2	12159	6892	0.93	2137	1986	Contenido de agua óptimo $w_o = 9.5\%$	
3	12448	7181	0.92	2227	2039		
4	12384	7117	0.90	2207	1997		
5	12239	6972	0.90	2162	1940		
				Operador	J.J.	Fecha	02/07/2015
				Revisó	L.O.	Fecha	05/07/2015
				Aprobó	M.G.	Fecha	05/07/2015
				hoja 1 de 1			

Forma LP-02, Rev. 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
420/497

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, LIMITE DE CONTRACCIÓN E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-4318				FECHA: 06/07/2015			
				PÁGINA: 1 DE 1			
Cliente	ADIC INGENIERIA			Datos muestra:			
Contrato No				Sondeo	km 27+350		
Nombre	METRO LINEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE - INSURGENTES SUR			Tipo	Cala		
				Muestra	Centro via		
				Prof. (m)	Base de via		
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad, CL, color café, con arena fina			Fecha de ejecución			
Equipo de prueba	Copa No.	1	Malla de referencia: No. 40	Horno No.	1		
	Báscula No.		1	Temp. de secado	110 °C		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Prueba No.	1	2	3	4		
Número de golpes	N	43	31	21	10		
Cápsula No.		238	237	269	335		
Peso de la cápsula	g	26.44	31.01	25.28	25.30		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	33.52	39.05	32.15	33.89		
Peso del suelo seco+cápsula	g	32.24	37.54	30.79	32.09		
Contenido de agua	%	22.07	23.12	24.68	26.51		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Prueba No.	1	2	<b>LÍMITE DE CONTRACCIÓN</b>			
Cápsula No.		181	192	Cápsula No.			
Peso de la cápsula	g	26.20	25.83	Peso de la cápsula	g		
Peso del suelo húmedo+cápsula	g	48.12	47.92	Peso suelo húmedo+cápsula	g		
Peso del suelo seco+cápsula	g	45.53	45.32	Peso del suelo seco+cápsula	g		
Contenido de agua	%	13.40	13.34	Contenido de agua	%		
	Promedio	13.4					
				Altura	cm	inicial	final
				Dsuperior	cm		
				Dmedio	cm		
				Dinferior	cm		
				Dpromedio	cm		
				Volumen	cm <sup>3</sup>		
				Ws	g		
				<b>Límite líquido</b>		<b>23.9</b>	%
<b>Límite plástico</b>		<b>13.4</b>	%				
<b>Límite de contracción</b>		-	%				
<b>Índice de plasticidad</b>		<b>10.5</b>	%				
<b>Clasificación SUCS</b>		<b>CL</b>					
Operador	J.S.	Fecha	03/07/2015				
Revisó	L. O.	Fecha	06/07/2015				
Aprobó	M.G.	Fecha	06/07/2015				
				hoja 1 de 1			

Forma LS-11, Rev.2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
421/497



<b>ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SRH (1970)</b>		FORMA LS-13, Rev. 3	
		FECHA: 30/06/2015	
		PAG: 1 DE: 1	
		CONSECUTIVO:	
Cliente:	ADIC INGENIERIA	Datos muestra:	
Contrato No.:		Sondeo:	Km 27+350
Obra y sitio:	METRO LÍNEA 12 TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE - INSURGENTES SUR	Tipo:	Cala
		Muestra:	1 int. (centro de vía)
		Prof. (m):	---
		Prof. media (m):	---

GUIJARROS	GRUESA FINA GRAVA	GRUESA MEDIA FINA ARENA	LIMO	ARCILLA
-----------	----------------------	----------------------------	------	---------

Porcentaje que pasa vs. Tamaño de partículas, mm

Mallas			DATOS PARA PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELO	
Tamaño partículas (mm)	Peso retenido (g)	% pasa		
76.2 (3")	-	-	wcilindro + mat = 19,360	gr
50.8 (2")	-	100.0	wcilindro = 3,392	gr
38.1 (1 1/2")	58.00	99.6	wmaterial = 15,968	gr
25.4 (1")	250.00	98.1	Volumen = 9,690	cm <sup>3</sup>
19.05 (3/4")	1503.00	88.7		
12.7 (1/2")	2460.00	73.3	Altura del cil = 19.90	cm
9.53 (3/8")	1861.00	61.6	Altura faltante = 0.00	cm
6.35 (1/4")	1959.00	49.3		
4.76 (No. 4)	1281.00	41.3	γ <sub>ds</sub> = 1,648	kg/cm <sup>3</sup>
2 (No. 10)	38.86	33.3	γ <sub>ds</sub> = 1.65	g/cm <sup>3</sup>
0.84 (No. 20)	34.16	26.2		
0.42 (No. 40)	33.12	19.4		
0.25 (No. 60)	19.26	15.4		
0.149 (No. 100)	19.38	11.4		
0.074 (No. 200)	14.10	8.5		

Peso de la muestra usado hasta la malla No. 4	15968 g
Peso de la muestra usado después de la malla No. 4	200 g

Descripción del suelo	Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café	
Preparación / Pretratamiento	según SRH (1970)	
Proporciones de la muestra	Guijarros / boleas	-
	% Grava	58.7
	% Arena	32.8
	% Finos	8.5

D <sub>10</sub>	0.11	C <sub>u</sub>	82.82
D <sub>30</sub>	1.46	C <sub>c</sub>	2.1
D <sub>60</sub>	9.11		

Clasificación SUCS	<b>GW-GC</b>
--------------------	--------------

Operador:	J.J.	hoja 1 de 1
Revisó:	L.O.	
Aprobó:	M.G.	
Fecha:	30/06/2015	

Forma LS-13, Rev. 3

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
422/497

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

Cliente  
Contrato No. ADIC INGENIERIA

Nombre METRO LÍNEA 12  
TRAMO: 20 DE NOVIEMBRE - INSURGENTES SUR

Sondeo CALAS

Sondeo: Km 27+350 (centro via) Muestra: Integral Profundidad: Base de via Fecha: 01/07/2015 Operador: J.J. Aprobó: M.G.

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones
1	8.00	6.90	6.8	2.50	2.55	37.50	
2	10.00	6.70		2.60			

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Sondeo: Muestra: Profundidad: Fecha: Operador: Aprobó:

Ensaye No.	Tiempo (min.)	Lectura de Arcilla	Promedio de Arcilla	Lectura de Arena	Promedio de Arena	% E.A	Observaciones

Metro d

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
423/497

**PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS O CBR)**

**Obra:** Metro línea 12 Tramo: 20 de Noviembre - Insurgentes Sur  
**Sitio:** Km 27+350 (centro de vía)  
**Operador:** J. Salazar  
**Calculó:** R. Flores

**Muestra:** 1-integral  
**Pozo:** Cala  
**Prof:** Base m  
**Fecha:** 04-jul-15

**Datos del molde.**

Número: 2  
 Diámetro: 6 pulg

**Datos del anillo.**

Constante: 8.35

**Datos de la prueba.**

Peso mat + molde: 9,457.00 g  
 Peso del molde: 50.27 g  
 Peso húmedo: 9,406.73 g  
 Peso seco: 8,693.61 g

Agua agregada: 320 cm<sup>3</sup>  
 Altura molde: 17.76 cm  
 Altura faltante: 6.02 cm  
 Altura material: 11.74 cm

Area del molde: 181.70 cm<sup>2</sup>  
 Volumen del molde: 2,133.12 cm<sup>3</sup>

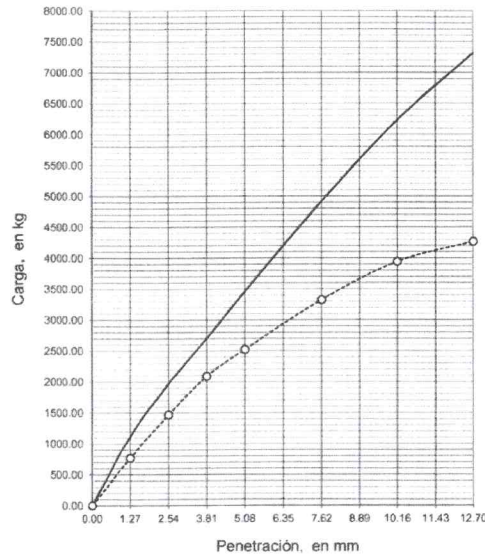
**Peso vol. húmedo:** 4,410 kg/m<sup>3</sup>  
**Peso vol. seco:** 4,083 kg/m<sup>3</sup>

**Contenido de agua.**

No de cápsula: 17  
 Peso de cápsula: 80.78 g  
 Wm + cápsula: 453.03 g  
 Ws + cápsula: 424.81 g  
 Contenido de agua: 8.2 %

**Expansión libre** 6 "

Lectura inicial: 3.400 mm  
 Lectura final: 3.400 mm  
 % de expansión: 0.00 %



— VRS natural: 171 %  
 - - - VRS saturado: 125 %

Penetración (mm)	Muestra sin saturar					Muestra saturada				
	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)	Anillo (div.)	Carga (kg)	Carga eq. (kg)	Pres. PT (kg/cm <sup>2</sup> )	V.R.S. (%)
1.27	134	1118.9	758.13	39.55	147.6	92	768.20	758.13	39.55	101.3
2.54	236	1970.6	1,347.79	70.31	146.2	176	1,469.60	1,347.79	70.31	109.0
3.81	323	2697.1	1,768.97	92.28	152.5	250	2,087.50	1,768.97	92.28	118.0
5.08	414	3456.9	2,021.68	105.46	171.0	302	2,521.70	2,021.68	105.46	124.7
7.62	589	4918.2	2,560.79	133.58	192.1	398	3,323.30	2,560.79	133.58	129.8
10.16	746	6229.1	3,099.91	161.71	200.9	472	3,941.20	3,099.91	161.71	127.1
12.70	876	7314.6	3,504.24	182.80	208.7	511	4,266.85	3,504.24	182.80	121.8

Observaciones:

Clasificación: Gravas fracturadas subangulosas, tamaño máximo 1 1/2", empacadas en arena, con poco arcilla, color café

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
424/497

**14.27 Reporte Final Concreto Km 24 + 910-25+240**



Instituto Mexicano del  
Cemento y del Concreto, A.C.

INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO		
Nombre del cliente:	GEOTEC, S.A. DE C.V.	
Dirección:	Londres 44, Coyoacán C.P. 04100 México, Distrito Federal	
Obra:	METRO LINEA 12, TRAMO PARQUE DE LOS VENADOS - EJE CENTRAL	
Orden de Trabajo N°:	713	
Informe Técnico N°:	195	
Fecha recepción:	2015-04-30	
Fecha ensaye:	2015-05-11	
Descripción de muestras:	Dos núcleos de concreto de 2 1/4" (5,72 cm) de diámetro	
Pruebas realizadas:	Ensaye a compresión simple de dos núcleos de concreto	
Resultados:	Ver hojas anexas	
* Referencias:	NMX-C-083-ONNCCE-2002; NMX-C-109-ONNCCE-2010; NMX-C-169-ONNCCE-2009	
Condiciones Ambientales:	Temperatura:	22.4 °C
	Humedad relativa:	32.0 %
Procedimientos Utilizados:	PO-GTLC0-006; PO-GTLC0-007; PO-GTLC0-010	
* Acreditación No. <del>C-053-038/11</del> Vigencia a partir del: 2011-03-24		
Realizó (Nombre y Cargo):	Revisó (Nombre, Firma y Cargo):	Fecha de emisión:
Abraham Comejo Garcia Técnico(a) Laboratorio de Concreto	 Ing. Mario Alberto Hernandez Jefe Laboratorio de Concreto	2015-05-11
		Hoja N° 1 de 2

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados de presente informe corresponden exclusivamente a las muestras e ensayados.  
Fecha: 07/07/2015

PO-GTLC0-100  
Versión 01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
425/497





ENSAYE A COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS EXTRAIDOS DE CONCRETO HIDRAULICO																
Orden de Trabajo No. 713					Informe Técnico No. 195					Hoja No. 2 de 2						
Cliente: GEOTEC, S.A. DE C.V.																
Ubicación: METRO LINEA 12, TRAMO PARQUE DE LOS VENADOS - EJE CENTRAL																
Identificación	Dámetro	Altura	Altura	Relación	Factor de	Area	Volumen	Mass	Mass	Carga Máxima	Resistencia Corregida	Resistencia Promedio				
Cliente	IMCYC	cm	sin	con	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	kg/m <sup>3</sup>	kg	kN	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
No.	Espejmen No.	cm	Cabezas cm	Cabezas cm	H/D	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	kg/m <sup>3</sup>	kg	kN	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	283 B / 01	5.73	9.82	10.20	1.78	0.9912	25.8	255.4	512.50	2.022	7.620	74.7	293	28.7	-	-
2	283 B / 02	5.73	9.88	10.10	1.76	0.9904	25.8	249.7	507.50	2.032	7.700	75.5	295	29.0	-	-

DATOS COMPLEMENTARIOS		Resistencia especificada, kg/cm <sup>2</sup>	
Elementos:		-	
		Resistencia especificada, MPa	
		-	
		Edad de garantía del concreto, días	
		-	
		Tamaño máximo nominal del agregado, mm	
		-	
Curado del espécimen:		Fecha de extracción	
7 (siete) días en seco de acuerdo a lo especificado en la <b>NMX-C-169-ONNOCCE-2009</b>		2015-04-30	
		Fecha de recorte	
		2015-05-04	
		Fecha de ensayo	
		2015-05-11	
Observaciones:		Temperatura	
LA EXTRACCION Y PROCEDENCIA DE LOS ESPECIMENES NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMCYC		22.4 °C	
Identificación:		Humedad Relativa	
283B/01 km 24+910		32.0 %	
283B/02 km 25+240			
Referencias:			
Normas Mexicanas NMX-C-083-ONNOCCE-2002, NMX-C-109-ONNOCCE-2010 y NMX-C-169-ONNOCCE-2009			
Equipo:			
LCO-001-01, LCO-002-XX, LCO-009-17, LCO-011-15, LCO-017-02, LCO-051-01, LCO-068-02			
Realizó: A.C.G.		Revisó: Ing. Mario A. Hernández	
		Fecha: 2015-05-11	

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
FIG-07LCO-003

FIG-07LCO-003  
Versión 07

14.28 Reporte Final Concreto Km 24 + 423



Instituto Mexicano del  
Cemento y del Concreto, A.C.

INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO		
Nombre del cliente:	GEOTEC, S. A. DE C. V.	
Dirección:	Calle. Londres N° 44 Col. Del Carmen C.P. 04100 Coyoacan, DF.	
Obra:	METRO LINEA 12,	
Orden de Trabajo N°:	751	
Informe Técnico N°:	207	
Fecha recepción:	2015-05-11	
Fecha ensayo:	2015-05-19	
Descripción de muestras:	Un núcleo de concreto.	
Pruebas realizadas:	Ensayo a compresión simple de un núcleo de concreto	
Resultados:	Ver hojas anexas	
* Referencias:	NMX-C-083-ONNCCE-2002; NMX-C-109-ONNCCE-2010; NMX-C-169-ONNCCE-2009	
Condiciones Ambientales:	Temperatura:	25.3 °C
	Humedad relativa:	23.0 %
Procedimientos Utilizados:	PO-GTLC0-006; PO-GTLC0-007; PO-GTLC0-010	
* Acreditación No. C-053-039/11, Vigencia a partir del 2011-03-24		
Realizó (Nombre y Cargo):	Revisó (Nombre, Firma y Cargo):	Fecha de emisión:
Claudio Rentería Valdez Técnico(s) Laboratorio de Concreto	Ing. Mario Alberto Hernández Jefe Laboratorio de Concreto	2015-05-19
		Hoja N° 1 de 2

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a las (muestras) ensayada(s).  
PO-GTLC0-100.pdf

FIG-GTLC0-100  
Versión 01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
427/497



ENSAYE A COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS EXTRAIDOS DE CONCRETO HIDRAULICO																		
Orden de Trabajo No. T51					Informe Técnico No. 207					Hoja No. 2 de 2								
Cliente <b>GEOTEC, S.A. DE C.V.</b>																		
Ubicación <b>METRO LINEA 12</b>																		
Identificación		Diametro	Altura sin	Altura con	Relación	Factor de	Area	Volumen	Masa	Masa	Carga Máxima	Resistencia Corregida	Resistencia Promedio					
No.	Espejón No.	cm	Cabezas, cm	Cabezas, cm	H/D	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	kg/m <sup>3</sup>	kg	kN	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa		
1	295/01	5.07	9.95	10.32	1.02	0.9750	25.2	250.7	521.20	2.079	7.820	76.7	303	29.7	-	-		
DATOS COMPLEMENTARIOS																		
Elementos -											Resistencia especificada, kg/cm <sup>2</sup>						-	
											Resistencia especificada, MPa						-	
											Edad de garantía del concreto, días						-	
											Tamaño máximo nominal del agregado, mm						-	
											Fecha de extracción						-	
Curado del espécimen 7 (siete) días en seco de acuerdo a lo especificado en la <u>MX-C-169-ONNOCCE-2009</u>											Fecha de recorte						2015-05-12	
											Fecha de ensayo						2015-05-19	
Observaciones <b>LA EXTRACCION Y PROCEDENCIA DE LOS ESPECIMENES NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMCYC</b>											Temperatura						25.3	°C
Identificación <b>M-295/01 Km 24+423</b>											Humedad Relativa						23.0	%
Referencias Normas Mexicanas <u>MX-C-083-ONNOCCE-2002</u> , <u>MX-C-109-ONNOCCE-2010</u> y <u>MX-C-169-ONNOCCE-2009</u>																		
Equipo <u>LCO-001-01; LCO-002-01; LCO-009-1T; LCO-011-1S; LCO-017-02; LCO-051-01; LCO-059-02</u>																		
Realizó C.R.V. Revisó Ing. Mario A. Hernández  Fecha 2015-05-19																		

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
FIG-GT.LCO-303.000

FIG-GT.LCO-303.  
Versión 01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
428/497

14.29 Reporte Final Concreto Km 21+530



Instituto Mexicano del  
Cemento y del Concreto, A.C.

INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO		
Nombre del cliente:	GEOTEC, S. A. DE C. V.	
Dirección:	Calle. Londres N° 44 Col. Del Carmen C.P. 04100 Goyoacan, DF.	
Obra:	METRO LINEA 12.	
Orden de Trabajo N°:	1091	
Informe Técnico N°:	321	
Fecha recepción:	2015-06-26	
Fecha ensayo:	2015-07-03	
Descripción de muestras:	Un núcleo de concreto de 2 1/4" de diametro.	
Pruebas realizadas:	Ensayo a compresión simple de un núcleo de concreto	
Resultados:	Ver hojas anexas	
* Referencias:	NMX-C-083-ONNCCE-2002; NMX-C-109-ONNCCE-2010; NMX-C-169-ONNCCE-2009	
Condiciones Ambientales:	Temperatura:	22.3 °C
	Humedad relativa:	45.0 %
Procedimientos Utilizados:	PO-GTLCO-006; PO-GTLCO-007; PO-GTLCO-010	
* Acreditación No. C-353-038/11. Vigencia a partir del: 2011-03-24		
Realizó (Nombre y Cargo):	Revisó (Nombre, Firma y Cargo):	Fecha de emisión:
Abraham Cornejo Garcia Técnico(s) Laboratorio de Concreto	 Ing. Mario Alberto Hernández Jefe Laboratorio de Concreto	2015-07-03

Prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).  
FIG-GTLCO-100 rev

FIG-GTLCO-100  
Versión 01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
429/497



ENSAYE A COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS EXTRAIDOS DE CONCRETO HIDRAULICO																
Orden de Trabajo No. 1091					Informe Técnico No. 321					Hoja No. 2 de 2						
Cliente: GEOTEC, S.A. DE C.V.																
Ubicación: METRO LINEA 12																
Identificación	Diámetro	Altura	Altura	Relación	Factor de	Área	Volumen	Masa	Masa	Carga Máxima	Resistencia Corregida	Resistencia Promedio				
Cilindro	IMC/C	cm	sin	H/D	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	Volúmica	kg	MPa	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
No.	Examen No.	cm	Cabezas cm	Cabezas cm	H/D	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	kg/m <sup>3</sup>	kg	kN	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
-	405401	5.72	10.08	10.55	1.84	0.9906	25.7	259.1	533.00	2.067	7.440	73.0	288	28.2	-	-
<p><b>DATOS COMPLEMENTARIOS</b></p> <p>Elementos: -</p> <p>Resistencia especificada, kg/cm<sup>2</sup>: -</p> <p>Resistencia especificada, MPa: -</p> <p>Edad de garantía del concreto, días: -</p> <p>Tamaño máximo nominal del agregado, mm: -</p> <p>Fecha de extracción: -</p> <p>Curado del espécimen: T (sele) días en seco de acuerdo a lo especificado en la <u>NMX-C-189-ONNCEE-2009</u></p> <p>Fecha de recorte: 2015-06-26</p> <p>Fecha de ensayo: 2015-07-03</p> <p>Observaciones: LA EXTRACCION Y PROCEDENCIA DE LOS ESPECIMENES NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMC/C</p> <p>Identificación: M-405401, Km 21 + 530 PROF. 0.50 - 0.25m</p> <p>Temperatura: 22.5 °C</p> <p>Humedad Relativa: 45.0 %</p> <p>Referencias: Normas Mexicanas NMX-C-083-ONNCEE-2002, NMX-C-109-ONNCEE-2010 y NMX-C-189-ONNCEE-2009</p> <p>Equipo: LCO-001-01, LCO-002-XX, LCO-009-12, LCO-011-15, LCO-017-09, LCO-051-01, LCO-059-02</p> <p>Realizó: A.C.G. Revisó: Ing. Mario A. Hernández Fecha: 2015-07-03</p>																

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización escrita del IMC/C.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente al (a) (s) cliente(s) beneficiario(s).  
FIG-GT/CO-003.exe

FIG-GT/CO-003  
Versión 07

**14.30 Reporte Final Concreto KM 20+130 Y 22+300**



Instituto Mexicano del  
Cemento y del Concreto, A.C.

INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO		
Nombre del cliente	GEOTEC, S. A. DE C. V.	
Dirección:	Calle. Londres N° 44 Col. Del Carmen C.P. 04100 Coyoacan, DF.	
Obra:	METRO LINEA 12.	
Orden de Trabajo N°	987	
Informe Técnico N°	301	
Fecha recepción:	2015-06-18	
Fecha ensaye:	2015-06-25	
Descripción de muestras:	Dos núcleos de concreto de 2 1/4" de diametro.	
Pruebas realizadas:	Ensaye a compresión simple de dos núcleo de concreto	
Resultados:	Ver hojas anexas	
* Referencias:	NMX-C-083-ONNCCE-2002; NMX-C-109-ONNCCE-2010; NMX-C-169-ONNCCE-2009	
Condiciones Ambientales:	Temperatura:	21.2 °C
	Humedad relativa:	44.0 %
Procedimientos Utilizados	PO-GTL-CO-006; PO-GTL-CD-007; PO-GTL-CO-010	
* Acreditación No. C-051-039/11 Vigencia a partir del 2011-03-24		
Realizó (Nombre y Cargo)	Revisó (Nombre, Firma y Cargo)	Fecha de emisión:
Abraham Cornejo Garcia Técnico(s) Laboratorio de Concreto	 Ing. Mario Alberto Hernández Jefe Laboratorio de Concreto	2015-06-25
		Hoja N° 1 de 2

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita de IMCPC.  
Los resultados de presente informe corresponden exclusivamente a las muestras ensayadas.  
FIG-GTL-CO-100-001

FIG-GTL-CO-100  
Versión 01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
431/497

ENSAYE A COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS EXTRAIDOS DE CONCRETO HIDRAULICO															
Orden de Trabajo No. 597				Informe Técnico No. 301				Hoja No. 2 de 2							
Cliente: GEOTEC, S.A. DE C.V.															
Ubicación: METRO LINEA 12															
Identificación	Diámetro	Altura	Altura	Relación	Factor de	Área	Volumen	Masa	Masa	Carga Máxima	Resistencia Comprimida	Resistencia Promedio			
No.	Exploración No.	cm	cm	H / D	Corrección	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	g	kg/m <sup>3</sup>	kg	kN	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
-	38701	5.72	10.56	1.92	0.9968	25.7	274.0	560.50	2.045	7.440	73.0	289	28.3	-	-
-	38702	5.72	10.57	1.93	0.9972	25.7	274.2	557.60	2.034	6.100	59.8	237	23.2	-	-

DATOS COMPLEMENTARIOS		Resistencia especificada, kg/cm <sup>2</sup>	-		
Elementos:		Resistencia especificada, MPa	-		
		Edad de garantía del concreto, días	-		
		Tamaño máximo nominal del agregado, mm	-		
Curado del espécimen: 7 (siete) días en seco de acuerdo a lo especificado en la <b>NMX-C-103-ONNICE-2009</b>		Fecha de extracción	-		
		Fecha de recorte	2015-05-18		
		Fecha de ensayo	2015-05-25		
Observaciones:	LA EXTRACCIÓN Y PROCEDENCIA DE LOS ESPECIMENES NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMCYC		Temperatura	21.2 °C	
Identificación:	M-387/01 Km 20 + 120 PROF. 0.00 - 0.20m		Humedad Relativa	44.0 %	
	M-387/02 Km 22 + 200 PROF. 0.00 - 0.20m				
Referencias:	Normas Mexicanas NMX-C-263-ONNICE-2002, NMX-C-109-ONNICE-2010 y NMX-C-103-ONNICE-2009				
Equipo:	LCO-001-01, LCO-002-XX, LCO-009-26, LCO-011-15, LCO-017-09, LCO-051-01, LCO-059-02				
Revisó:	A.C.G.	Revisó:	Ing. Mario A. Hernández	Fecha:	2015-05-25

Prohíbase la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita del IMCYC.  
Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a las muestras y ensayos que se realizaron.  
FIG-OTLCO-001 rev. 07

FIG-OTLCO-001  
rev. 07

14.31 Calibración de los micrómetros

## CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
433/497





# Informe de Calibración

**N° de Informe:** G14-2839-01  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC S.A. DE C.V.  
**Customer:**  
**Dirección:** LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
**Address:**

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
**Description:**  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2050  
**Manufacturer:** **Model/Type:**  
**Alcance:** 0 a 20,0 mm **No. Serie:** 509557  
**Range:** **Serial Number:**  
**División mínima:** 0,010 mm **Código de Control:** 1-8  
**Minimum reading:** **Control Code:**

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patron(es) Utilizado(s):**  
**Descripción:** MAGUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2920  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** SIP **Código:** AM-IMD-158  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
**Traceability:** LONGITUD CNM-PNM-2 **Cal date:**  
**Calibrado por:** CENAM **Proxima Calibración:** 29-feb-16  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Descripción:** **No. Serie:**  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** **Código:**  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** **Fecha de Calibración:**  
**Traceability:** **Cal date:**  
**Calibrado por:** **Proxima Calibración:**  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Condiciones de Calibración:**  
**Procedimiento utilizado:** AM-DC-04 **Método Utilizado:** Comparación  
**Procedure employed:** **Method employed:**  
**Temperatura:** 20 ± 1 °C **Norma Utilizada:** JIS B7503 1997, ANSI B89.1 10M-1987  
**Temperature:** **Standard employed:**  
**Resultado de Calibración:** VER TABLA **Humedad Relativa:** 45 ± 10% H.R.  
**Calibration Result:** **Relative Humidity:**  
**Nivel de Confianza:** 95% **Incertidumbre(µm):** ± 7,0  
**Level of confidence:** **Uncertainty:**  
**Factor de Cobertura:** 2  
**Coverage factor:**

**Responsable de la Medición:** Miguel Angel Espinosa Anguiano **Autoriza:** Ing. Julio Ramirez Bonilla  
**Técnico** **Gerente de Laboratorio**

Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlalapan, Cuauhtlan, México, 54900  
 Tel/Fax 2620 0945, 5754 6433, 5734 3425, 5119 0839



Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

Página  
 484/497

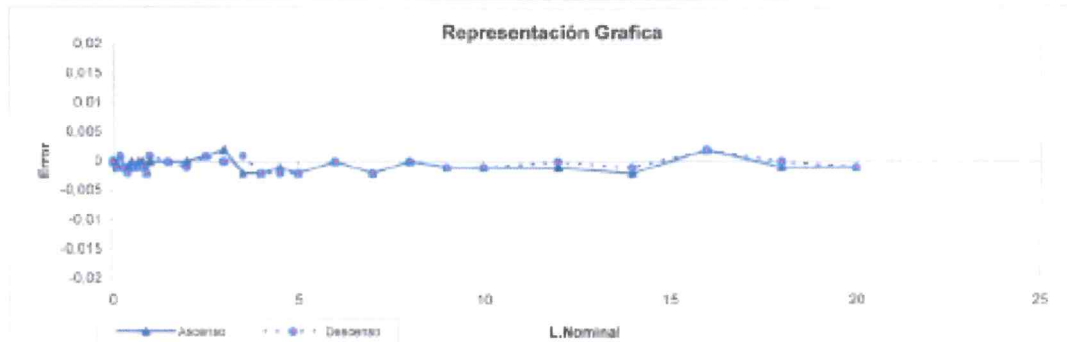
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-01

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	0,000	0,000	9	-0,001	-0,001
0,1	-0,001	-0,001	2	0,000	-0,001	10	-0,001	-0,001
0,2	0,001	0,001	2,5	0,001	0,001	12	-0,001	0,000
0,3	-0,001	-0,001	3	0,002	0,000	14	-0,002	-0,001
0,4	-0,001	-0,002	3,5	-0,002	0,001	16	0,002	0,002
0,5	0,000	-0,001	4	-0,002	-0,002	18	-0,001	0,000
0,6	-0,001	-0,001	4,5	-0,001	-0,002	20	-0,001	-0,001
0,7	0,000	-0,001	5	-0,002	-0,002			
0,8	0,000	-0,001	6	0,000	0,000			
0,9	-0,002	-0,002	7	-0,002	-0,002			
1	0,000	0,001	8	0,000	0,000			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	-0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0030 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0000 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N   MAX 1,5 N	1,10 N	

**Información referente al servicio**

- 1 - Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
- 2 - Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y gráfico.
- 3 - Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- 4 - El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía.
- 5 - La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario.
- 6 - Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
- 7 - Este servicio se realizó con acreditación N° 0-56 ante "ema" Acreditación vigente a partir de 2009/04/22. Visite pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Ángel Espinosa Anguiano Técnico

Autoriza: Ing. Julio Ramírez Bonilla Gerente de Laboratorio

PÁGINA 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
435/497



# Informe de Calibración

**N° de Informe:** G14-2839-02  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC, S.A. DE C.V.  
**Customer:**  
**Dirección:** LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
**Address:**

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
**Description:**  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2050-08  
**Manufacturer:** **Model Type:**  
**Alcance:** 0 a 20.0 mm **No. Serie:** 773530  
**Range:** **Serial Number:**  
**División mínima:** 0.010 mm **Código de Control:** 1-2  
**Minimum reading:** **Control Code:**

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patron(es) Utilizado(s):**  
**Descripción:** MAQUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2920  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** SIF **Código:** AM-IMD-15R  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
**Trazability:** LONGITUD CNM-PNM-2 **Cal date:**  
**Calibrado por:** GENAM **Proxima Calibración:** 29-feb-16  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Descripción:** **No. Serie:**  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** **Código:**  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** **Fecha de Calibración:**  
**Trazability:** **Cal date:**  
**Calibrado por:** **Proxima Calibración:**  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Condiciones de Calibración:**  
**Procedimiento utilizado:** AM-DC-04 **Metodo Utilizado:** Comparacion  
**Procedure employed:** **Method employed:**  
**Temperatura:** 20 ± 1 °C **Norma Utilizada:** JIS B7503 1997, ANSI B89.1.10M-1967  
**Temperature:** **Standard employed:**  
**Resultado de Calibración:** VER TABLA **Humedad Relativa:** 45 ± 10% H.R.  
**Calibration Result:** **Relative Humidity:**  
**Nivel de Confianza:** 95% **Incertidumbre(um):** ± 7,0  
**Level of confidence:** **Uncertainty:**  
**Factor de Cobertura:** 2 **Coverage factor:**

**Responsable de la Medición:** Miguel Angel Espinosa Anguiano  
**Técnico**



**Autoriza:** Ing. Julia Ramirez Bonilla  
**Gerente de Laboratorio**

**Aseguramiento Metroológico S.A. de C.V.**  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlatépetl, Cuautitlan, México 54900  
 Tel/Fax 2820-0945, 5754-8433, 5754-3425, 5119-0939



## Informe de Calibración

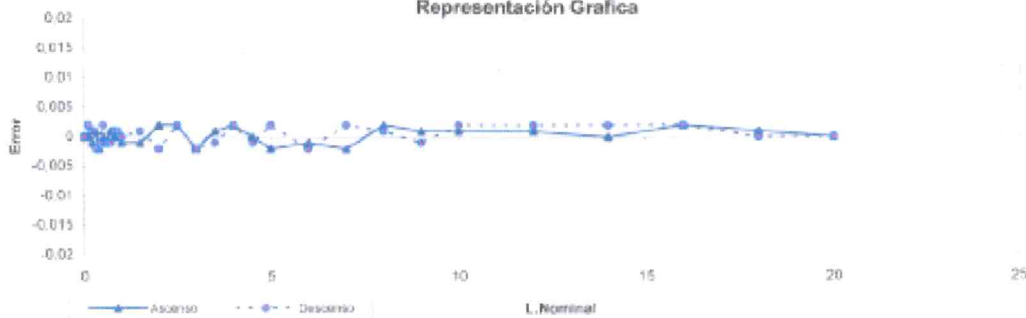
Tabla de Resultados

G14-2639-02

Valor			Valor			Valor		
Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,001	0,001	9	0,001	-0,001
0,1	0,000	0,002	2	0,002	-0,002	10	0,001	0,002
0,2	-0,001	0,001	2,5	0,002	0,002	12	0,001	0,002
0,3	0,001	-0,002	3	-0,002	-0,002	14	0,000	0,002
0,4	-0,002	-0,001	3,5	0,001	-0,001	16	0,002	0,002
0,5	0,000	0,002	4	0,002	0,002	18	0,001	0,000
0,6	-0,001	-0,001	4,5	0,000	-0,001	20	0,000	0,000
0,7	0,001	-0,001	5	-0,002	0,002			
0,8	0,000	0,001	6	-0,001	-0,002			
0,9	0,001	0,001	7	-0,002	0,002			
1	-0,001	0,000	8	0,002	0,001			

Valores expresados en mm

Representación Grafica



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0040 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0008 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N   MAX 1,5 N	0,90 N	

**Información referente al servicio**

- 1 - Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones
- 2 - Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y grafico.
- 3 - Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio
- 4 - El informe no es valido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía
- 5 - La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario
- 6 - Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad
- 7 - Este servicio se realizó con acreditación N° D-56 ante "ema". Acreditación vigente a partir de 2009/04/02. Visita pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Arguano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramirez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

Hoja 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
437/497





# Informe de Calibración

**N° de Informe:** G14-2839-03  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC, S.A. DE C.V.  
**Customer:**  
**Dirección:** LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
**Address:**

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
**Description:**  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2952  
**Manufacturer:** **Model/Type:**  
**Alcance:** 0 a 30 mm **No. Serie:** 723440  
**Range:** **Serial Number:**  
**División mínima:** 0.010 mm **Código de Control:** 1-12  
**Minimum reading:** **Control Code:**

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patrón(es) Utilizado(s):**  
**Descripción:** MAQUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2920  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** SIP **Código:** AM-IMD-158  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE LONGITUD CMM-PNM-2 **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
**Trazability:** **Cal date:**  
**Calibrado por:** CENAM **Proxima Calibración:** 29-feb-15  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Descripción:**  
**Description:** **No. Serie:**  
**Marca:** **Serial Number:**  
**Manufacturer:** **Código:**  
**Trazabilidad:** **Code:**  
**Trazability:** **Fecha de Calibración:**  
**Calibrado por:** **Cal date:**  
**Calibrated by:** **Proxima Calibración:**  
**Cal due date:**

**Condiciones de Calibración:**  
**Procedimiento utilizado:** AM-DC-04 **Método Utilizado:** Comparación  
**Procedure employed:** **Method employed:**  
**Temperatura:** 20 ± 1 °C **Norma Utilizada:** JIS B7503 1997, ANSI B89.1.10M-1987  
**Temperature:** **Standard employed:**  
**Resultado de Calibración:** VER TABLA **Incertidumbre(µm):** ± 7.0  
**Calibration Result:** **Uncertainty:**  
**Nivel de Confianza:** 95% **Factor de Cobertura:** 2  
**Level of confidence:** **Coverage factor:**

**Responsable de la Medición:** Miguel Angel Espinosa Anguiano  
**Técnico**



**Autoriza:** Ing. Julio Ramirez Bonilla  
**Gerente de Laboratorio**  
 AM FT-46  
 HOLA 1 DE 2

**Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.**  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tepetpan, Cuautlan, México. 54500  
 Tel/Fax 2620-0945, 5754-8433, 5754-3425, 5119-0939

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
438/497

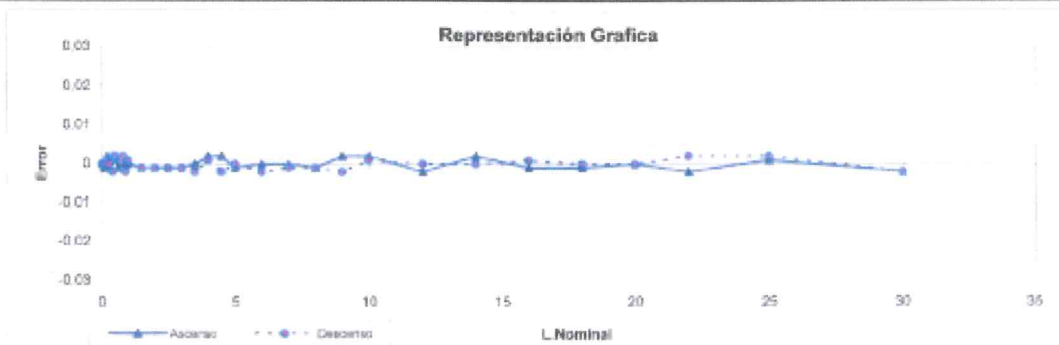
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-03

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,001	-0,001	9	0,002	-0,002
0,1	-0,001	0,000	2	-0,001	-0,001	10	0,002	0,001
0,2	0,002	0,001	2,5	-0,001	-0,001	12	-0,002	0,000
0,3	-0,001	0,000	3	-0,001	-0,001	14	0,002	0,000
0,4	0,002	-0,002	3,5	0,000	-0,002	16	-0,001	0,001
0,5	0,002	0,002	4	0,002	0,001	18	-0,001	0,000
0,6	-0,001	0,001	4,5	0,002	-0,002	20	0,000	0,000
0,7	0,000	0,001	5	-0,001	0,000	22	-0,002	0,002
0,8	0,001	0,002	6	0,000	-0,002	25	0,001	0,002
0,9	0,001	-0,002	7	0,000	-0,001	30	-0,002	-0,002
1	0,000	0,001	8	-0,001	-0,001			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma		Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A		N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm		0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm		0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm		0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A		N/A	
Error Retroceso	0,003 mm		0,0040 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm		0,0006 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N	MAX 1,5 N	1,10 N	

**Información referente al servicio**

- 1 - Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
- 2 - Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y grafico.
- 3 - Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- 4 - El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía.
- 5 - La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario.
- 6 - Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
- 7 - Este servicio se realizó con acreditación N° 0-58 ante "emra". Acreditación vigente a partir de 2009/04/22 visita pag. www.emra.org.mx

Responsable de la Medición: **Miguel Ángel Espinosa Anguano**  
Técnico



Autoriza: **Ing. Julio Ramírez Benítez**  
Gerente de Laboratorio

PÁG. 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
439/497



# Informe de Calibración

**N° de Informe:** G14-2839-04  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC, S.A. DE C.V.  
**Customer:**  
**Dirección:** LONDRES, NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
**Address:**

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
**Description:**  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2050-08  
**Manufacturer:** **Model/Type:**  
**Alcance:** 0 a 20,0 mm **No. Serie:** 666890  
**Range:** **Serial Number:**  
**División mínima:** 0,010 mm **Código de Control:** 1-11  
**Minimum reading:** **Control Code:**

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patron(es) Utilizado(s):**  
**Descripción:** MAQUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2020  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** SIP **Código:** AM-UMD-158  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE LONGITUD CNM-PNM-2 **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
**Trazability:** **Cal date:**  
**Calibrado por:** CENAM **Proxima Calibración:** 29-09-16  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Descripción:**  
**Description:**  
**Marca:**  
**Manufacturer:**  
**Trazabilidad:**  
**Trazability:**  
**Calibrado por:**  
**Calibrated by:**

**Condiciones de Calibración:**  
**Procedimiento utilizado:** AM-DC-04 **Metodo Utilizado:** Comparacion  
**Procedure employed:** **Method employed:**  
**Temperatura:** 20 ± 1 °C **Norma Utilizada:** JIS B7503 1997, ANSI B89.1.10M-1987  
**Temperature:** **Standard employed:**  
**Resultado de Calibración:** VER TABLA **Humedad Relativa:** 45 ± 10% H.R.  
**Calibration Result:** **Relative Humidity:**  
**Nivel de Confianza:** 95% **Incertidumbre(um):** ± 7,0  
**Level of confidence:** **Uncertainty:**  
**Factor de Cobertura:** 2  
**Coverage factor:**

**Responsable de la Medición:** Miguel Angel Espinosa Anguiano  
**Técnico**  
**Autoriza:** Ing. Julia Ramirez Bonilla  
**Gerente de Laboratorio**  
**AM FT-64**  
**HGM-1 DE J**

**Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.**  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlalapan Cuautlan, México, 54800  
 Tel/Fax: 2620-0945 5754-6493 5754-3425, 5119-0939

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
440/497



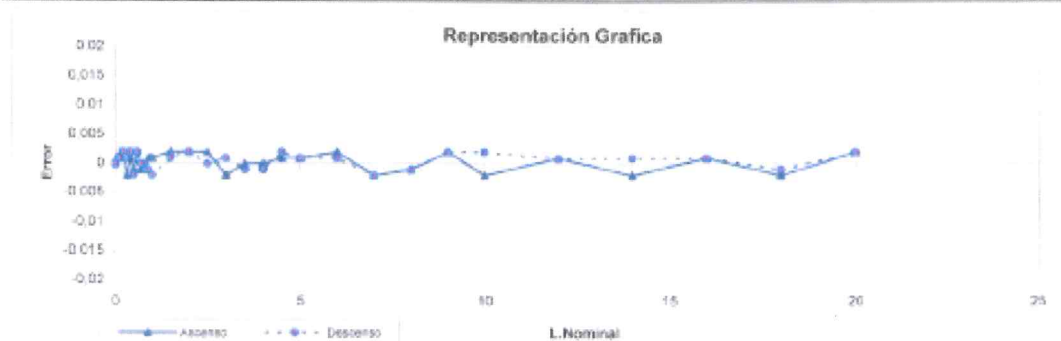
# Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-04

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	0,002	0,001	9	0,002	0,002
0,1	0,001	0,001	2	0,002	0,002	10	-0,002	0,002
0,2	0,002	0,002	2,5	0,002	0,000	12	0,001	0,001
0,3	-0,002	0,001	3	-0,002	0,001	14	-0,002	0,001
0,4	0,001	0,002	3,5	0,000	-0,001	16	0,001	0,001
0,5	-0,001	-0,002	4	0,000	-0,001	18	-0,002	-0,001
0,6	0,002	0,002	4,5	0,001	0,002	20	0,002	0,002
0,7	-0,001	0,000	5	0,001	0,001			
0,8	-0,001	-0,001	6	0,002	0,001			
0,9	0,001	-0,001	7	-0,002	-0,002			
1	0,001	-0,002	8	-0,001	-0,001			

Valores expresados en mm

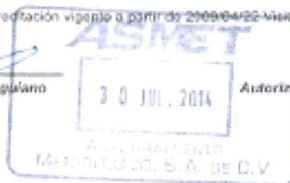


Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0040 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0006 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	1,10 N	

**Información referencial al servicio**

- Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones
- Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y gráfico
- Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio
- El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sellos y firmas autorizadas de la compañía
- La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario
- Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
- Este servicio se realizó con acreditación N° D-95 ante "ema". Acreditación vigente a partir de 2009-04-22. Ver en [www.ema.org.mx](http://www.ema.org.mx)

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Arguiano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramirez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

PÁG. 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
441/497





# Informe de Calibración

**N° de Informe:** G14-2839-05  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC, S.A. DE C.V.  
**Customer:**  
**Dirección:** LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
**Address:**

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
**Description:**  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2050-08  
**Manufacturer:** **Model/Type:**  
**Alcance:** 0 a 20.0 mm **No. Serie:** 837885  
**Range:** **Serial Number:**  
**División mínima:** 0.010 mm **Código de Control:** 1-14  
**Minimum reading:** **Control Code:**

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patrón(es) Utilizado(s):**

**Descripción:** MAQUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2920  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** SIP **Código:** AM-UMD-158  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
**Trazability:** LONGITUD CNM-PNM-2 **Cal date:**  
**Calibrado por:** CENAM **Proxima Calibración:** 29-feb-16  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Descripción:** **No. Serie:**  
**Description:** **Serial Number:**  
**Marca:** **Código:**  
**Manufacturer:** **Code:**  
**Trazabilidad:** **Fecha de Calibración:**  
**Trazability:** **Cal date:**  
**Calibrado por:** **Proxima Calibración:**  
**Calibrated by:** **Cal due date:**

**Condiciones de Calibración:**

<b>Procedimiento utilizado:</b> AM-DC-04 <b>Procedure employed:</b>	<b>Método Utilizado:</b> Comparación <b>Method employed:</b>	<b>Norma Utilizada:</b> JIS B7503 1997, ANSI B89.1 10M-1987 <b>Standard employed:</b>
<b>Temperatura:</b> 20 ± 1 °C <b>Temperature:</b>	<b>Humedad Relativa:</b> 45 ± 10% H.R. <b>Relative Humidity:</b>	<b>Incertidumbre(µm):</b> ± 7.0 <b>Uncertainty:</b>
<b>Resultado de Calibración:</b> VER TABLA <b>Calibration Result:</b>	<b>Factor de Cobertura:</b> 2 <b>Coverage factor:</b>	
<b>Nivel de Confianza:</b> 95% <b>Level of confidence:</b>		

**Responsable de la Medición:** Miguel Angel Espinosa Angulano  
**Técnico**



**Autoriza:** Ing. Julio Ramirez Bonilla  
**Gerente de Laboratorio**  
 AM FT.44  
 HOJA 1 DE 1

**Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.**  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlaxtepan, Cuautlan, México 54800  
 Tel/Fax 2620-0945, 5754-8433, 5754-3426, 5119-0935

# Informe de Calibración

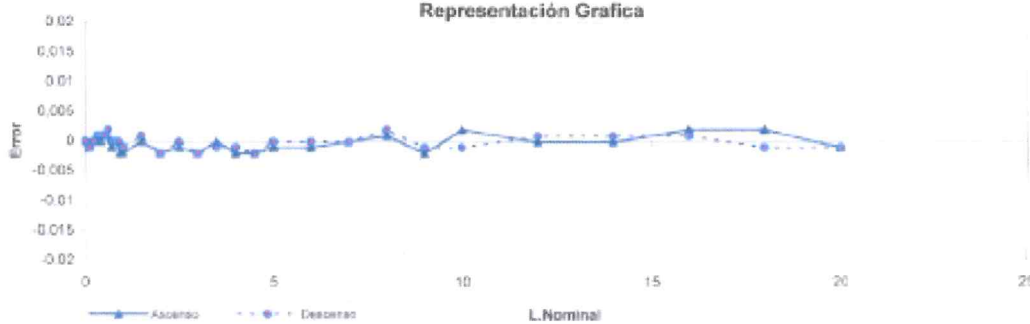
Tabla de Resultados

G14-2839-05

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	0,000	0,001	9	-0,002	-0,001
0,1	-0,001	-0,001	2	-0,002	-0,002	10	0,002	-0,001
0,2	0,000	0,000	2,5	-0,001	0,000	12	0,000	0,001
0,3	0,000	0,001	3	-0,002	-0,002	14	0,000	0,001
0,4	0,000	0,001	3,5	0,000	-0,001	16	0,002	0,001
0,5	0,001	0,001	4	-0,002	-0,001	18	0,002	-0,001
0,6	0,001	0,002	4,5	-0,002	-0,002	20	-0,001	-0,001
0,7	-0,001	0,000	5	-0,001	0,000			
0,8	0,000	0,000	6	-0,001	0,000			
0,9	-0,002	0,000	7	0,000	0,000			
1	-0,002	-0,001	8	0,001	0,002			

Valores expresados en mm

Representación Grafica



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	-0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0030 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0005 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N   MAX 1,5 N	0,90 N	

Información referente al servicio

- Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
- Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y grafico
- Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio
- El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía.
- La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario
- Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad
- Este servicio se realizó con acreditación N° D-56 ante "ema" Acreditación vigente a partir de 2009/04/22. Visita pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Anguiano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramirez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

PÁG. 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
443/497



# Informe de Calibración

N° de Informe: **G14-2839-06**  
 Fecha de Calibración: **30-julio-14**  
 Fecha de Emisión: **30-julio-14**

**Cliente:**  
 Nombre: **GEOTEC, S.A. DE C.V.**  
 Customer:  
 Dirección: **LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.**  
 Address:

**Instrumento:**  
 Descripción: **INDICADOR DE CARATULA**  
 Description:  
 Marca: **MITUTOYO** Modelo: **2050-08**  
 Manufacturer: Model/Type  
 Alcance: **Ø a 20.0 mm** No. Serie: **913280**  
 Range: Serial Number  
 División mínima: **0.010 mm** Código de Control: **I-10**  
 Minimum reading: Control Code

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patrón(es) Utilizado(s):**  
 Descripción: **MAQUINA UNIDIMENSIONAL** No. Serie: **2920**  
 Description: Serial Number  
 Marca: **SIP** Código: **AMJMD-158**  
 Manufacturer: Code  
 Trazabilidad: **PATRON NACIONAL DE LONGITUD CNM-PNM-2** Fecha de Calibración: **01-mar-13**  
 Trazability: Cal date  
 Calibrado por: **CENAM** Próxima Calibración: **29-feb-15**  
 Calibrated by: Cal due date

**Condiciones de Calibración:**  
 Descripción: No. Serie:  
 Description: Serial Number  
 Marca: Código:  
 Manufacturer: Code  
 Trazabilidad: Fecha de Calibración:  
 Trazability: Cal date  
 Calibrado por: Próxima Calibración:  
 Calibrated by: Cal due date

**Procedimiento utilizado:** **AM-DC-04** **Método Utilizado:** **Comparación**  
 Procedure employed: Method employed  
**Temperatura:** **20 ± 1 °C** **Norma Utilizada:** **JIS B7503 1997, ANSI B89.1 10M-1987**  
 Temperature: Standard employed  
**Resultado de Calibración:** **VER TABLA** **Humedad Relativa:** **45 ± 10% H.R.**  
 Calibration Result: Relative Humidity  
**Nivel de Confianza:** **95%** **Incertidumbre(µm):** **± 7.0**  
 Level of confidence: Uncertainty  
**Factor de Cobertura:** **2**  
 Coverage factor

Responsable de la Medición: **Miguel Angel Espinosa Anguiano** Técnico **Autoriza:** **Ing. Julio Ramirez Bonilla**  
 Gerente de Laboratorio

Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlaxiapan, Cuauhtlan, México, 54800  
 Tel/Fax: 2620-0915, 5754-6433, 5754-3425, 5119-0935



Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

**Página**  
**444/497**



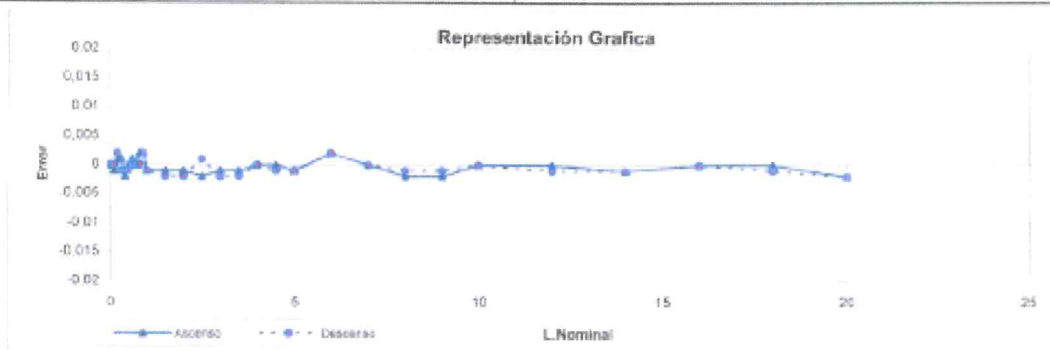
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-06

Valor Nominal	Error		Valor Nominal	Error		Valor Nominal	Error	
	Ascenso	descenso		Ascenso	descenso		Ascenso	descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,001	-0,002	9	-0,002	-0,001
0,1	-0,001	0,000	2	-0,001	-0,002	10	0,000	0,000
0,2	0,001	0,002	2,5	-0,002	0,001	12	0,000	-0,001
0,3	0,001	-0,001	3	-0,001	-0,002	14	-0,001	-0,001
0,4	-0,002	-0,001	3,5	-0,001	-0,002	16	0,000	0,000
0,5	0,000	-0,001	4	0,000	0,000	18	0,000	-0,001
0,6	0,001	0,000	4,5	0,000	-0,001	20	-0,002	-0,002
0,7	0,000	0,000	5	-0,001	-0,001			
0,8	0,002	0,000	6	0,002	0,002			
0,9	0,002	0,002	7	0,000	0,000			
1	-0,001	-0,001	8	-0,002	-0,001			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0030 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0004 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	1,20 N	

**Información referente al servicio**

1. Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
2. Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y gráfico.
3. Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
4. El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de selo y firmas autorizadas de la compañía.
5. La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario.
6. Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
7. Este servicio se realizó con acreditación N° C-56 ante "ema". Acreditación vigente a partir de 2009/04/22 hasta por www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Anguiano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramirez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

P.O.A. 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
445/497





# Informe de Calibración

**Nº de Informe:** G14-2839-07  
**Fecha de Calibración:** 30-julio-14  
**Fecha de Emisión:** 30-julio-14

<b>Cliente:</b>	
<b>Nombre:</b>	GEOTEC, S.A. DE C.V.
<b>Customer:</b>	
<b>Dirección:</b>	LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.
<b>Address:</b>	

<b>Instrumento:</b>			
<b>Descripción:</b>	INDICADOR DE CARATULA		
<b>Description:</b>			
<b>Marca:</b>	MITUTOYO	<b>Modelo:</b>	2050-08
<b>Manufacturer:</b>		<b>Model/Type:</b>	
<b>Alcance:</b>	0 a 20.0 mm	<b>No. Serie:</b>	615044
<b>Range:</b>		<b>Serial Number:</b>	
<b>División mínima:</b>	0,010 mm	<b>Código de Control:</b>	1-13
<b>Minimum reading:</b>		<b>Control Code:</b>	

<b>Condiciones de Trazabilidad</b>			
<b>Patrón(es) Utilizado(s):</b>			
<b>Descripción:</b>	MAQUINA UNIDIMENSIONAL	<b>No. Serie:</b>	2920
<b>Description:</b>		<b>Serial Number:</b>	
<b>Marca:</b>	SIP	<b>Código:</b>	AM-JMD-158
<b>Manufacturer:</b>		<b>Code:</b>	
<b>Trazabilidad:</b>	PATRON NACIONAL DE LONGITUD CNM-PNM-2	<b>Fecha de Calibración:</b>	07-mar-13
<b>Trazability:</b>		<b>Cal date:</b>	
<b>Calibrado por:</b>	CENAM	<b>Proxima Calibración:</b>	26-feb-15
<b>Calibrated by:</b>		<b>Cal due date:</b>	

<b>Descripción:</b>		<b>No. Serie:</b>	
<b>Description:</b>		<b>Serial Number:</b>	
<b>Marca:</b>		<b>Código:</b>	
<b>Manufacturer:</b>		<b>Code:</b>	
<b>Trazabilidad:</b>		<b>Fecha de Calibración:</b>	
<b>Trazability:</b>		<b>Cal date:</b>	
<b>Calibrado por:</b>		<b>Proxima Calibración:</b>	
<b>Calibrated by:</b>		<b>Cal due date:</b>	

<b>Condiciones de Calibración:</b>			
<b>Procedimiento utilizado:</b>	AM-DC-04	<b>Método Utilizado:</b>	Comparación
<b>Procedure employed:</b>		<b>Method employed:</b>	
<b>Temperatura:</b>	20 ± 1 °C	<b>Norma Utilizada:</b>	JIS B7503 1997, ANSI B89.1.10M-1987
<b>Temperature:</b>		<b>Standard employed:</b>	
<b>Resultado de Calibración:</b>	VER TABLA	<b>Humedad Relativa:</b>	45 ± 10% H.R.
<b>Calibration Result:</b>		<b>Relative Humidity:</b>	
<b>Nivel de Confianza:</b>	95%	<b>Incertidumbre(±):</b>	± 7,0
<b>Level of confidence:</b>		<b>Uncertainty:</b>	
		<b>Factor de Cobertura:</b>	2
		<b>Coverage factor:</b>	

**Responsable de la Medición:** Miguel Ángel Espinosa Anguiano  
**Técnico**

**Autoriza:** Ing. Julio Ramírez Bonilla  
**Gerente de Laboratorio**



**Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.**  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlattepan, Cuautlan, Mexico, 54800  
 Tel/Fax 2820-0945, 5754-8433, 5754-3425, 5119-0939

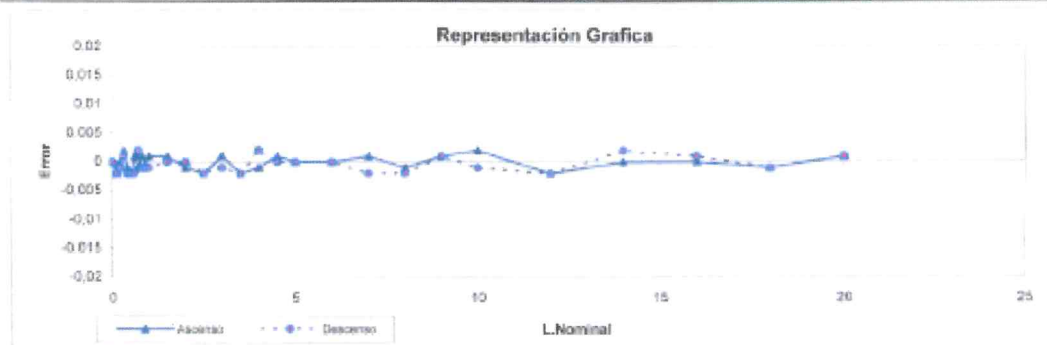
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-07

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	0,001	0,000	9	0,001	0,001
0,1	-0,002	-0,002	2	-0,001	0,000	10	0,002	-0,001
0,2	0,000	-0,001	2,5	-0,002	-0,002	12	-0,002	-0,002
0,3	0,002	0,001	3	0,001	-0,001	14	0,000	0,002
0,4	-0,001	-0,002	3,5	-0,002	-0,002	15	0,000	0,001
0,5	-0,002	-0,002	4	-0,001	0,002	18	-0,001	-0,001
0,6	0,001	-0,002	4,5	0,001	0,000	20	0,001	0,001
0,7	-0,001	0,002	5	0,000	0,000			
0,8	0,001	-0,001	6	0,000	0,000			
0,9	-0,001	-0,001	7	0,001	-0,002			
1	0,001	-0,001	8	-0,001	-0,002			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0030 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0004 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	1,20 N	

**Información referente al servicio**

- 1- Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
- 2- Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y gráfico.
- 3- Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- 4- El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía.
- 5- La próxima calibración le establece el programa interno de calibración del usuario.
- 6- Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
- 7- Este servicio se realizó con acreditación N° D-56 ante "eme" Acreditación vigente a partir de 2009/04/22 Visite pag. www.eme.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Anguiano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramírez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

HOJA 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
447/497



# Informe de Calibración

N° de Informe: **G14-2839-08**  
 Fecha de Calibración: **30-julio-14**  
 Fecha de Emisión: **30-julio-14**

**Cliente:**  
 Nombre: **GEOTEC, S.A. DE C.V.**  
 Customer  
 Dirección: **LONDRES NO. 44 COL. DEL GARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.**  
 Address

**Instrumento:**  
 Descripción: **INDICADOR DE CARATULA**  
 Description  
 Marca: **MITUTOYO** Modelo: **2050-06**  
 Manufacturer Model/Type  
 Alcance: **0 a 20.0 mm** No. Serie: **648031**  
 Range Serial Number  
 División mínima: **0.010 mm** Código de Control: **I-1**  
 Minimum reading Control Code

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patron(es) Utilizado(s):**  
 Descripción: **MAQUINA UNIDIMENSIONAL** No. Serie: **2920**  
 Description Serial Number  
 Marca: **SIP** Código: **AM-JMD-158**  
 Manufacturer Code  
 Trazabilidad: **PATRON NACIONAL DE LONGITUD CNM-PNM-2** Fecha de Calibración: **01-mar-13**  
 Traceability Cal date  
 Calibrado por: **CENAM** Proxima Calibración: **29-feb-15**  
 Calibrated by Cal due date

**Condiciones de Calibración:**  
 Descripción: No. Serie:  
 Description Serial Number  
 Marca: Código:  
 Manufacturer Code  
 Trazabilidad: Fecha de Calibración:  
 Traceability Cal date  
 Calibrado por: Proxima Calibración:  
 Calibrated by Cal due date

**Condiciones de Calibración:**  
 Procedimiento utilizado: **AM-DC-04** Metodo Utilizado: **Comparacion**  
 Procedure employed Method employed  
 Norma Utilizada: **JIS B7503 1997, ANSI B89.1.10M-1987**  
 Standard employed  
 Temperatura: **20 ± 1 °C** Humedad Relativa: **45 ± 10% H.R.**  
 Temperature Relative Humidity  
 Resultado de Calibración: **VER TABLA** Incertidumbre(um): **± 7,0**  
 Calibration Result Uncertainty  
 Nivel de Confianza: **95%** Factor de Cobertura: **2**  
 Level of confidence Coverage factor

Responsable de la Medición: **Miguel Angel Espinosa Anguiano**  
 Técnico



Autoriza: **Ing. Julio Ramirez Bonilla**  
 Gerente de Laboratorio  
 AM-PT-44  
 HOJA 1 DE 1

Aseguramiento Metroológico S.A. de C.V.  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlalapan Cuautlan, Mexico, 54800  
 Tel/Fax: 2620-0845, 5754-6433, 5754-3425, 5119-0939



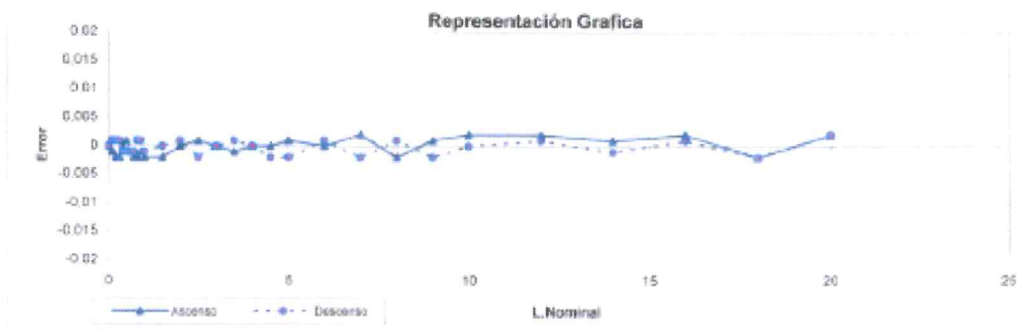
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2639-08

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,002	0,000	9	0,001	-0,002
0,1	-0,001	0,001	2	0,000	0,001	10	0,002	0,000
0,2	-0,002	0,001	2,5	0,001	-0,002	12	0,002	0,001
0,3	-0,002	0,001	3	0,000	0,000	14	0,001	-0,001
0,4	0,000	-0,001	3,5	-0,001	0,001	16	0,002	0,001
0,5	0,001	-0,001	4	0,000	0,000	18	-0,002	-0,002
0,6	-0,001	-0,001	4,5	0,000	-0,002	20	0,002	0,002
0,7	-0,002	-0,001	5	0,001	-0,002			
0,8	-0,002	0,001	6	0,000	0,001			
0,9	-0,001	0,001	7	0,002	-0,002			
1	-0,002	-0,001	8	-0,002	0,001			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	-0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0040 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0010 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	1,30 N	

**Información referente al servicio**

1. Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
2. Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y gráfico.
3. Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
4. El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de selo y firmas autorizadas de la compañía.
5. La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario.
6. Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
7. Este servicio se realizó con acreditación N° D-58 ante "ema". Acreditación vigente a partir de 2009/04/22. Visita pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Ángel Espinosa Anguiano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramírez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

PCLB-2 (02/7)

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015





# Informe de Calibración

Nº de Informe: **G14-2839-09**  
 Fecha de Calibración: **30-julio-14**  
 Fecha de Emisión: **30-julio-14**

**Cliente:**  
**Nombre:** GEOTEC, S.A. DE C.V.  
 Customer  
**Dirección:** LONDRES NO. 44 COL. DEL GARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.  
 Address

**Instrumento:**  
**Descripción:** INDICADOR DE CARATULA  
 Description  
**Marca:** MITUTOYO **Modelo:** 2050  
 Manufacturer Model/Type  
**Alcance:** 0 a 20.0 mm **No. Serie:** 772826  
 Range Serial Number  
**División mínima:** 0,010 mm **Código de Control:** 1-17  
 Minimum reading Control Code

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patrón(es) Utilizado(s):**  
**Descripción:** MAQUINA UNIDIMENSIONAL **No. Serie:** 2920  
 Description Serial Number  
**Marca:** SIP **Código:** AM-JMD-158  
 Manufacturer Code  
**Trazabilidad:** PATRON NACIONAL DE LONGITUD CNM-PNM-2 **Fecha de Calibración:** 01-mar-13  
 Traceability Cal date  
**Calibrado por:** CENAM **Proxima Calibración:** 29-feb-15  
 Calibrated by Cal due date

**Descripción:** **No. Serie:**  
 Description Serial Number  
**Marca:** **Código:**  
 Manufacturer Code  
**Trazabilidad:** **Fecha de Calibración:**  
 Traceability Cal date  
**Calibrado por:** **Proxima Calibración:**  
 Calibrated by Cal due date

**Condiciones de Calibración:**  
**Procedimiento utilizado:** AM-DC-04 **Método Utilizado:** Comparación  
 Procedure employed Method employed  
**Temperatura:** 20 ± 1 °C **Norma Utilizada:** JIS B7503 1997, ANSI B89 1 10M-1987  
 Temperature Standard employed  
**Resultado de Calibración:** VER TABLA **Humedad Relativa:** 45 ± 10% M.R.  
 Calibration Result Relative Humidity  
**Nivel de Confianza:** 95% **Incertidumbre(µm):** ± 7.0  
 Level of confidence Uncertainty  
**Factor de Cobertura:** 2  
 Coverage factor

**Responsable de la Medición:** Miguel Ángel Espinosa Anguiano  
 Técnico



**Autoriza:** Ing. Julio Ramirez Bonilla  
 Gerente de Laboratorio  
 AM-FT-44  
 HOJA 1 DE 1

Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.  
 Calle Manuel Acuña Lt. 10 Col. Tlaltepén, Cuautitlán, México 54800  
 Tel/Fax 2820-0945 5754-8433, 5754-3425, 5119-0039

**Página**  
 450/497

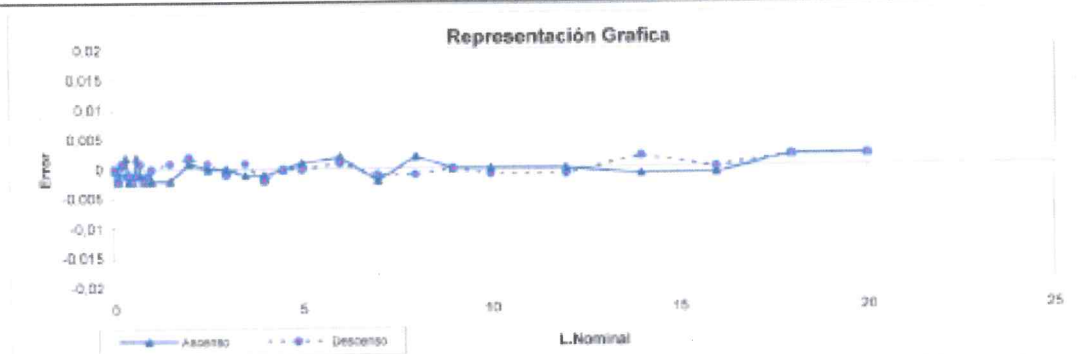
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-09

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,002	0,001	9	0,000	0,000
0,1	-0,002	-0,002	2	0,001	0,002	10	0,000	-0,001
0,2	0,001	0,001	2,5	0,000	0,001	12	0,000	-0,001
0,3	0,002	-0,001	3	0,000	-0,001	14	-0,001	0,002
0,4	-0,002	-0,001	3,5	-0,001	0,001	15	-0,001	0,000
0,5	-0,002	-0,002	4	-0,001	-0,002	18	0,002	0,002
0,6	0,002	-0,001	4,5	0,000	0,000	20	0,002	0,002
0,7	-0,001	0,001	5	0,001	0,000			
0,8	-0,002	-0,002	6	0,002	0,001			
0,9	-0,001	-0,001	7	-0,002	-0,001			
1	-0,002	0,000	8	0,002	-0,001			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0030 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0004 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	1,10 N	

**Información referente al servicio**

1. Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones
2. Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y grafico
3. Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio
4. El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de selo y firmas autorizadas de la compañía
5. La próxima calibración la establece el programa interno de calibración del usuario
6. Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
7. Este servicio se realizó con acreditación N° 0-56 ante "ema" Acreditación vigente a partir de 2009/04/22 Visita pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: **Miguel Angel Espinosa Anguiano**  
Técnico



Autoriza: **Ing. Julio Ramírez Sanilla**  
Gerente de Laboratorio

HOJA 2 DE 2

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
451/497



# Informe de Calibración

N° de Informe: **G14-2839-10**  
 Fecha de Calibración: **30-julio-14**  
 Fecha de Emisión: **30-julio-14**

**Cliente:**  
 Nombre: **GEOTEC, S.A. DE C.V.**  
 Customer:  
 Dirección: **LONDRES NO. 44 COL. DEL CARMEN COYOACAN, C.P. 04100 DELEG. COYOACAN, MEXICO, D.F.**  
 Address:

**Instrumento:**  
 Descripción: **INDICADOR DE CARATULA**  
 Description:  
 Marca: **MITUTOYO** Modelo: **2852**  
 Manufacturer: Model/Type  
 Alcance: **0 a 30 mm** No. Serie: **657110**  
 Range: Serial Number  
 División mínima: **0.010 mm** Código de Control: **1-6**  
 Minimum reading: Control Code

**Condiciones de Trazabilidad**  
**Patron(es) Utilizado(s):**  
 Descripción: **MAQUINA UNIDIMENSIONAL** No. Serie: **2920**  
 Description: Serial Number  
 Marca: **SIP** Código: **AMJMD-159**  
 Manufacturer: Code  
 Trazabilidad: **PATRON NACIONAL DE LONGITUD CMM-PNM-2** Fecha de Calibración: **01-mar-13**  
 Trazability: Cal date  
 Calibrado por: **CENAM** Proxima Calibración: **29-feb-16**  
 Calibrated by: Cal due date

**Condiciones de Calibración:**  
 Descripción: **VER TABLA** No. Serie:  
 Description: Serial Number  
 Marca: **VER TABLA** Código:  
 Manufacturer: Code  
 Trazabilidad: **VER TABLA** Fecha de Calibración:  
 Trazability: Cal date  
 Calibrado por: **VER TABLA** Proxima Calibración:  
 Calibrated by: Cal due date

**Procedimiento utilizado:** **AM-DC-04** **Método Utilizado:** **Comparación**  
 Procedure employed: Method employed  
**Temperatura:** **20 ± 1 °C** **Norma Utilizada:** **JIS B7503 1997, ANSI B89.1 10M-1987**  
 Temperature: Standard employed  
**Resultado de Calibración:** **VER TABLA** **Humedad Relativa:** **45 ± 10% H.R.**  
 Calibration Result: Relative Humidity  
**Nivel de Confianza:** **95%** **Incertidumbre(µm):** **± 7,0**  
 Level of confidence: Uncertainty  
**Factor de Cobertura:** **2**  
 Coverage factor: Coverage factor

Responsable de la Medición: **Miguel Angel Espinosa Anguiano** Autoriza: **Ing. Julio Ramirez Bonilla**  
 Técnico: Gerente de Laboratorio



Aseguramiento Metrológico S.A. de C.V.  
 Calle Manuel Acuña L1 10 Col. Tlalrepan, Cuauhtémoc, México 04800  
 Tel/Fax 2620-0945, 6754-6493, 6754-3425, 6119-0039

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1

07/07/2015

Página  
 452/497



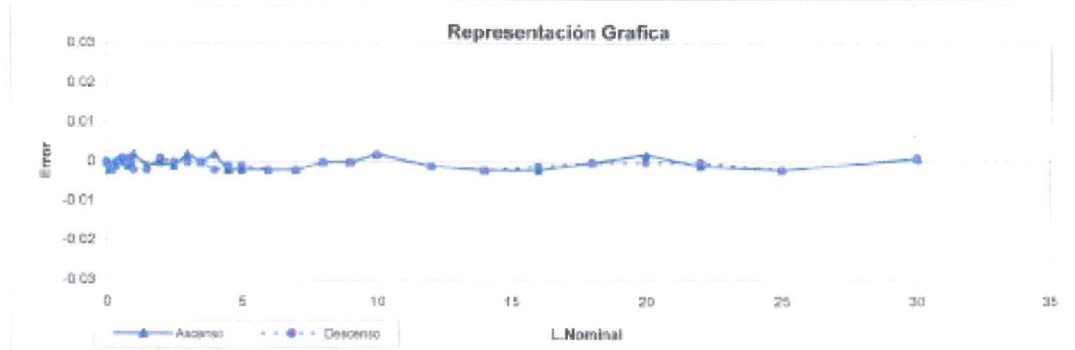
## Informe de Calibración

Tabla de Resultados

G14-2839-10

Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso	Valor Nominal	Error Ascenso	Error descenso
0	0,000	0,000	1,5	-0,001	-0,002	9	0,000	0,000
0,1	-0,002	-0,001	2	0,000	0,001	10	0,002	0,002
0,2	-0,002	-0,002	2,5	-0,001	0,000	12	-0,001	-0,001
0,3	-0,001	-0,001	3	0,002	0,000	14	-0,002	-0,002
0,4	0,000	0,000	3,5	0,000	0,000	16	-0,002	-0,001
0,5	0,000	0,000	4	0,002	-0,002	18	0,000	0,000
0,6	0,000	0,001	4,5	-0,002	-0,001	20	0,002	0,000
0,7	0,000	0,000	5	-0,002	-0,001	22	-0,001	0,000
0,8	-0,001	0,000	6	-0,002	-0,002	25	-0,002	-0,002
0,9	0,000	0,001	7	-0,002	-0,002	30	0,001	0,001
1	0,002	-0,002	8	0,000	0,000			

Valores expresados en mm



Atributos Calibrados	Especificación establecida por norma	Resultado Obtenido	Observaciones
Error Adyacente	N/A	N/A	
Error a 2 revoluciones	± 0,010 mm	0,0020 mm	
Error a 10 revoluciones	± 0,030 mm	0,0020 mm	
Error a 20 revoluciones	± 0,040 mm	0,0020 mm	
Error Alcance Total	N/A	N/A	
Error Retroceso	0,003 mm	0,0040 mm	
Repetibilidad	0,0020 mm	0,0006 mm	
Fuerza de medición	MIN 0,4 N    MAX 1,5 N	0,90 N	

**Información referente al servicio**

- 1.- Se realizaron 3 mediciones para cada valor, la lectura medida reportada se obtiene del promedio de las mediciones.
- 2.- Cada valor del error tiene asociado una incertidumbre que es mostrada en la tabla y grafico.
- 3.- Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado, indicado en este informe bajo las condiciones ambientales del laboratorio.
- 4.- El informe no es válido si presenta tachaduras, enmendaduras, por falta de sello y firmas autorizadas de la compañía.
- 5.- La próxima calibración lo establece el programa interno de calibración del usuario.
- 6.- Este documento no debe reproducirse excepto en su totalidad.
- 7.- Este servicio se realizó con acreditación N° D-56 ante "ema" Acreditación vigente a partir de 2009/04/22 Vista pag. www.ema.org.mx

Responsable de la Medición: Miguel Angel Espinosa Aguilano  
Técnico



Autoriza: Ing. Julio Ramirez Bonilla  
Gerente de Laboratorio

HOJA 3 DE 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
453/497





entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA  
A

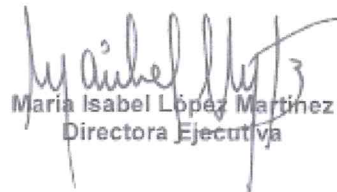
**ASEGURAMIENTO METROLÓGICO, S. A. DE C. V.  
ASMET**

MANUEL ACUÑA LT. 10, COL. BARRIO TLATEPAN,  
C.P. 54800, CUAUTILAN, ESTADO DE MÉXICO.

Como Laboratorio de Calibración de acuerdo a los Requisitos establecidos en la Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) para las actividades de evaluación de la conformidad en el área:

### Dimensional\*

El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."

  
Maria Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva



Acreditación No: D-56  
Vigente a partir del 2009-04-22\*

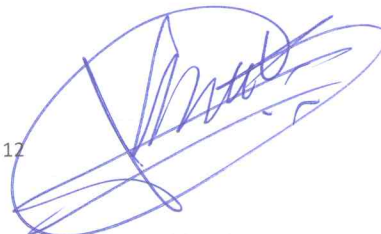
\*13LC0375 Actualización por cambio de domicilio a partir del 27 de mayo de 2013, en el alcance establecido en el nexo técnico correspondiente.  
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.

FOR-LAB-D11-01

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
454/497



acreditación



entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

CUMPLIENDO LA MISIÓN DE SERVIR  
A MÉXICO Y A NUESTROS CLIENTES

mariano escobedo n° 564  
col. nueva anzures  
11590 México, D.F.  
tel.: (55) 9145-4300 fax: (55) 5591-0529  
www.ema.org.mx LSC 01 800 022 29 78

México, D.F., 19 de febrero de 2014  
Número de Ref.: 13LC0374

**Ing. Julio Ramírez Bonilla.**  
Representante autorizado.  
Aseguramiento Metroológico S.A. de C.V.  
Manuel Acuña Lt. 10, Col. Barrio Tlaltepán,  
C.P. 54800, Cuautitlán, Estado de México.  
Presente.

Hago referencia a su solicitud de ampliación de procedimientos de calibración de la acreditación otorgada el 22 de abril de 2009 a través del documento con número de referencia 08LC0545, como laboratorio de calibración en el área de dimensional, ingresada a esta entidad el 30 de abril de 2013, de conformidad con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración"

Sobre el particular, y con fundamento en lo dispuesto en los artículos 68, 69, 70, 70-C y 81 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, tercer transitorio del decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado el 20 de mayo de 1997 en el Diario Oficial de la Federación y el oficio No. 100.98.00654 de fecha 10 de diciembre de 1998 por medio del cual se autoriza la operación de la entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema), publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 15 de enero de 1999, y previo dictamen técnico favorable, emitido por el Comité de Evaluación de Laboratorios de Calibración, la entidad mexicana de acreditación, a.c. expide la presente:

**Ampliación de procedimientos de calibración de la acreditación D-56, como laboratorio de calibración, únicamente en las mediciones y servicios de calibración del área de Dimensional, en los alcances e incertidumbres descritas en el anexo A del presente documento.**

La vigencia de la presente ampliación de procedimientos de calibración es a partir del 19 de febrero de 2014 y su validez queda sujeta a las evaluaciones que las dependencias competentes o la entidad mexicana de acreditación, a.c., realicen, a fin de constatar que el laboratorio de calibración en su estructura y funcionamiento, cumple cabalmente con las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y los ordenamientos que derivan de ella.

Cabe mencionar, que las actividades que se desarrollen con motivo de la presente ampliación de procedimientos de calibración, deberán ajustarse puntualmente a los requerimientos que exige la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las reglas, procedimientos y métodos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y en su defecto las internacionales, de lo contrario, pueden incurrir en las sanciones que expresamente se consignan en dicha ley, así como también en los procedimientos aplicables de la entidad mexicana de acreditación, a.c.

En este sentido le recordamos que para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas, es necesario obtener la aprobación de la dependencia competente en los términos de los artículos 38, fracción VI, 70 y 83 de la citada Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

*El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."*

Página 1 de 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
455/497



entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

CUMPLIENDO LA MISIÓN DE SERVIR  
A MÉXICO Y A NUESTROS CUENTES


mariano escobedo n° 564  
col. nueva anzures  
11590 México, d.f.  
tel.: (55) 9148-4300 fax: (55) 5591-0529  
www.ema.org.mx LSC D1 800 022 29 78

**Notas para la Interpretación del anexo A:**

- I. **Magnitud:** Es la magnitud en la que será calibrado el Instrumento Bajo Calibración (IBC)
- II. **Instrumento de medida:** Es el Patrón o Instrumento Bajo Calibración (IBC)
- III. **Método de medida:** Se indica el método de calibración o medición que el laboratorio utiliza para prestar el servicio de calibración
- IV. **Intervalo o punto de medida:** Se indican el punto y/o los valores mínimo y máximo del intervalo acreditado del servicio de calibración o medición.
- V. **Condiciones de funcionamiento de referencia**
  - **Parámetro:** Es la condición de medición bajo la cual se realiza la calibración del IBC. El valor de parámetro puede ser utilizado por el usuario del IBC para operarlo bajo las mismas condiciones que se observaron durante su calibración, o en su defecto, para que el usuario pueda aplicar las correcciones correspondientes.
  - **Especificaciones:** Es el valor del parámetro (condiciones de medida), que se observa durante la calibración del IBC.
- VI. **Incertidumbre expandida de medida:** Se declara el valor de incertidumbre expandida que el laboratorio puede alcanzar durante la prestación del servicio de calibración o medición.
  - **Valor numérico de la unidad:** Se refiere al valor de la incertidumbre de calibración del intervalo o punto de medición.
  - **Unidad de medida:** Se declara la unidad en que se expresa el valor de la incertidumbre expandida.
  - **Contribución del laboratorio:** Es la incertidumbre asociada a las capacidades técnicas de calibración del laboratorio acreditado, expresada como una incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura. Este valor considera al menos, las siguientes componentes de incertidumbre:
    1. La incertidumbre de la calibración de los patrones que el laboratorio utiliza;
    2. La incertidumbre del método de calibración;
    3. La incertidumbre asociada con las condiciones de medición en que se realiza el servicio de calibración o medición;
    4. La incertidumbre que resulta por cambio de condiciones de medida si el servicio de calibración se realiza en sitio o en campo;
    5. La incertidumbre por reproducibilidad del método de calibración utilizado para realizar el servicio de calibración o medición.
  - **Contribución del IBC:** Es la incertidumbre asociada con el desempeño del instrumento bajo calibración, expresada como la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura.
  - **Factor de cobertura:** Es el número por el que se requiere multiplicar la incertidumbre estándar total para obtener la mitad de un intervalo simétrico, centrado en la mejor estimación del mensurando, en el cual se puede encontrar su valor verdadero, con un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
  - **¿Incertidumbre relativa o absoluta?:** Se declara si el valor de la incertidumbre expandida es un valor absoluto o relativo. En el caso de que la incertidumbre expandida sea relativa, también se declara si es respecto del valor nominal del servicio de calibración o de algún valor a plena o media escala.
- VII. **Patrón de referencia usado en la calibración:** Se informa el patrón o patrones de referencia que el laboratorio utiliza para realizar el servicio de calibración o medición.
  - **Fuente de trazabilidad metrológica:** Es el origen inmediato de la trazabilidad del patrón de referencia usado en la calibración, el cual esté asociado con el servicio de medición o calibración bajo el alcance de la CMC.
- VIII. **Ensayos de aptitud que soportan la CMC:** Se reportan aquellos Ensayos de Aptitud en que el laboratorio ha participado y que soportan específicamente el servicio de calibración o medición.

Sin otro particular por el momento, agradeciendo de antemano la atención que se sirva dedicarle a la presente notificación, quedo a sus órdenes.

Atentamente,

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva

c.c.p. Expediente.

Página 2 de 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
456/497



La expresión de las Capacidades de Medición y Calibración (CMC) de un laboratorio de calibración acreditado

ACREDITACIÓN

D-56

Título de medida

20140-12

Revisión: 01

Laboratorio de Calibración y Medición			Condiciones de funcionamiento de referencia		Una muestra representativa de medida					Patrones de referencia usados en la calibración		Participación en Eventos de aptitud	Observaciones		
Medianda	Intensidad de medida	Alcance de medida	Medida y punto de ajuste	Temperatura	Exactitud (mm)	Valor nominal de la medida	unidad de medida	Escala de medida	Escala de división del BIP	Factor de cobertura	tipo de medida o absoluta			Patrón de medida	Factor de trazabilidad metrológica
Longitud	Micrómetros de exteriores con topografía e intercambiables	Comparación directa	8 mm a 8000 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(1.3 ± 0.014) L en mm	µm	(0.1 ± 0.014) L en mm	(1.5 ± 0.001) L en mm	1	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via CENAM Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45	HG1-0421A	
Longitud	Micrómetros de interiores con 2 juntas de contacto	Comparación directa	8 mm a 30 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(2.1 ± 0.011) L en mm	µm	(1.4 ± 0.011) L en mm	1	2	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via CENAM Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Microscopios de profundidad con unidades intercambiables	Comparación directa	2 mm a 204.8 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(2.2 ± 0.014) L en mm	µm	(0.01 ± 0.014) L en mm	(1.2 ± 0.011) L en mm	2	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via CENAM Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Calibradores	Comparación directa	4 mm a 1010 mm Resolución: 0.01 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(12 ± 0.001) L en mm	µm	(0.01 ± 0.014) L en mm	(1.2 ± 0.011) L en mm	2	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via CENAM Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45	HG1-0421A	
Longitud	Medidores de altura	Comparación directa	8 mm a 30 mm Resolución: 0.01 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(2.1 ± 0.001) L en mm	µm	(0.01 ± 0.014) L en mm	1	2	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via CENAM Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Indicadores de altura tipo SCD	Comparación directa	8 mm a 101.8 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(1.7 ± 0.001) L en mm	µm	(0.4 ± 0.011) L en mm	1.7	2	absoluta	Medidor electrónico Div. Metro 600 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	HG1-0421A	En desarrollo del laboratorio
Longitud	Indicadores de altura tipo gubias	Comparación directa	8 mm a 14 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	1.3	µm	1.3	0.7	2	absoluta	Calibrador de indicadores Div. Metro 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	HG1-0421A	
Longitud	Medidor de espesores con indicador	Comparación directa	0 mm a 25.4 mm Resolución: 0.001 mm	Temperatura	20 ± 1°C	2	µm	0.4	1.6	1	absoluta	Bloques patrón grado "T" en el SI conforme a ISO 3650:1998	Patrón Nacional de Longitud via Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Cintas y flexómetros, material acero	Comparación directa	2 mm a 30 mm División mínima: 0.1 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(5 ± 0.2) L en mm	µm	(5 ± 0.2) L en mm	7	2	absoluta	Regla de acero Div. Metro 0.001 mm Microscopio de medición Resolución: 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via Tecnovalor D-34 Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Cintas y flexómetros, material plástico y fibra de vidrio	Comparación directa	8 mm a 30 mm División mínima: 0.1 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(5.7 ± 0.2) L en mm	µm	(7 ± 0.2) L en mm	(4.26 ± 0.2) L en mm	2	absoluta	Regla de acero Div. Metro 0.001 mm Microscopio de medición Resolución: 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via Tecnovalor D-34 Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		
Longitud	Reglas graduadas de acero	Comparación directa	2 mm a 200 mm División mínima: 0.2 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(7 ± 0.001) L en mm	µm	(0 ± 0.001) L en mm	5	2	absoluta	Regla de acero Div. Metro 0.001 mm Microscopio de medición Resolución: 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via Tecnovalor D-34 Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45	CM-CA-140-001-2012	
Longitud	Reglas graduadas plásticas	Comparación directa	2 mm a 200 mm División mínima: 0.2 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(7 ± 0.004) L en mm	µm	(7 ± 0.004) L en mm	8	2	absoluta	Regla Patrón Acero y Escala Lineal Digital	Metrología Mexicana S.A. de C.V.	CM-CA-140-001-2012	
Longitud	Reglas graduadas de aluminio	Comparación directa	0 mm a 200 mm División mínima: 0.2 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(6 ± 0.011) L en mm	µm	(0 ± 0.014) L en mm	8	2	absoluta	Regla de acero Div. Metro 0.001 mm Microscopio de medición Resolución: 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via Tecnovalor D-34 Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45	CM-CA-140-001-2012	
Longitud	Reglas graduadas	Comparación directa	0 mm a 300 mm División mínima: 0.2 mm	Temperatura	20 ± 1°C	(6 ± 0.014) L en mm	µm	(1 ± 0.014) L en mm	8	2	absoluta	Regla de acero Div. Metro 0.001 mm Microscopio de medición Resolución: 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud via Tecnovalor D-34 Metrología Mexicana S.A. de C.V. D-45		

Página 1 de 5





La de expresión de las Capacidades de Medición y Calibración [CMC] de un laboratorio de calibración acreditado

ACREDITACIÓN

D-56

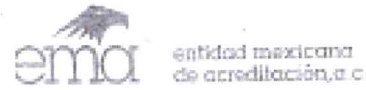
Fecha de emisión

2015-03-10  
Revisión 01

I	II		IV	V		VI					VII		VIII		
	III	III		Parámetros	Exposiciones	Factor de cobertura	Observaciones o abstracción	Patrón de medida	Fuente de trazabilidad metrológica	Participación en Escayos de aptitud	Observaciones				
Longitud	Medidores de espesores de recubrimientos ferrosos, no ferrosos y magnéticos	Comparación directa	0 mm a 5 mm Resolución 0.001 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	(1.3 ± 0.01) L en mm	µm	(1.3 ± 0.01) L en mm	1.5	2	absoluta	Medidas calibradas de longitud	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM		
Ángulo	Niveles de burbuja	Comparación directa	0 mm a 400 mm Resolución 0.01 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	1	1 de arco	0.5	0.5	2	absoluta	Generador de ángulos	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM		
Longitud	Taleros	Comparación directa	0.30 mm a 100 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	(2 ± 0.003) L en mm	µm	(2 ± 0.003) L en mm	1	2	absoluta	Comparador tipo Resolador 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud vía AOMET (USA)	En instalaciones del laboratorio	
Longitud	Alfileres de platina	Comparación directa	(150 ± 100) mm hasta (2.50 ± 1.800) mm Grado 0, 1 y 2 MILCH-86 (1.2) 384C-2000 Grados A, A y B CGC-P-403C	Temperatura	(20 ± 1)°C	(0.27 ± 0.004) L en mm Longitud de la diagonal	µm	(0.27 ± 0.004) L en mm	(0.5 ± 0.001) L en mm	2	absoluta	Niveles electrónicos Resolador 0.1 (de arco)	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	CRM-BA (No. 008 2011)	
Longitud	Comparadores ópticos	Comparación directa	Desplazamiento de platina 0 a hasta 300 mm Y a hasta 525 mm Resolución 0.001 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	(2 ± 0.01) L en mm	µm	(2 ± 0.01) L en mm	1.1	2	absoluta	Escala de Vidrio Dr. Minerva 0.1 mm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM		
Ángulo	Comparadores ópticos	Comparación directa	0 a 360° Resolución 0.01°	Temperatura	(20 ± 1)°C	0.01	1 grado	0.001	0.001	2	absoluta	Reglas angulares	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM		
Amplificación	Comparadores ópticos	Comparación directa	5X hasta 100 X	Temperatura	(20 ± 1)°C	0.01	%	0.008	0.001	1	absoluta	Filtros de amplificación	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM		
Longitud	Medición de longitud y ángulo por medio de comparador óptico	Medición directa	0 a 100 mm Y a 30 mm Resolución 0.001 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	(0 ± 0.01) L en mm	µm	(0 ± 0.01) L en mm	1.1	2	absoluta	Comparador óptico Resolador 0.001 mm	Patrón Nacional de Longitud vía AOMET (USA)	En instalaciones del laboratorio	
Ángulo	Medición de longitud y ángulo por medio de comparador óptico	Medición directa	Ángulo hasta 360° Resolución 1 (de arco)	Temperatura	(20 ± 1)°C	5	1 de arco	1	1	2	absoluta	Comparador óptico Resolador 1 (de arco)	Patrón Nacional de Longitud vía AOMET (USA)	En instalaciones del laboratorio	
Longitud	Medidores de profundidad tipo calibrador	Comparación directa	0 mm a 204.8 mm Resolución 0.01 mm	Temperatura	(20 ± 1)°C	(0.2 ± 0.004) L en mm	µm	(0.2 ± 0.004) L en mm	0.5	2	absoluta	Reglas patrón grado "1" en el 2º contacto a ISO 9001:1988	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM Métrica Mexicana S.A. C.V. D-45		
Longitud	Reglas patrón longitudinales de acero grado de exactitud	Comparación directa en bloques de la misma longitud	0.010 mm a 10.16 mm "1" y "2" según NBS CH-2890-2004 y grados "01" y "02" según NBS CH-2890-2004 y grados "01" y "02" según AOMET según AOMET B 89.1.8-0302	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.001	µm	0.001	0.001	2	absoluta	Reglas patrón de acero grados "01" y "02" según NBS CH-2890-2004 y grados "01" y "02" según AOMET según AOMET B 89.1.8-0302. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 mm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	CRM-CE NAB 038-03-10	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Reglas patrón longitudinales de acero	Comparación directa en bloques de la misma longitud	0.10 mm a 25.4 mm grados de exactitud "1" y "2" según NBS CH-2890 y grados "01" y "02" según AOMET según AOMET B 89.1.8-0302	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.001	µm	0.001	0.001	2	absoluta	Reglas patrón de acero grados "01" y "02" según NBS CH-2890-2004 y grados "01" y "02" según AOMET según AOMET B 89.1.8-0302. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 mm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	CRM-CE NAB 038-03-10	En instalaciones del laboratorio

100

07/07/2015



la de expresión de las Capacidades de Medición y Calibración (CMC) de un laboratorio de calibración acreditado

ACREDITACIÓN

D-56

Fecha de emisión

2014-02-18

Revisión 0

I	II	III	IV	V		VI					VII		VIII		
				Parámetro	Exposiciones	Valor nominal de la unidad	unidad de medida	Contribución del laboratorio	Contribución del SI	Factor de cobertura	Inc. relativa o absoluta?	Área de medida		Fecha de trazabilidad metrológica	
Longitud	Bloques patrón longitudinales de acero	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 25,4 mm a 50,8 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,001	µm	0,015	0,001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de acero	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 50,8 mm a 76,2 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,007	µm	0,071	0,001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de acero	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 76,2 mm a 101,6 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,1	µm	0,1	0,005	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de aluminio	Comparación directa con bloques de la misma longitud	0,508 mm a 10,16 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,002	µm	0,003	0,001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de aluminio	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 10,16 mm a 25,4 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,001	µm	0,001	0,001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de aluminio	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 25,4 mm a 50,8 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,008	µm	0,040	0,002	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de aluminio	Comparación directa con bloques de la misma longitud	~ 50,8 mm a 76,2 mm grados de exactitud 0, 1 y 2° según NMX CH-3650 y grados 0, AS1 y AS2 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	20 ± 0,5°C	0,071	µm	0,071	0,001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 0° y 00° según NMX CH-3650-2004 y grados 00° y 0° según según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0,01 µm	Patrón Nacional de Longitud via CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2010	En instalaciones del laboratorio

*Handwritten signature*

Diciembre 3 de 2014

*Large handwritten signature*

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
459/497

*Handwritten signature*





La de expresión de las Capacidades de Medición y Calibración (CMC) de un laboratorio de calibración acreditado

ACREDITACIÓN

D-56

Fecha de emisión:

2014-02-21

Revisión: 01

I	II	III	IV	V		VI					VII	VIII	IX		
				Parámetro	Requisitos	Valor nominal de la unidad	Unidad de medida	Certificación del laboratorio	Distribución del OMI	Factor de cobertura				¿es relativa o absoluta?	Patrón de medida
Longitud	Bloques patrón longitudinales de cerámica	Comparación directa con bloques de la misma longitud	> 75.1 mm a 101.5 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.001	µm	0.001	0.001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de cerámica de tungsteno	Comparación directa con bloques de la misma longitud	0.505 mm a 10.18 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.005	µm	0.015	0.002	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de carbón de tungsteno	Comparación directa con bloques de la misma longitud	> 10.18 mm a 25.4 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.041	µm	0.042	0.001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de carbón de tungsteno	Comparación directa con bloques de la misma longitud	> 25.4 mm a 50.8 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.075	µm	0.075	0.001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de cerámica de tungsteno	Comparación directa con bloques de la misma longitud	> 50.8 mm a 75.1 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.111	µm	0.111	0.001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio
Longitud	Bloques patrón longitudinales de cerámica de tungsteno	Comparación directa con bloques de la misma longitud	> 75.2 mm a 101.6 mm grados de exactitud 1, 1 y 2 según NMX CH-2650 y grados 1, A11 y A12 según ASME B 89.19-2002	Temperatura	(20 ± 0.5)°C	0.146	µm	0.146	0.001	2	absoluta	Bloques patrón de acero grados 1 y 2 según NMX CH-2650 2004 y grados 1 y 2 según ASME B 89.19-2002. Comparador de bloques patrón, resolución 0.01 µm	Patrón Nacional de Longitud vía CENAM	EMA-CENAM-DIM-02-2013	En instalaciones del laboratorio

*[Handwritten signature]*

Diseño: A. de la T.

*[Handwritten signature]*

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
460/497

*[Handwritten signature]*

La de expresión de las Capacidades de Medición y Calibración [CMC] de un laboratorio de calibración acreditado

ACREDITACIÓN

D-56

Fecha de emisión:

2014-03-10

Revisión: 20

I	II		III	IV		V						VI		VII	VIII
	Servicio de Calibración y Medición			Instrumento o parte de medida	Parámetro	Condiciones de funcionamiento de referencia	Incertidumbre expandida de medida						Patrón de referencia usado en la calibración		
Integridad	Interventivo de medida	Método de medida				Valor nominal de la unidad	unidad de medida	Contribución del laboratorio	Contribución del Sr.	Factor de cobertura	Clase, relativa o absoluta?	Patrón de medida	Patrón de trazabilidad metroológica	Participación en sistemas de gestión	Observaciones
Completado	Medición de longitudes de piezas (Acero, carburo, plástico, fierro fundido)	Medición óptica y comparación con máquina unidimensional	Medición de ordeneros hasta 500 mm. Medición de escalones a 8 mm a 200 mm, piezas con masa de hasta 20 kg. Mediciones de interior en una profundidad de hasta 30 mm.	Temperatura	[20 ± 0.1] °C	(0.7 ± 0.004) mm	mm	(0.7 ± 0.004) mm	0.1	2	absoluta	Máquina unidimensional De Mahr EE1 .01	Patrón Nacional de Longitud via CENAM		En instalaciones del Metro de México

Anterior por conducto de los signatarios autorizados siguientes:

Dr. Ramírez Romo  
Dr. Betancourt Serrato  
Dr. Javier Ramírez Montoy



14.32 Calibración de anillos de carga

## CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS



A large, stylized handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines.

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

**Página**  
462/497



*AURORA HERNÁNDEZ CERÓN*  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

## Informe de Calibración

Número de informe: **E1-68-14**

Nombre del cliente: **G E O T E C S.A. DE C.V.**

Domicilio: **LONDRES No. 44 COL. DEL CARMEN COYOACÁN C.P. 04100  
MÉXICO, D.F.**

Fecha de calibración: **2014.07.23**

Equipo bajo calibración: **ANILLO DE CARGA**

Marca: **WYKEHAM FARRANCE**

No serie: **3618**

Instrumento de medición: **INDICADOR DE CARÁTULA JOHN BULL**

Fecha de emisión: **2014-07-28**

Lugar donde se realizó la calibración: **LABORATORIO DE METROLOGÍA - AURORA HERNÁNDEZ CERÓN  
EN MÉXICO, D.F.**

Patrón utilizado: **CELDA DE CARGA MARCA METRONIC MODELO ME-2T N.S. 0596**

Procedimiento utilizado: **PELV-16 COMPARACIÓN DIRECTA**

Acreditación: **F-38 (ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN A.C.)**

**No. De Acreditación: F-38**

Vigente a partir de: 2012-03-23

Calibró  Tec. Jorge Vargas Mtz. Metrologo	Aprobó  Ing. Francisco Baños Hdz. Gerente Técnico
---	--

Para obtener una calibración, basta entregar a este laboratorio el instrumento por calibrar. La certificación por servicio de SYSTRA MEXISTRA A.C. es válida por un periodo de 12 meses.

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C.P. 01460

TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

Página 1 de 4

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV 17

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
463/497



**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

Número de informe: **E1-68-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

**1.- Datos de los equipos utilizados**

Equipo bajo calibración			Equipo patrón	
Equipo bajo calibración:	ANILLO DE CARGA		Patrón	CELDA DE CARGA
Marca:	WYKEHAM FARRANCE		Marca	METRONIC
No serie:	9818		Modelo	ME-2T
Instrumento de medición:	INDICADOR DE CARÁTULA JOHN BULL		No. Serie	0595
Modelo:	1 500		Intervalo calibrado	1.95 a 18.61 kN
Modo de operación:	COMPRESION		Fecha de calibración	2014-03-12
Alcance de medición:	1 500 kgf	14.71 kN	Certificado No	F175/2014
Resolución:	0.076 kgf	0.01 kN	Incertidumbre	± 0.37% L a ± 0.22% L
Intervalo de medición:	400 A 1 500 0.002 mm	255 kgf A 1217 kgf	Modo de operación	Compresión

Temperatura de calibración del Patrón  $t_p = 22^\circ\text{C}$

Temperatura en que se realiza la calibración  $T_c = 19^\circ\text{C}$

Corrección por temperatura  $L_c = L_i(1 - 0,000 27(t_p - t_c))$

**2.- Lecturas obtenidas durante la calibración**

Lectura del equipo bajo calibración en unidades	Caracterización			Fuerza registrada por la celda patrón				
	kgf	kgf	PROMEDIO	Serie 1 kgf	Serie 2 kgf	Serie 3 kgf	Lectura Promedio en kgf	Lectura Promedio en kN
400	266	265	265	265	265	265	265	2.60
600	406	406	406	405	405	406	406	3.98
800	544	544	544	543	544	543	543	5.33
1 000	679	679	679	679	679	679	679	6.66
1 200	817	817	817	817	817	817	817	8.02
1 400	950	950	950	950	950	950	950	9.32
1 500	1 084	1 084	1 084	1 084	1 084	1 084	1 084	10.63
1 800	1 218	1 217	1 217	1 217	1 217	1 217	1 217	11.94

\* ESTOS RESULTADOS SOLO SON VALIDOS PARA EL EQUIPO QUE EN ESTE SE DESCRIBE EN EL LUGAR Y CONDICIONES AMBIENTALES EN QUE SE REALIZARON LAS MEDICIONES  
\* EL INTERVALO DE CALIBRACION DE ESTE INSTRUMENTO ES RESPONSABILIDAD DEL USUARIO DEPENDIENDO LAS CONDICIONES DE TRABAJO DEL EQUIPO

Este informe es un resultado de la fuerza aplicada a los brazos del patrón. Por favor, la calibración por el usuario de SYSTRA MEXISTRA CERÓN

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C. P. 01460  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV-17

Página 2 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
464/497



**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

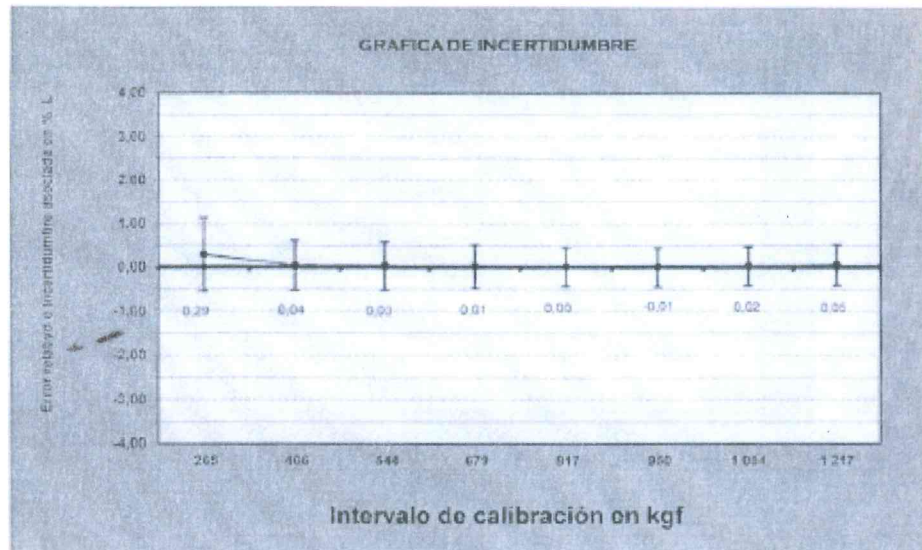
Número de informe: **E1-68-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

**3.- Cálculo de incertidumbre**

Fuerza aplicada en kN	Fuerza aplicada en kgf	U patrón % L ±	U repetibilidad % L ±	U resolución % L ±	U reproducibilidad % L ±	U laboratorio % L ±	U expandida % L ±	Error relativo % L
2,60	265	0,18	0,08	0,07	0,30	0,20	<b>0,84</b>	0,29
3,98	406	0,19	0,05	0,05	0,09	0,16	<b>0,56</b>	0,04
5,33	544	0,14	0,06	0,04	0,16	0,15	<b>0,55</b>	0,03
6,66	679	0,14	0,01	0,03	0,13	0,16	<b>0,50</b>	0,01
8,01	817	0,15	0,02	0,02	0,01	0,16	<b>0,44</b>	0,00
9,32	950	0,15	0,02	0,02	0,04	0,16	<b>0,44</b>	-0,01
10,63	1084	0,13	0,02	0,02	0,09	0,16	<b>0,44</b>	0,02
11,94	1217	0,10	0,01	0,02	0,14	0,16	<b>0,47</b>	0,05

La incertidumbre fue estimada según la guía ISO para la expresión de la incertidumbre y es el resultado de combinar las diferentes fuentes de incertidumbre con un factor de cobertura K=2 al 95,45 %.

**4.- Gráfica Error relativo ± incertidumbre**



Este informe, así como todos los datos que contiene, son propiedad de SYSTRA MEXISTRA. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización por escrito de AURORA HERNANDEZ CERON.

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C. P. 01460  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

REVISIÓN 2013  
FORMATO FLEV-17

Página 3 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
465/497





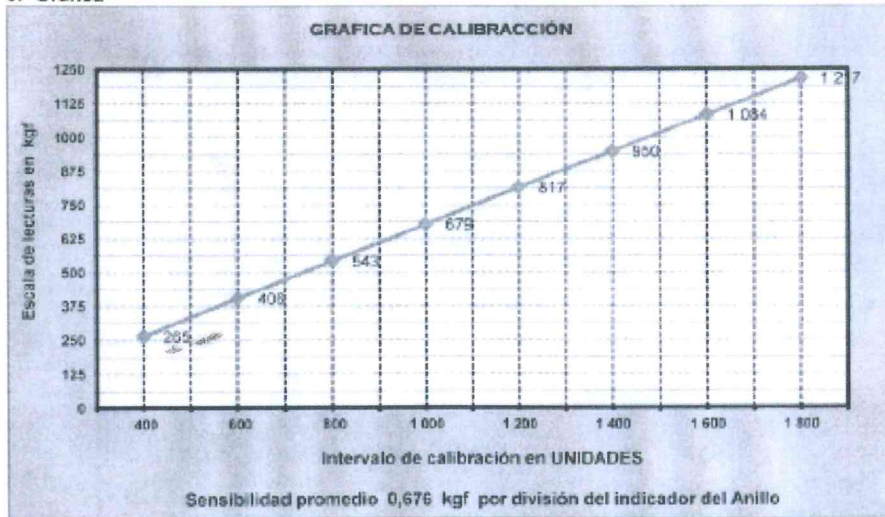
**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

Número de informe: **E1-68-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

6.- determinación de la constante para su uso

Caracterización				Lecturas registradas por la celda patrón				
Divisiones en el equipo bajo calibración en unidades	Lectura del equipo bajo calibración en unidades	kgf	kgf	Serie 1 kgf	Serie 2 kgf	Serie 3 kgf	Lectura Promedio en kgf	sensibilidad promedio
400	400	268	265	265	265	265	265	0.662
600	600	406	406	405	406	406	406	0.676
800	800	544	544	543	544	543	543	0.679
1 000	1 000	679	679	679	679	679	679	0.679
1 200	1 200	817	817	817	817	817	817	0.681
1 400	1 400	950	950	950	950	950	950	0.679
1 600	1 600	1 084	1 084	1 084	1 084	1 084	1 084	0.677
1 800	1 800	1 218	1 217	1 217	1 217	1 217	1 217	0.676
<b>Sensibilidad promedio en kgf por división del indicador del Anillo</b>								<b>0,676</b>

6.- Gráfica



Este informe, salvo de calibración, forma original y con firmas apropiadas. Prohibida su reproducción parcial o total en cualquier forma por parte de AURORA HERNÁNDEZ CERÓN.

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C.P. 01460  
TELS. 55 98 60 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV-17

Página 4 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
466/497



**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

# Informe de Calibración

**Número de informe:** E1-69-14

**Nombre del cliente:** G E O T E C S.A. DE C.V.

**Domicilio:** LONDRES No. 44 COL. DEL CARMEN COYOACÁN C.P. 04100  
MÉXICO, D.F.

**Fecha de calibración:** 2014-07-23

**Equipo bajo calibración:** ANILLO DE CARGA

**Marca:** WYKEHAM FARRANCE

**No serie:** 20140723

**Instrumento de medición:** INDICADOR DE CARÁTULA JOHN BULL

**Fecha de emisión:** 2014-07-28

**Lugar donde se realizó la calibración:** LABORATORIO DE METROLOGÍA - AURORA HERNÁNDEZ CERÓN  
EN MÉXICO, D.F.

**Patrón utilizado:** CELDA DE CARGA MARCA METRONIC MODELO ME-10T N.S. 10/81

**Procedimiento utilizado:** PELV-16 COMPARACIÓN DIRECTA

**Acreditación:** F-38 (ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN A.C.)  
**No. De Acreditación:** F-38  
Vigente a partir de: 2012-03-23

<b>Calibró</b>  <b>Téc. Jorge Vargas Mtz.</b> Metrólogo	<b>Aprobó</b>  <b>Ing. Francisco Baños Hdz.</b> Gerente Técnico
--	--

Los datos solo son válidos si se acompañan con los sellos originales. Prohibido su reproducción parcial o total sin autorización por escrito de AURORA HERNÁNDEZ CERÓN

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C.P. 01460  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

Página 1 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
467/497



**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

Número de informe: **E1-69-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

**1.- Datos de los equipos utilizados**

Equipo bajo calibración			Equipo patrón	
Equipo bajo calibración:	ANILLO DE CARGA		Patrón	CELDA DE CARGA
Marca:	WYKEHAM FARRANCE		Marca	METRONIC
No serie:	20140723		Modelo	ME-10T
Instrumento de medición:	INDICADOR DE CARÁTULA JOHN BULL		No. Serie	10/81
Modelo:	10 000		Intervalo calibrado	9.81 kN a 98.07 kN
Modo de operación:	COMPRESIÓN		Fecha de calibración	2014-03-18
Alcance de medición	10 000 kgf	98.07 kN	Certificado No	F181/2014
Resolución	0.35 kgf	0.08 kN	Incertidumbre	± 0.75% L a ±0.56% L
Intervalo de medición:	120 A 1 200	0.002 mm	Modo de operación	Compresión

Temperatura de calibración del Patrón  $t_p = 22^\circ\text{C}$

Temperatura en que se realiza la calibración  $T_c = 24^\circ\text{C}$

Corrección por temperatura  $L_c = L_i(1 - 0,00027(t_p - t_c))$

**2.- Lecturas obtenidas durante la calibración**

Caracterización				Fuerza registrada por la celda patrón				
Lectura del equipo bajo calibración en unidades	kgf	kgf	PROMEDIO	Serie 1 kgf	Serie 2 kgf	Serie 3 kgf	Lectura Promedio en kgf	Lectura Promedio en kN
120	1 115	1 123	1 119	1 127	1 125	1 125	1 126	11,04
240	2 053	2 007	2 030	2 105	2 106	2 107	2 106	20,66
360	3 040	3 054	3 047	3 057	3 058	3 056	3 057	29,98
480	3 990	4 004	3 997	4 012	4 016	4 014	4 014	39,36
600	4 898	4 912	4 905	4 916	4 918	4 917	4 917	48,22
720	5 855	5 871	5 863	5 877	5 876	5 878	5 877	57,64
840	6 805	6 815	6 810	6 822	6 824	6 822	6 823	66,91
960	7 728	7 738	7 733	7 746	7 743	7 745	7 745	75,95
1 080	8 668	8 682	8 675	8 686	8 685	8 687	8 686	85,18
1 200	9 616	9 628	9 622	9 635	9 633	9 636	9 634	94,48

\* ESTOS RESULTADOS SOLO SON VALIDOS PARA EL EQUIPO QUE EN ESTE SE DESCRIBE EN EL LUGAR Y CONDICIONES AMBIENTALES EN QUE SE REALIZARON LAS MEDICIONES  
\* EL INTERVALO DE CALIBRACIÓN DE ESTE INSTRUMENTO ES RESPONSABILIDAD DEL USUARIO DEPENDIENDO LAS CONDICIONES DE TRABAJO DEL EQUIPO

Este informe electrónico es la versión original - con firma electrónica. Prohibido su reproducción total o parcial sin autorización por escrito de SYSTRA HERNÁNDEZ CERÓN.

**ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.**  
C.P. 01460  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 76

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV-17

Página 2 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
468/497





**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

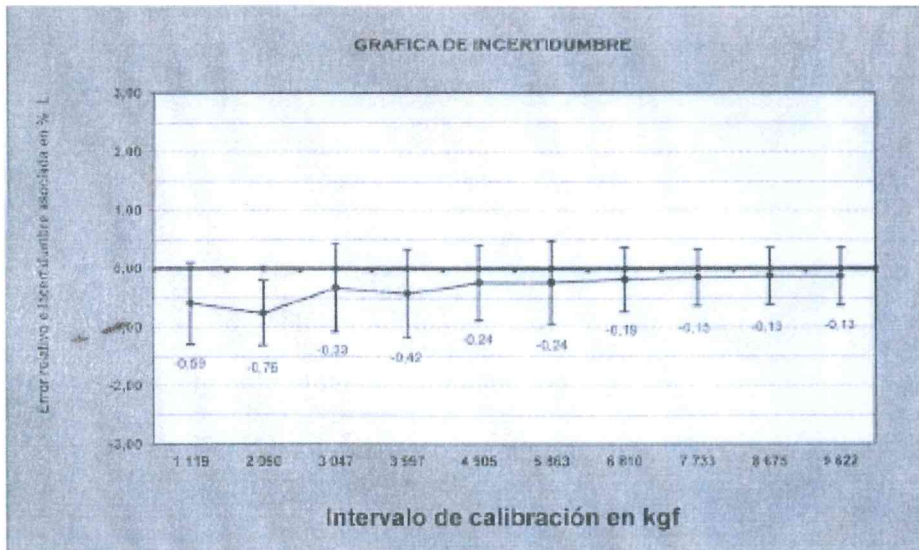
Número de informe: **E1-69-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

**3.- Cálculo de incertidumbre**

Fuerza aplicada en kN	Fuerza aplicada en kgf	U patrón % L ±	U repetibilidad % L ±	U resolución % L ±	U reprod % L ±	U laboratorio % L ±	U expandida % L ±	Error relativo % L
10.97	1 119	0,18	0,13	0,21	0,03	0,16	0,70	-0,50
20.50	2 090	0,18	0,06	0,11	0,04	0,16	0,66	-0,76
29.88	3 047	0,33	0,04	0,08	0,02	0,16	0,76	-0,33
39.19	3 997	0,33	0,07	0,06	0,03	0,16	0,76	-0,42
48.10	4 905	0,27	0,03	0,05	0,02	0,16	0,64	-0,24
57.50	5 853	0,32	0,02	0,04	0,04	0,16	0,72	-0,24
66.78	6 810	0,22	0,02	0,04	0,01	0,16	0,55	-0,19
75.63	7 733	0,09	0,03	0,03	0,03	0,22	0,49	-0,15
85.07	8 675	0,10	0,02	0,03	0,01	0,22	0,49	-0,13
94.36	9 622	0,11	0,02	0,03	0,01	0,22	0,50	-0,13

La incertidumbre fue estimada según la guía ISO para la expresión de la incertidumbre y es el resultado de combinar las diferentes fuentes de incertidumbre con un factor de cobertura K=2 al 95,45 %

**4.- Gráfica Error relativo ± incertidumbre**



Este informe está sujeto a las condiciones y restricciones que se encuentran en el contrato de servicios de metrología de AURORA HERNÁNDEZ CERÓN.

**ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.**  
C.P. 01460  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV-17

Página 3 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
469/497





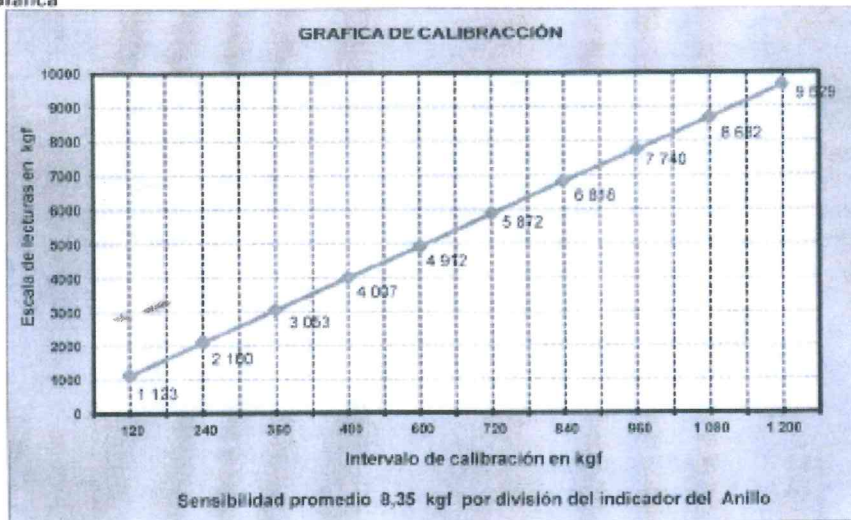
**AURORA HERNÁNDEZ CERÓN**  
Equipo de laboratorio para verificación de calidad  
Laboratorio de metrología

Número de informe: **E1-69-14**  
Nombre del cliente: **GEOTEC S.A. DE C.V.**

5.- determinación de la constante para su uso

Caracterización				Lecturas registradas por la celda patrón				
Divisiones en el equipo bajo calibración en unidades	Lectura del equipo bajo calibración en unidades	kgf	kgf	Serie 1 kgf	Serie 2 kgf	Serie 3 kgf	Lectura Promedio en kgf	sensibilidad promedio
120	120	1 115	1 123	1 127	1 125	1 125	1 123	8,36
240	240	2 063	2 097	2 105	2 106	2 107	2 100	8,75
360	360	3 040	3 054	3 057	3 058	3 056	3 053	8,48
480	480	3 990	4 004	4 012	4 016	4 014	4 007	8,35
600	600	4 898	4 912	4 915	4 918	4 917	4 912	8,19
720	720	5 855	5 871	5 877	5 876	5 878	5 872	8,15
840	840	6 805	6 815	6 822	6 824	6 822	6 818	8,12
960	960	7 728	7 738	7 740	7 743	7 745	7 740	8,06
1 080	1 080	8 668	8 682	8 686	8 685	8 687	8 682	8,04
1 200	1 200	9 616	9 628	9 635	9 633	9 636	9 629	8,02
<b>Sensibilidad promedio en kgf por división del indicador del Anillo</b>								<b>8,35</b>

6 - Grafica



Este informe solo es válido si se firma original y con firma registrada. Fue validado en el laboratorio de calibración de la SYSTRA MEXISTRA por Aurora Hernández Cerón.

ADRIÁN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII, MÉXICO D.F.  
C.P. 01450  
TELS. 55 98 50 02, 55 63 18 92, 56 15 23 78

REVISIÓN 2013  
FORMATO FELV-17

Página 4 de 4

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1  
07/07/2015

Página  
470/497



entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA  
A

**HERNÁNDEZ CERÓN AURORA.**  
**ELVEC**

ADRIAN BROWER 94, COL. ALFONSO XIII,  
C.P. 01460, MÉXICO DISTRITO FEDERAL.

*Como Laboratorio de Calibración de acuerdo a los Requisitos establecidos en la Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) para las actividades de evaluación de la conformidad en el área:*

### Fuerza\*

*El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."*

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva



Acreditación No: F-38  
Vigente a partir del 2012-03-23\*

\*En el alcance establecido en el anexo técnico correspondiente 111C0848  
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.

FOR-LAB-011-01

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
471/497



acreditación



entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

CUMPLIENDO LA MISIÓN DE SERVIR  
A MÉXICO Y A NUESTROS CUENTES

mariano escobedo n.º 564  
col. anzures  
11590 mexico d.f.  
tel: (55) 9148-4300 fax: (55) 5591-0529  
www.ema.org.mx LSC 01 800 022 29 78

México, D.F., 18 de septiembre de 2013  
Número de Ref.: 13LC0207

Asunto: Notificación de Dictamen  
Mantener la acreditación

**Ing. Francisco Baños Hernández.**  
Representante Autorizado.  
Hernández Cerón Aurora  
ELVEC.  
Presente.

Me refiero a su proceso de vigilancia de la acreditación F-38 como laboratorio de calibración en el área de fuerza, de conformidad con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".


Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 68, 69, 70, 70-C y 81, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con base en el informe de evaluación de fecha 09 de octubre de 2013 del presente, me permito notificarle que el Comité de Evaluación de Laboratorios de Calibración durante la reunión de fecha 18 de septiembre del presente, emitió dictamen técnico favorable.

Confirmando que la acreditación F-38 continuará vigente, en los alcances e incertidumbres descritas en el anexo A del presente documento.

Cabe mencionar, que las actividades que se desarrollen con motivo de la presente acreditación, deberán ajustarse puntualmente a los requerimientos que exige la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las reglas, procedimientos y métodos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y en su defecto las internacionales, de lo contrario, pueden incurrir en las sanciones que expresamente se consignan en dicha ley, así como también en los procedimientos aplicables de la entidad mexicana de acreditación, a.c.

Sin otro particular por el momento, agradeciendo de antemano la atención que se sirva dedicarle a la presente notificación, quedo a sus órdenes.

Atentamente,

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva

Adjunto - Anexo A. Tabla de CMC  
c.c.p. expediente.

Página 1 de 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

  
Página  
472/497







entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

CUMPLIMIENTO DE MEDICIÓN DE SERVICIO  
A MÉXICO Y A NUESTROS CLIENTES

Monterrey esboledor 21 564  
del nuevo destino  
11590 Mexico, d.f.  
tel: (55) 9141 4300 fax: (55) 5671 0627  
www.ema.org.mx (52 55) 801032 29 29

México, D.F., 10 de agosto 2014

Número de Ref: 14LC0206  
141 00267

Ing. Francisco Baños Hernández  
Representante autorizado.  
Hernández Carón Aurora  
ELVEC  
Adrián Brower No. 94 Col. Afonso XIII,  
C.P. 01460 México, Distrito Federal.  
Presente.

Hago referencia a su solicitud de ampliación de procedimientos de calibración y ampliación de alcances de medición de la acreditación otorgada el 23 de marzo de 2012 a través del documento con número de referencia 71LC0848 como laboratorio de calibración en el área de fuerza ingresada a esta entidad el 07 de abril de 2014 de conformidad con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Sobre el particular, y con fundamento en lo dispuesto en los artículos 66, 69, 70, 70-C y 81 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, tercer transitorio del decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado el 20 de mayo de 1997 en el Diario Oficial de la Federación y el oficio No. 100.98.00654 de fecha 10 de diciembre de 1996 por medio del cual se autoriza la operación de la entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema), publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 15 de enero de 1998, y previo dictamen técnico favorable emitido por el Comité de Evaluación de Laboratorios de Calibración, así como en el punto 13.3.3 del MP-FP002 (vigente), la entidad mexicana de acreditación, a.c., expide la presente:

**Ampliación de procedimientos de calibración y ampliación de alcances de medición de la acreditación F-38, como laboratorio de calibración, únicamente en las mediciones y servicios de calibración del área de Fuerza, en los alcances e incertidumbres descritas en el anexo A del presente documento.**

La vigencia de la presente ampliación de procedimientos de calibración y ampliación de alcances de medición es del 15 de julio de 2014 y su validez queda sujeta a las evaluaciones que las dependencias competentes o la entidad mexicana de acreditación, a.c., realicen a fin de constatar que el laboratorio de pruebas en su estructura y funcionamiento, cumple cabalmente con las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y los ordenamientos que derivan de ella.

Cabe mencionar que las actividades que se desarrollen con motivo de la presente ampliación de procedimientos de calibración y ampliación de alcances de medición deberán ajustarse puntualmente a los requerimientos que exige la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las reglas, procedimientos y métodos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y en su defecto las internacionales, de lo contrario, pueden incurrir en las sanciones que expresamente se consignan en dicha ley, así como también en los procedimientos aplicables de la entidad mexicana de acreditación, a.c.

En este sentido le recordamos que para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas, es necesario obtener la aprobación de la dependencia competente en los términos de los artículos 38 fracción VI, 70 y 83 de la citada Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

*El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."*

Página 1 de 2

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
473/497





entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

CLAVE PARA LA MISIÓN DE SYSTRA  
A MEDIR Y A NUESTRA DIRECTIVA

matrícula especial n.º 564  
col. Nueva Anáhuac  
11590 México, D.F.  
tel: (55) 9148-4300 fax: (55) 5691-0529  
www.ema.org.mx LSC 01 820 022 2979

Número de Ref: 14LC0256  
14LC0257

**Notas para la interpretación del anexo A:**

- I. **Magnitud:** Es la magnitud en la que será calibrado el Instrumento Bajo Calibración (IBC).
- II. **Instrumento de medida:** Es el Patrón o Instrumento Bajo Calibración (IBC).
- III. **Método de medida:** Se indica el método de calibración o medición que el laboratorio utiliza para prestar el servicio de calibración.
- IV. **Intervalo o punto de medida:** Se indican el punto y/o los valores mínimo y máximo del intervalo acreditado del servicio de calibración o medición.
- V. **Condiciones de funcionamiento de referencia:**
  - **Parámetro:** Es la condición de medición bajo la cual se realiza la calibración del IBC. El valor de parámetro puede ser utilizado por el usuario del IBC para operarlo bajo las mismas condiciones que se observaron durante su calibración, o en su defecto para que el usuario pueda aplicar las correcciones correspondientes.
  - **Especificaciones:** Es el valor del parámetro (condiciones de medida) que se observa durante la calibración del IBC.
- VI. **Incertidumbre expandida de medida:** Se declara el valor de incertidumbre expandida que el laboratorio puede alcanzar durante la prestación del servicio de calibración o medición.
  - **Valor numérico de la unidad:** Se refiere al valor de la incertidumbre de calibración del intervalo o punto de medición.
  - **Unidad de medida:** Se declara la unidad en que se expresa el valor de la incertidumbre expandida.
  - **Contribución del laboratorio:** Es la incertidumbre asociada a las capacidades técnicas de calibración del laboratorio acreditado, expresada como una incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura. Este valor considera al menos, las siguientes componentes de incertidumbre:
    1. La incertidumbre de la calibración de los patrones que el laboratorio utiliza.
    2. La incertidumbre del método de calibración.
    3. La incertidumbre asociada con las condiciones de medición en que se realiza el servicio de calibración o medición.
    4. La incertidumbre que resulta por cambio de condiciones de medida si el servicio de calibración se realiza en sitio o en campo.
    5. La incertidumbre por reproducibilidad del método de calibración utilizado para realizar el servicio de calibración o medición.
  - **Contribución del IBC:** Es la incertidumbre asociada con el desempeño del instrumento bajo calibración, expresada como la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura.
  - **Factor de cobertura:** Es el número por el que se requiere multiplicar la incertidumbre estándar total para obtener la mitad de un intervalo simétrico centrado en la mejor estimación del mensurando, en el cual se puede encontrar su valor verdadero, con un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
  - **¿Incertidumbre relativa o absoluta?:** Se declara si el valor de la incertidumbre expandida es un valor absoluto o relativo. En el caso de que la incertidumbre expandida sea relativa, también se declara si es respecto del valor nominal del servicio de calibración o de algún valor a plena o media escala.
- VII. **Patrón de referencia usado en la calibración:** Se informa el patrón o patrones de referencia que el laboratorio utiliza para realizar el servicio de calibración o medición.
  - **Fuente de trazabilidad metrológica:** Es el origen inmediato de la trazabilidad del patrón de referencia usado en la calibración, el cual está asociado con el servicio de medición o calibración que el alcance de la CMC.
- VIII. **Ensayos de aptitud que soportan la CMC:** Se reportan aquellos Ensayos de Aptitud en que el laboratorio ha participado y que soportan específicamente el servicio de calibración o medición.

Sin otro particular por el momento, agradeciendo de antemano la atención que se sirva dedicarle a la presente notificación, quedo a sus órdenes.

Atentamente,  
  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva

c.c.p. Expediente

Página 2 de 2

Metro de la Ciudad de México

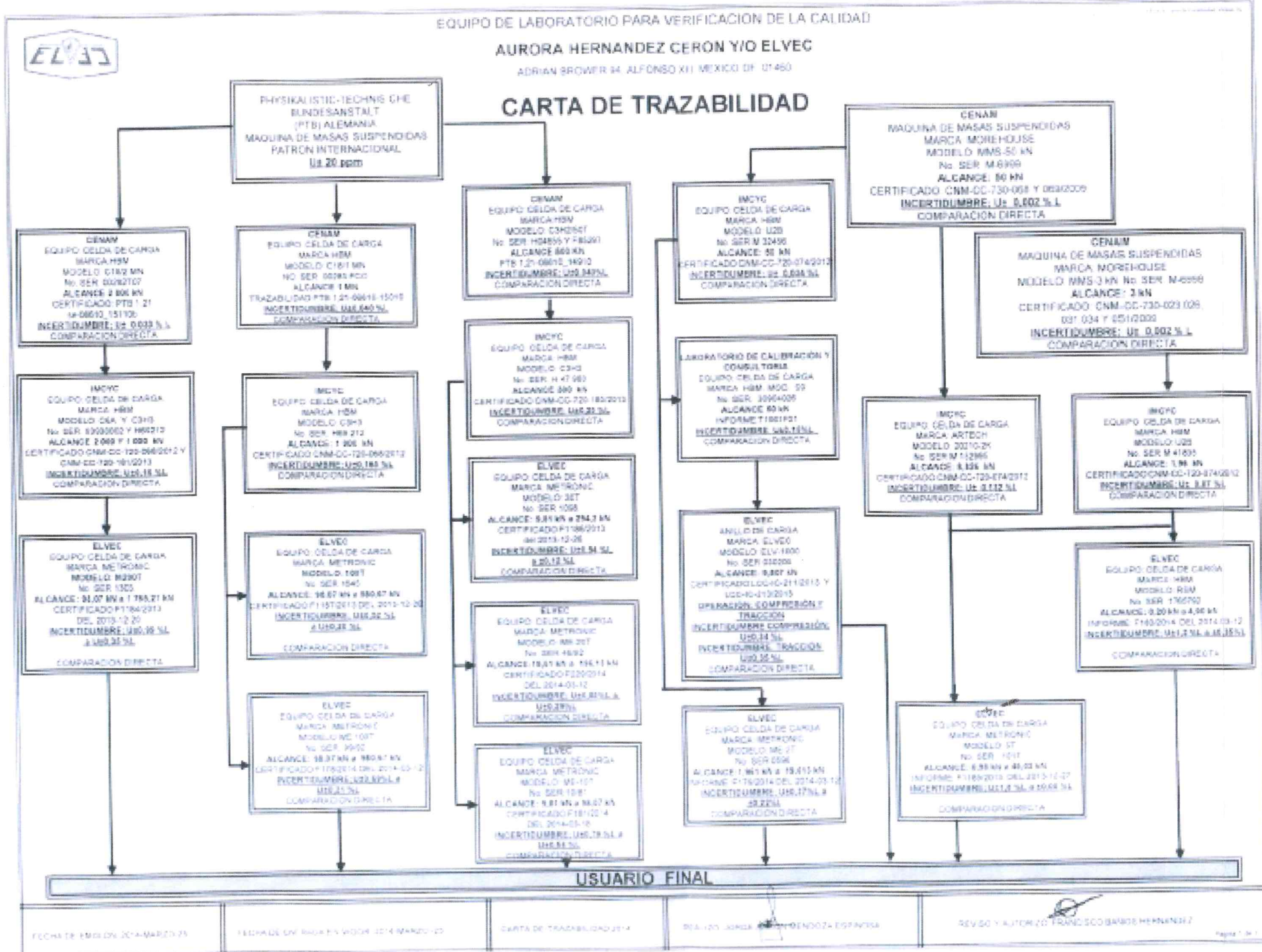
Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
474/497



Índice	Descripción	Unidad de Medida	Valor	Valor Límite Inferior	Valor Límite Superior	Unidad de Medida	Valor	Valor Límite Inferior	Valor Límite Superior	Unidad de Medida	Valor	Valor Límite Inferior	Valor Límite Superior	Unidad de Medida	Valor	Valor Límite Inferior	Valor Límite Superior	Unidad de Medida	Valor	Valor Límite Inferior	Valor Límite Superior
1.1	Medición de la longitud	Medición de la longitud	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud	100.00	99.99	100.01
1.2	Medición de la superficie	Medición de la superficie	100.00	99.99	100.01	Medición de la superficie	100.00	99.99	100.01	Medición de la superficie	100.00	99.99	100.01	Medición de la superficie	100.00	99.99	100.01	Medición de la superficie	100.00	99.99	100.01
1.3	Medición de la masa	Medición de la masa	100.00	99.99	100.01	Medición de la masa	100.00	99.99	100.01	Medición de la masa	100.00	99.99	100.01	Medición de la masa	100.00	99.99	100.01	Medición de la masa	100.00	99.99	100.01
1.4	Medición de la temperatura	Medición de la temperatura	100.00	99.99	100.01	Medición de la temperatura	100.00	99.99	100.01	Medición de la temperatura	100.00	99.99	100.01	Medición de la temperatura	100.00	99.99	100.01	Medición de la temperatura	100.00	99.99	100.01
1.5	Medición de la humedad	Medición de la humedad	100.00	99.99	100.01	Medición de la humedad	100.00	99.99	100.01	Medición de la humedad	100.00	99.99	100.01	Medición de la humedad	100.00	99.99	100.01	Medición de la humedad	100.00	99.99	100.01
1.6	Medición de la presión	Medición de la presión	100.00	99.99	100.01	Medición de la presión	100.00	99.99	100.01	Medición de la presión	100.00	99.99	100.01	Medición de la presión	100.00	99.99	100.01	Medición de la presión	100.00	99.99	100.01
1.7	Medición de la velocidad	Medición de la velocidad	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad	100.00	99.99	100.01
1.8	Medición de la aceleración	Medición de la aceleración	100.00	99.99	100.01	Medición de la aceleración	100.00	99.99	100.01	Medición de la aceleración	100.00	99.99	100.01	Medición de la aceleración	100.00	99.99	100.01	Medición de la aceleración	100.00	99.99	100.01
1.9	Medición de la fuerza	Medición de la fuerza	100.00	99.99	100.01	Medición de la fuerza	100.00	99.99	100.01	Medición de la fuerza	100.00	99.99	100.01	Medición de la fuerza	100.00	99.99	100.01	Medición de la fuerza	100.00	99.99	100.01
1.10	Medición de la energía	Medición de la energía	100.00	99.99	100.01	Medición de la energía	100.00	99.99	100.01	Medición de la energía	100.00	99.99	100.01	Medición de la energía	100.00	99.99	100.01	Medición de la energía	100.00	99.99	100.01
1.11	Medición de la potencia	Medición de la potencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la potencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la potencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la potencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la potencia	100.00	99.99	100.01
1.12	Medición de la frecuencia	Medición de la frecuencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la frecuencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la frecuencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la frecuencia	100.00	99.99	100.01	Medición de la frecuencia	100.00	99.99	100.01
1.13	Medición de la longitud de onda	Medición de la longitud de onda	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud de onda	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud de onda	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud de onda	100.00	99.99	100.01	Medición de la longitud de onda	100.00	99.99	100.01
1.14	Medición de la velocidad de la luz	Medición de la velocidad de la luz	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad de la luz	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad de la luz	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad de la luz	100.00	99.99	100.01	Medición de la velocidad de la luz	100.00	99.99	100.01
1.15	Medición de la constante de Planck	Medición de la constante de Planck	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Planck	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Planck	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Planck	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Planck	100.00	99.99	100.01
1.16	Medición de la constante de Boltzmann	Medición de la constante de Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Boltzmann	100.00	99.99	100.01
1.17	Medición de la constante de Avogadro	Medición de la constante de Avogadro	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Avogadro	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Avogadro	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Avogadro	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Avogadro	100.00	99.99	100.01
1.18	Medición de la constante de Faraday	Medición de la constante de Faraday	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Faraday	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Faraday	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Faraday	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Faraday	100.00	99.99	100.01
1.19	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Stefan-Boltzmann	100.00	99.99	100.01
1.20	Medición de la constante de Wien	Medición de la constante de Wien	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Wien	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Wien	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Wien	100.00	99.99	100.01	Medición de la constante de Wien	100.00	99.99	100.01

Página 1 de 2






# SYSTRA MEXISTRA



Entidad Mexicana de Investigación y Certificación S. de RL  
 Talla en resacas de las Estaciones de Metro y en Galerías - (MRE) de un sistema de transporte de pasajeros a nivel de

ANEXO A

COMITÉ TECNICO ASISTENTE DE OPERA  
 A MEDIO Y A LARGO PLAZO

AGREDITACION F-38

Item	Descripción de la actividad	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor
1	Instalación de equipos de medición	Instalación de equipos de medición	200	Instalación de equipos de medición	200	Instalación de equipos de medición	200	Instalación de equipos de medición	200	Instalación de equipos de medición	200	Instalación de equipos de medición	200
2	Calibración de equipos de medición	Calibración de equipos de medición	100	Calibración de equipos de medición	100	Calibración de equipos de medición	100	Calibración de equipos de medición	100	Calibración de equipos de medición	100	Calibración de equipos de medición	100
3	Formación de personal de medición	Formación de personal de medición	50	Formación de personal de medición	50	Formación de personal de medición	50	Formación de personal de medición	50	Formación de personal de medición	50	Formación de personal de medición	50
4	Manejo de datos de medición	Manejo de datos de medición	100	Manejo de datos de medición	100	Manejo de datos de medición	100	Manejo de datos de medición	100	Manejo de datos de medición	100	Manejo de datos de medición	100
5	Elaboración de reportes de medición	Elaboración de reportes de medición	100	Elaboración de reportes de medición	100	Elaboración de reportes de medición	100	Elaboración de reportes de medición	100	Elaboración de reportes de medición	100	Elaboración de reportes de medición	100

Los valores son constantes en los lugares de trabajo vigentes

Funcionario responsable:  
 Jorge Alberto Mendez Espinoza  
 Ingeniero en Geotecnia

Metro de la Ciudad de México  
 Diagnóstico del túnel de la línea 12  
 Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
 INF-1  
 07/07/2015

Página  
 477/497





**INFORME DE CALIBRACION**

Hoja No. 1 de 4

Nombre del Cliente: AURORA HERNANDEZ CERON  
ELVEC

Dirección: Adrian Brower No. 94  
Col. Alfonso XIII  
México, D.F. C.P. 01401

No. De Informe de calibración: F151/2014

Fecha de Calibración: 2014-03-18

Fecha de Recepción: 2014-03-05

Descripción del Instrumento: Celda de Carga Modo Compresión

Marca: METRONIC

Alcance de medición: 98,07 kN (10 t)

Modelo: ME-10 T

No. de serie: 1061

Resultado de la Calibración: Se indica en las hojas 2 a 4

Incertidumbre: Se indica en la hoja 3

Condiciones Ambientales: Temperatura: 22 °C ± 1 °C  
Humedad Relativa: 27 % ± 2 %

Procedimiento Utilizado: PO-GT/ME-006 Calibración de Dispositivos Probadores de Fuerza  
(Comparación Directa)

El laboratorio es acreditado por SEMA para las calibraciones indicadas en el escrito con No. 4-32 Vigencia de acreditación a partir de 2011-10-23

Calibró:	Aprobó:	Fecha de Emisión:
		2014-03-18
Marcel Gonzalez Cabrera Asistente de Laboratorio de Metrología	Ing. Vicente Gomez Bezares Jefe de Laboratorio de Metrología	

**Página**  
478/497

## CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS



Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
479/497



# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa. Acreditado por la ema con documento M-81, Vigente a partir del 2011-05-09  
Acreditación otorgada bajo la norma NMX-EC-17625-MNC-2006 ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Número de Informe **msp-IC-0951/2014**      Página **1** de **3**

**Cliente:** **Geotec, S. A. de C. V.**  
**Domicilio:** Londres, No. 44, Col. del Carmen Coyoacán.  
**Ciudad y Estado:** México, D. F.  
**C.P.:** 04100      **Orden de Servicio:** 0235-14-GEO

**Instrumento:**  
**Descripción:** Balanza electrónica con receptor de carga cuadrado.  
**Marca:** Radwag  
**Modelo:** WLC1/A2  
**Número de Serie:** 250273/D9  
**Identificación:** No indicada  
**Ubicación:** Laboratorio de Mecánica de Suelos  
**Alcance Máximo (Max):** 1 000 g  
**División Mínima (d):** 0,01 g

**Procedimiento y Método de medición:** "msp PT 05" - Calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático (IPFNA), por el método de comparación directa.

**Condiciones Ambientales de Medición:**  
**Temperatura Ambiente:** 24,4 °C ± 1 °C      **Humedad Relativa:** 25 % ± 2%  
**Presión Atmosférica:** 777,0 hPa ± 2 hPa      **Temperatura Superficial de las pesas:** 23 °C ± 2 °C

**Fecha de Calibración:** 2014-07-22      **Fecha de Emisión:** 2014-07-23  
**Observaciones:** El instrumento se ajusto antes de la calibración.

**Realizado por:**  
  
**Fernando I. Vazquez Leonel**  
Signatario Autorizado

**Aprobado por:**  
  
**Teresa Calva Garcia**  
Signatario Autorizado



# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa, Acreditado por la emm con documento M-81. Vigente a partir del 2011-05-09  
Acreditación otorgada bajo la norma NMX-IC-17025-MEX-2004 - ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Numero de informe: msp-IC-0951/2014

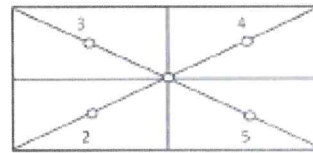
Página 2 de 3

**Resultados :**

**Prueba de Excentricidad**

Valor Nominal	Posición	Diferencia con el centro
400	2	0,01 g
	3	0,01 g
	4	0,00 g
	5	0,02 g
Error de carga excentrica		0,02 g

Receptor de Carga



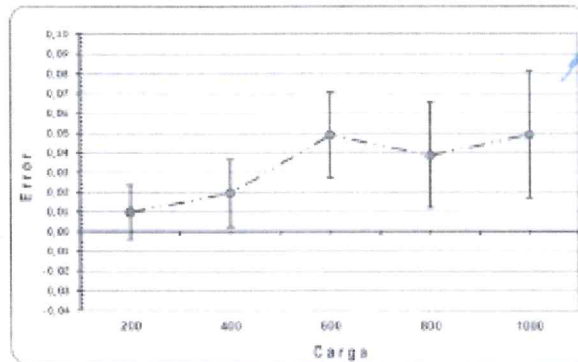
Frente

**Prueba de Repetibilidad**

Carga de Prueba	Unidad de medida	Desviación Estandar	% de Max.	Repeticiones
500	g	0,005	50,0%	10

**Prueba de Error de Indicación (e)**

Carga	Error	** Incertidumbre	
		k = 2	
g	g	± g	
200	0,01	0,014	
400	0,02	0,017	
600	0,05	0,022	
800	0,04	0,027	
1 000	0,05	0,032	







# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa, Acreditado por la emm con documento M-81. Vigente a partir del 2011-05-09

Acreditación otorgada bajo la norma: NMX-EC-17025-IMNC-2006 / ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Número de Informe: msp-IC-0951/2014

Página 3 de 3

**\*\* Incertidumbre:**

Se obtuvo multiplicando la incertidumbre combinada por un factor de cobertura de k=2, que corresponde a un nivel de confianza aproximado del 95% para una Distribución Normal, y es estimada conforme a: NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones" equivalente a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML (1995)"  
Se consideran contribuciones asociadas a:

Masas patrón, resolución del Instrumento, carga excentrica, repetibilidad, empuje del aire, deriva de patrones y efectos de convección.

**Trazabilidad metrologica:**

Nuestros patrones son calibrados en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), o en algun laboratorio acreditado por emm, por lo cual este informe documenta la trazabilidad al Kilogramo patrón No. 21, que materializa la unidad física de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI)

**Equipo Patrón:**

Descripción	Inventario	Marca	Modelo	Informe de Cal.	Exactitud	Vigencia
Juego de Pisas	msp-CM-1401	Satorus	YCS 31-613-00	ICM-18/25	F1.0MA	2014-11-29

**Instrumentos de medición ambiental:**

Descripción	Inventario	Marca	Modelo	Serie
Meteorómetro Digital	msp-C-M-PTM-81	Davis Instruments	Precipitation 11400	PE0615A12

**Referencias:**

- Guía Técnica de Trazabilidad Metrologica e Incertidumbre de Medida en la Magnitud de Masa para Calibración de Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático. - Centro Nacional de Metrología (CENAM) - Entidad Mexicana de Acreditación (emm) - (2013)
- NOM 008-SCFI-2002 "Sistema General de Unidades de Medida"
- NMX-Z-055-IMNC-2009 (ISO/IEC GUIDE 99:2007) "Vocabulario Internacional de Metrología" equivalente al VIM 3ª Edición

**Atención:**

Los resultados emitidos en este informe, perderán su validez y respaldo de msp, S.A. de C.V. cuando:

- Presenta tachaduras, enmendaduras o alteraciones en los resultados emitidos.
- Al instrumento, después de su calibración, se realiza un mantenimiento correctivo, se cambie de lugar o el usuario haga mal uso del mismo.

**Notas:**

**Acercas de este Informe de Calibración:**

- Ampara únicamente las mediciones realizadas al momento y bajo las condiciones mencionadas.
- Perderá su validez y respaldo de "msp, S.A. de C.V." si presenta tachaduras, enmendaduras o alteraciones en los resultados emitidos.
- Se refiere exclusivamente al elemento Calibrado y no puede ser reproducido en forma parcial, solo en su totalidad y es valido solo en original.

**Acercas del instrumento calibrado:**

- Los periodos de tiempo optimos para su calibración son determinados por el cliente con base a la frecuencia y uso que recibe.
- Fue calibrado en las instalaciones del cliente
- La prueba de error de indicación, se realizo una sola vez en cada punto indicado, en sentido ascendente.
- El cuidado y buen uso del instrumento garantizan los resultados emitidos en este informe.

**Definiciones:**

**VIM:** Vocabulario Internacional de Metrología.

**Corrección:** Compensación de un efecto sistemático estimado, y puede ser la adición de un valor, al resultado no corregido de una indicación para Compensar un error sistemático.

**Error de medida:** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

**Error sistemático de medida:** Componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.

**Nota 1:** El valor de referencia para un error sistemático es un valor verdadero, un valor medido de un patrón cuya incertidumbre de medida es despreciable.

**Nota 2:** El error sistemático y sus causas pueden ser conocidas o no. Para compensar un error sistemático conocido puede aplicarse una corrección.



# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa, Acreditado por la ema con documento M-81, Vigente a partir del 2011-05-09  
Acreditación otorgada bajo la norma: NMX-EC-17025-IMNC-2003 - ISO/IEC 17025:2003 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Número de Informe      msp-IC-0952/2014      Página      1      de      3


**Cliente:**                      **Geotec, S. A. de C. V.**  
Domicilio:                    Londres, No. 44, Col. del Carmen Coyoacán.  
Ciudad y Estado:           México, D. F.  
C. P.:                            04100                                      Orden de Servicio: 0235-14-GEO

**Instrumento :**  
Descripción:                    Balanza electrónica con receptor de carga cuadrado.  
Marca:                            Sartorius  
Modelo:                           GM 1502  
Número de Serie:              1500834  
Identificación:                MS-01  
Ubicación:                      No indicada  
Alcance Máximo (Max):      1 500      g  
División Mínima (d):        0,01      g

**Procedimiento y Método de medición:** "msp PT 05" - Calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático (IPFNA), por el método de comparación directa.

**Condiciones Ambientales de Medición:**  
Temperatura Ambiente : 26,8 °C ± 1 °C                                      Humedad Relativa : 32 % ± 2%  
Presión Atmosférica : 777,5 hPa ± 2 hPa                                        Temperatura Superficial de las pesas : 27 °C ± 2 °C

**Fecha de Calibración:** 2014-07-22                                      **Fecha de Emisión:** 2014-07-23  
**Observaciones:** El instrumento se ajustó antes de la calibración.

**Realizado por:**  
  
**Fernando I. Vazquez Leonel**  
Signatario Autorizado

**Aprobado por:**  
  
**Teresa Calva Garcia**  
Signatario Autorizado



# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa, Acreditado por la emm con documento M-81. Vigente a partir del 2011-05-09  
Acreditación otorgada bajo la norma: NMX-EC-17025-IMNC-2006 - ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Número de Informe: msp-IC-0952/2014

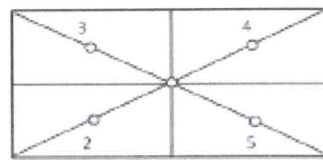
Página 2 de 3

**Resultados :**

**Prueba de Excentricidad**

Valor Nominal	Posición	Diferencia con el centro
500	2	-0,01 g
	3	0,00 g
	4	0,00 g
	5	-0,01 g
Error de carga excentrica		0,01 g

Receptor de Carga



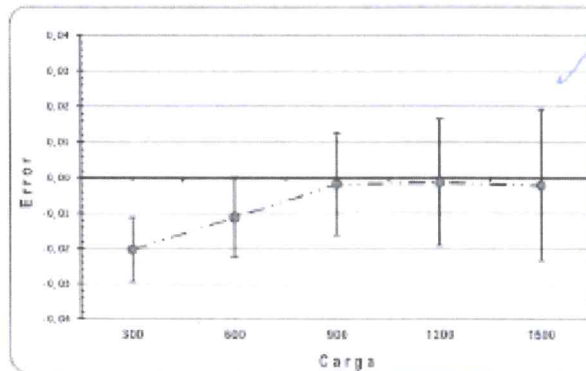
Frente

**Prueba de Repetibilidad**

Carga de Prueba	Unidad de medida	Desviación Estandar	% de Max	Repeticiones
800	g	0,000 0	53,3%	10

**Prueba de Error de Indicación (1)**

Carga	Error	** Incertidumbre k = 2
g	g	± g
300	-0,02	0,009 1
600	-0,01	0,011
900	0,00	0,014
1 200	0,00	0,018
1 500	0,03	0,021







# Informe de Calibración

Laboratorio de Metrología en Magnitud Masa, Acreditado por la eme con documento M-81, Vigente a partir del 2011-05-09

Acreditación otorgada bajo la norma: NMX-EC-17025-IMNC-2005 - ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"

Número de Informe: msp-IC-0952/2014

Página 3 de 3

**\*\* Incertidumbre:**

Se obtuvo multiplicando la incertidumbre combinada por un factor de cobertura de k=2, que corresponde a un nivel de confianza aproximado del 95%, para una Distribución Normal, y es estimada conforme a: NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones" equivalente a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC/JCGI, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML (1995)"

Se consideran contribuciones asociadas a:

Masas patrón, resolución del instrumento, carga excentrica, repetibilidad, empuje del aire, deriva de patrones y efectos de convección.

**Trazabilidad metrologica:**

Nuestros patrones son calibrados en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), o en algún laboratorio acreditado por eme, por lo cual este informe documenta la trazabilidad al kilogramo patrón No. 21, que materializa la unidad física de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI)

**Equipo Patrón:**

Descripción	Inventario	Marca	Modelo	Informe de Cal	Exactitud	Vigencia
Juego de Pesas	msp-0-MF101	Satorras	YLS 31-613-03	GM-16/20	F1.0MM	2014-11-26

**Instrumentos de medición ambiental:**

Descripción	Inventario	Marca	Modelo	Serie
Hidrometro Digital	msp-0-N-PT-01	Davis Instruments	Preceptor II400	PE60515A12

**Referencias:**

- 1) Guía Técnica de Trazabilidad Metrologica e Incertidumbre de Medida en la Magnitud de Masa para Calibración de Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático. - Centro Nacional de Metrología (CENAM) - Entidad Mexicana de Acreditación (eme) (2013).
- 2) NMX-008-SCFI-2002 "Sistema General de Unidades de Medida"
- 3) NMX 2 065-IMNC-2009 (ISO/IEC GUIDE 99:2007) "Vocabulario Internacional de Metrología" equivalente al VIM 3ª Edición.

**Atención:**

Los resultados emitidos en este informe, perderán su validez y respaldo de msp, S.A. de C.V. cuando:

- a) Presenta tachaduras, enmendaduras o alteraciones en los resultados emitidos.
- b) Al instrumento, después de su calibración, se realice un mantenimiento correctivo, se cambie de lugar o el usuario haga mal uso del mismo.

**Notas**

**Acercas de este Informe de Calibración:**

- a) Ampara únicamente las mediciones realizadas al momento y bajo las condiciones mencionadas.
- b) Perderá su validez y respaldo de "msp, S.A. de C.V." si presenta tachaduras, enmendaduras o alteraciones en los resultados emitidos.
- c) Se refiere exclusivamente al Instrumento Calibrado y no puede ser reproducido en forma parcial, solo en su totalidad y es valido solo en original.

**Acercas del Instrumento calibrado:**

- a) Los periodos de tiempo optimos para su calibración son determinados por el cliente con base a la frecuencia y uso que recibe.
- b) Fue calibrado en las instalaciones del cliente.
- c) La prueba de error de indicación, se realizó una sola vez en cada punto indicado, en sentido ascendente.
- d) El cuidado y buen uso del instrumento garantizan los resultados emitidos en este informe.

**Definiciones:**

**VIM:** Vocabulario Internacional de Metrología

**Corrección:** Compensación de un efecto sistemático estimado, y puede ser la adición de un valor, al resultado no corregido de una indicación para Compensar un error sistemático.

**Error de medida:** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

**Error sistemático de medida:** Componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.

**Nota 1:** El valor de referencia para un error sistemático es un valor verdadero, un valor medido de un patrón cuya incertidumbre de medida es despreciable.

**Nota 2:** El error sistemático y sus causas pueden ser conocidas o no. Para compensar un error sistemático conocido puede aplicarse una corrección.





entidad mexicana de acreditación a.c.

**ACREDITA**  
**A**

**METROLOGÍA Y SERVICIOS DE PESAJE, S.A. DE C.V.**

**PROF. CARLOS HANK GONZÁLEZ, NO. 2, COL. UNIDAD HABITACIONAL COCEM.  
C.P. 54913, TULTITLÁN, ESTADO DE MÉXICO.**

*Como Laboratorio de Calibración de acuerdo a los Requisitos establecidos en la Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) para las actividades de evaluación de la conformidad en el área:*

**MASA\***

*El cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2005 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados de ensayos y calibraciones técnicamente válidas. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma ISO/IEC 17025:2005 (sección 4) están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."*

  
**Maria Isabel López Martínez**  
Directora Ejecutiva



**Acreditación No: M-81**  
**Vigente a partir del 2011-05-09\***

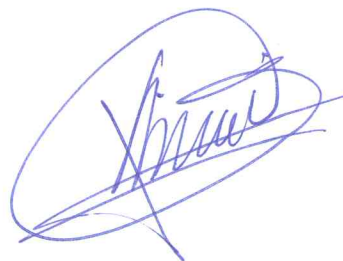
\*En el alcance establecido en el anexo técnico correspondiente 11LC0081, 11LC0095 Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.

FOR-LAB-011-01

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final



L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1


07/07/2015



**Página**  
486/497



acreditación

  
Comité de Evaluación de Competencia  
Credencial de acreditación n° 564  
Calle de la Industria  
Calle de la Industria 33  
Calle de la Industria 3300  
Calle de la Industria LSC 01 800 022 29 40

México, D.F., 16 de abril de 2014  
Número de Ref. 14LC0204

**Asunto:** Notificación de Dictamen  
Mantener la acreditación

**Ing. Mariano Villarreal Gaytán,**  
Representante Autorizado  
Metrología y Servicios de Pesaje, S.A. de C.V.  
Presente

Me refiero a la tercera vigilancia como laboratorio de calibración en el área de masa de conformidad con la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025 2005) "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayos y de calibración" y considerando el informe de evaluación documental de fecha 24 de marzo de 2014, le informo


Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 68, 69, 70, 70-C y 81, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y en el punto 16.11 del MP-FP002 (vigente) "Evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (pruebas) con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 / ISO/IEC 17025 2005, me permito notificarle que el Comité de Evaluación de Laboratorios de Calibración durante la reunión de fecha 16 de abril del presente, emitió dictamen técnico favorable

Confirmando que la acreditación No. M-81 continuará vigente

Cabe mencionar, que las actividades que se desarrollen con motivo de la presente acreditación, deberán ajustarse puntualmente a los requerimientos que exige la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las reglas, procedimientos y métodos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y en su defecto las internacionales, de lo contrario, pueden incurrir en las sanciones que expresamente se consignan en dicha ley, así como también en los procedimientos aplicables de la entidad mexicana de acreditación, a.c.

Sin otro particular por el momento, agradeciendo de antemano la atención que se sirva dedicarle a la presente notificación, quedo a sus órdenes.

Atentamente,

  
María Isabel López Martínez  
Directora Ejecutiva

c.c.p. expediente

Página 1 de 1

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

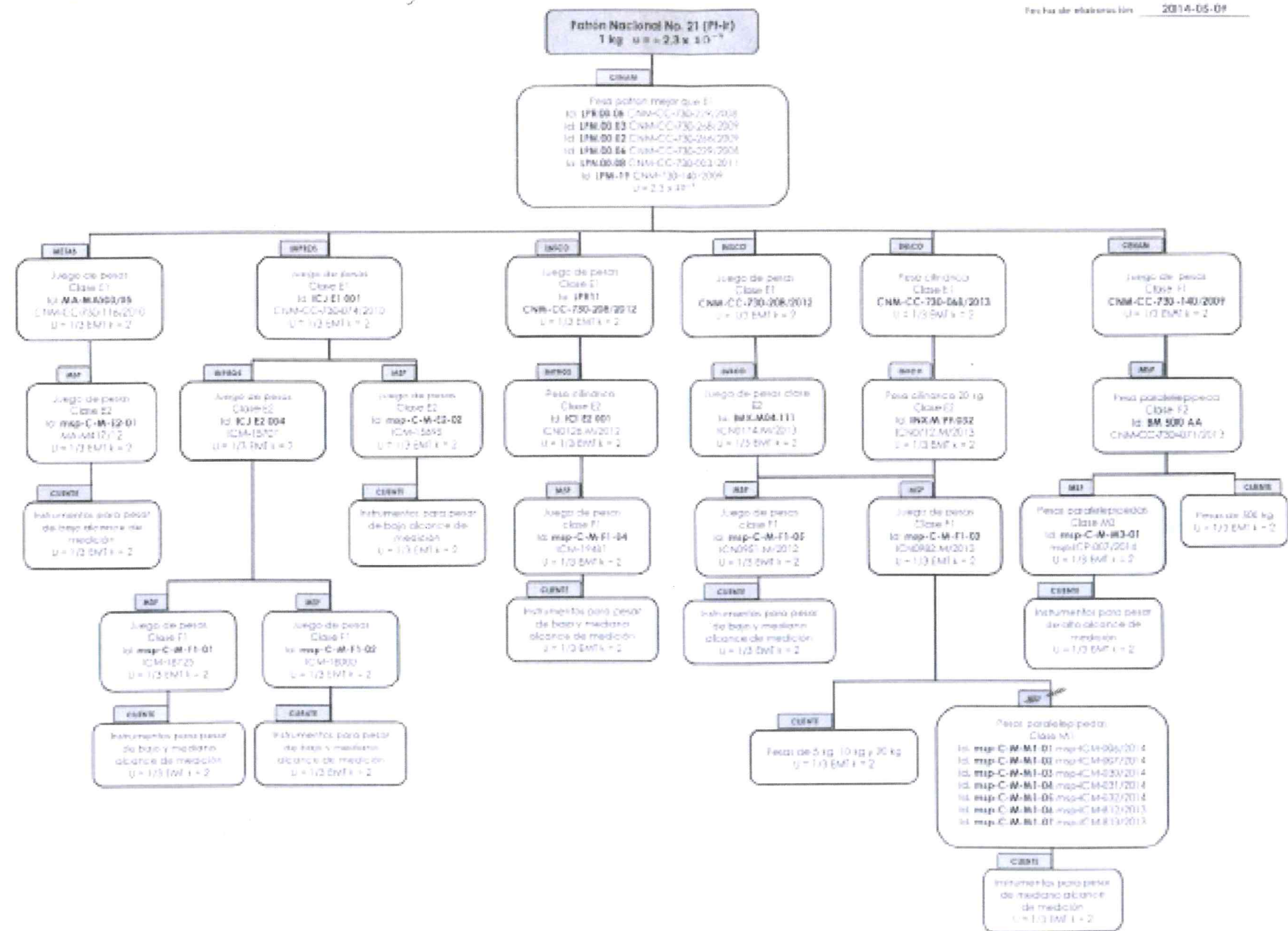
07/07/2015

  
Página  
487/497



**Carta de Trazabilidad**

Fecha de elaboración: 2014-05-07



Documento	Fecha de emisión	Fecha de entrada en vigor	No. de revisión	Pág. 1 de 1
FI.13.02	2013-02-12	2013-04-01	1	

Carlos Hank González, No. 2, Col. Cocern I Infonavit, Tlalnahuacán, Edo. de México, C. P. 54913 Tels: (55) 5 884-2043 / 5 894-7938 Tel/Fax: (55) 5 884-7430 mas@labmetrologia.com

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



14.34 Certificado de calibración del penetrometro dinámico

**METROLOGIA MESSTECHNIK**

REPARACION-FABRICACION

S.A. DE C.V.

VENTA Y CALIBRACION

**INFORME DE CALIBRACION**

INFORME No.- MM-46771-2015 PAG.- 1 DE.- 2  
FECHA DE CAL.- 2015-JUNIO-04 EMISION.- 2015-JUNIO-04

CLIENTE.- ESPECIALISTAS EN ACABADOS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.  
DIRECCION.- Alborada No. 136 Int. 901 Col. Tlalpat, C.P. 14010, México, D.F.

**DATOS DEL EQUIPO SUJETO A CALIBRACION**

INSTRUMENTO.- MASAS DE PENETROMETRO  
MARCA.- PAGANI MODELO.- DPM 030  
SERIE.- P001366 CODIGO.- S/No  
EXACTITUD.- N/E RESOLUCION.- N/E  
ALCANCE DE MEDICION.- 2,4 kg / 13,6 kg / 30 kg DIV. MIN.- FIJAS  
PROCEDIMIENTO.- PM-1610-1 MAGNITUD.- MASAS

**DATOS DEL EQUIPO PATRON DE REFERENCIA**

INSTRUMENTO.- JUEGO DE MASAS CILINDRICAS DE ACERO INOXIDABLE 28 pcs  
MARCA.- INSCO  
MODELO.- 8020314/8074414  
SERIE.- 0097  
CODIGO.- MM-2000-M10-0  
EXACTITUD.- OIML-F1  
ALC. MAX.- 41 kg RESOLUCION.- 1 mg  
TRAZABLE A.- CENAM Via Lab-Enu-M24 (Vigencia de 2 años Informe No. MM-3494-2015)  
VIGENCIA DEL PATRON.- 2017-ENERO

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACION**

TEMPERATURA.- 21,4 °C ± 0,2 °C HUMEDAD REL.- 50 % ± 1 % H.R. PRESION ATM.- 779 hPa ± 1 hPa

CALIBRACION REALIZADA EN.- Calz. Méx. Tacuba No. 1186 Col. Argentina, México, D.F.  
NORMATIVA (S) APLICADA (S).- NDM-008-SCFI-2002 Y OIML-R-111  
FECHA DE RECEPCION DEL EQUIPO.- 2015-JUNIO-02

Orden de Servicio.- 10 329 Folio No. 80119

CALIBRÓ.- *Manuel Macías Hernández*

AUTORIZÓ.- *Ing. Luis Raúl Gallardo Nolasco*

RESULTADO DE LA CALIBRACION.- Ver Hoja dos

OBSERVACIONES.-

Laboratorio de Metrología Certificado ISO 9001:2008 No. ECMX-0817/13 RPS-01-09 (Rev. 5)

SE PROHIBEN CUALQUIER REPRODUCCIONES, REPRODUCCIONES PARCIALES O PARCELES DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

Calz. México Tacuba No. 1186, Col. Argentina Deleg. Miguel Hidalgo C.P. 11270 México, D.F.  
Tels. 53-99-55-76, 50-49-32-38, 50-49-32-39 Fax: 55-27-51-97

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
489/497



**METROLOGIA MESSTECHNIK**

REPARACION-FABRICACION

S.A. DE C.V.

VENTA Y CALIBRACION

**INFORME DE LECTURAS  
MAGNITUD MASAS**

SERIE: P001366

No. - MM-46771-2015

PAG. 2 DE 2

FECHA - 2015-JUNIO-04

CLIENTE - ESPECIALISTAS EN ACABADOS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.

INSTRUMENTO - JUEGO DE MASAS DE PENETROMETRO MARCA: PAGANI  
ALCANCE DE MEDICION DE: 30 kg / 13,6 kg / 2,40 kg

EL VALOR DE MASA CONVENCIONAL EN LA MEDIDA DE CINCO MEDICIONES POR CADA CATEGORIA SE ENVIARON

MASA No.	NOMINAL kg	Valor de masa convencional g	Valor de masa convencional g	CORRECCION g	% ERROR RELATIVO	INCERTIDUMBRE g
1000	2,400	2 400,0	2 885,0	-265,00	11,042	6,892E-03
1000	13,600	13 600,0	17 427,1	-3 827,10	28,140	1,167E-01
1000	30,000	30 000,0	30 005,0	-5,00	0,017	3,831E+02

CONSIDERANDO UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 %  
FACTOR DE COBERTURA k=2

- 1.- MASA CONVENCIONAL. ESTA MAGNITUD ESTA DEFINIDA EN LA RECOMENDACION INTERNACIONAL OIML D26
- 2.- LA INCERTIDUMBRE MOSTRADA ES 1/3 DEL EMT (ERROR MAXIMO TOLERADO) DE LA CLASE M2 DE LA NORMA ITM APLICADA SIN DIBUJAR. LA INCERTIDUMBRE OBTENIDA FUE MENOR AL VALOR EXPRESADO, Y SE OBTUVO AL TRIPLICAR LA INCERTIDUMBRE ESTANDAR CONSIDERADA POR UN FACTOR DE COBERTURA DE DOS (K=2), CORRESPONDIENTE A UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 % APROXIMADAMENTE, Y FUE CALCULADA DEACUERDO A LA NORMATIVA NMX-CH-140-IMNC-2002 "CUMPLIR LA DIRECCION DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES"
- 3.- EL PRESENTE INFORME DE CALIBRACION SOLO ABARCA LAS MEDICIONES REPORTADAS EN EL MOMENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES Y DE USO EN QUE SE REALIZO ESTA CALIBRACION EN LAS MASAS EXPRESADO EN LA HOJA No. 1.
- 4.- METROLOGIA MESSTECHNIK NO AVALA NINGUNA CARACTERISTICA DE LAS MASAS DIFERENTES DE LAS DESCRITAS EN ESTE DOCUMENTO.
- 5.- ESTE INFORME DE CALIBRACION ES VALIDO UNICAMENTE EN SU FORMA INTEGRAL Y ORIGINAL CON SU SELLO Y FIRMAS.
- 6.- ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE EL RECALIBRAR LAS MASAS A INTERVALOS APROPIADOS.
- 7.- LAS MEDICIONES EXPRESADAS RESPETAN LA NORMATIVA DE REFERENCIA NOM-088-SCFI-2002.
- 8.- LA INCERTIDUMBRE EXPRESADA EN ESTE INFORME DE CALIBRACION NO INCLUYE POSIBLES CAMBIOS CAUSADOS POR DENUNTA A LARGO PLAZO EN LA RESPUESTA DE LAS MASAS, DEBEN SER DETERMINADOS INDIVIDUALMENTE POR EL USUARIO, CON BASE EN LOS DATOS HISTORICOS DEL EQUIPO.

NORMATIVA APLICADA AL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION POR REFERENCIA:

**OIML-R-111**

LOS RESULTADOS EXPRESADOS EN ESTE INFORME DE CALIBRACION SON VALIDOS EN LAS CONDICIONES BAJA LAS CUALES FUERON EFECTUADAS LAS MEDICIONES. SE PROHIBE LA REPRODUCCION DE ESTE INFORME, SIN EL PERMISO ESCRITO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

FIN DEL INFORME.



8149

Calz. México Tacuba No. 1186, Col. Argentina Deleg. Miguel Hidalgo C.P. 11270 México, D.F.  
Tels. 55-99-55-76, 50-49-32-38, 50-49-32-39 Fax: 55-27-51-97

Metro de la Ciudad de México

Diagnóstico del túnel de la línea 12

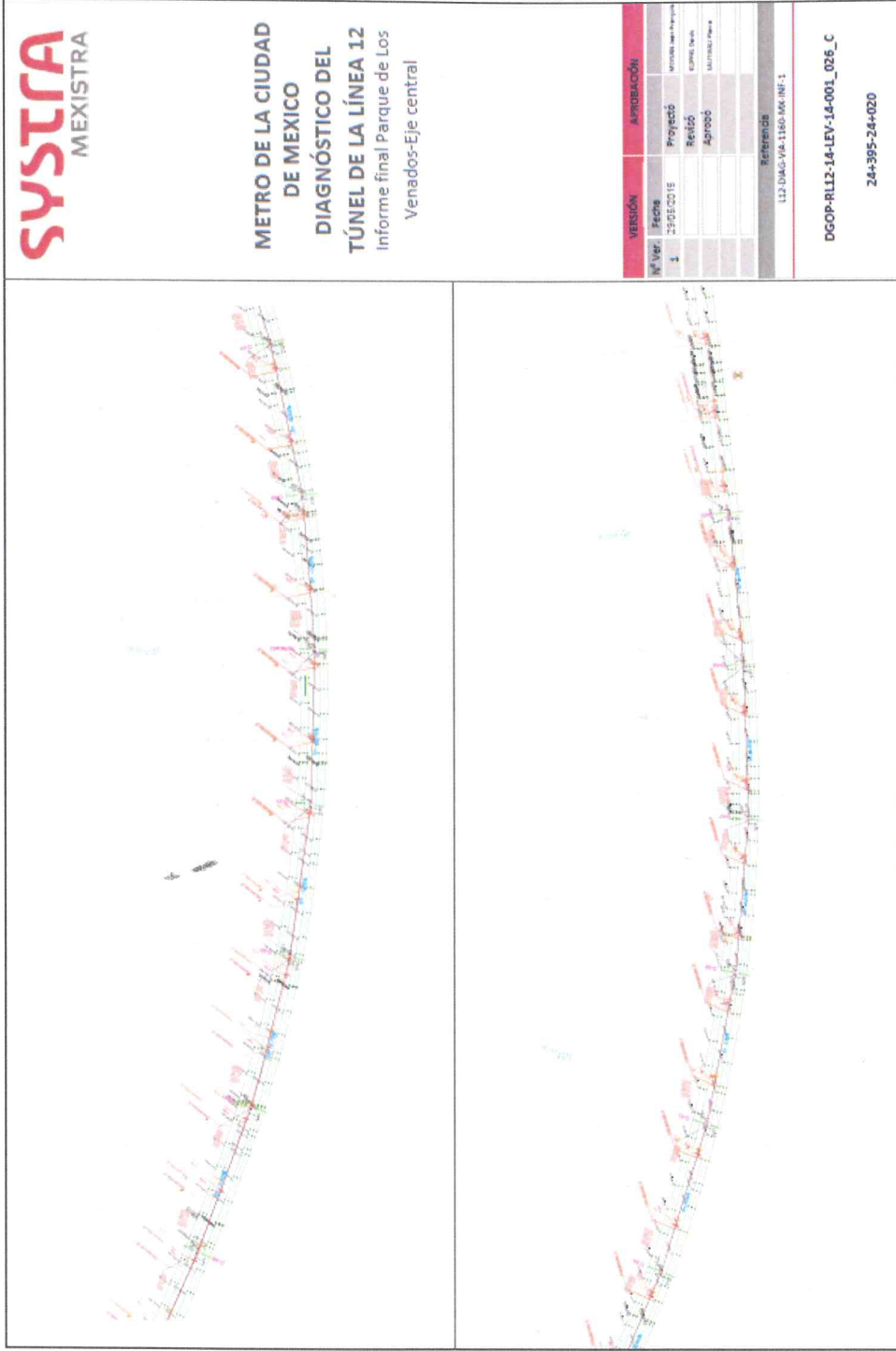
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
490/497

14.35 DGOP-RL12-14-LEV-14-001\_026\_C 24+020-24+395



**SYSTRA**  
MEXISTRA

**METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO**  
**DIAGNÓSTICO DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 12**  
Informe final Parque de Los Venados-Eje central

VERSIÓN	Actualización
Nº Ver.	Proyecto
1	Revisión
	Aprobó
	Elaboró
	Revisó
	Referencia
	L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

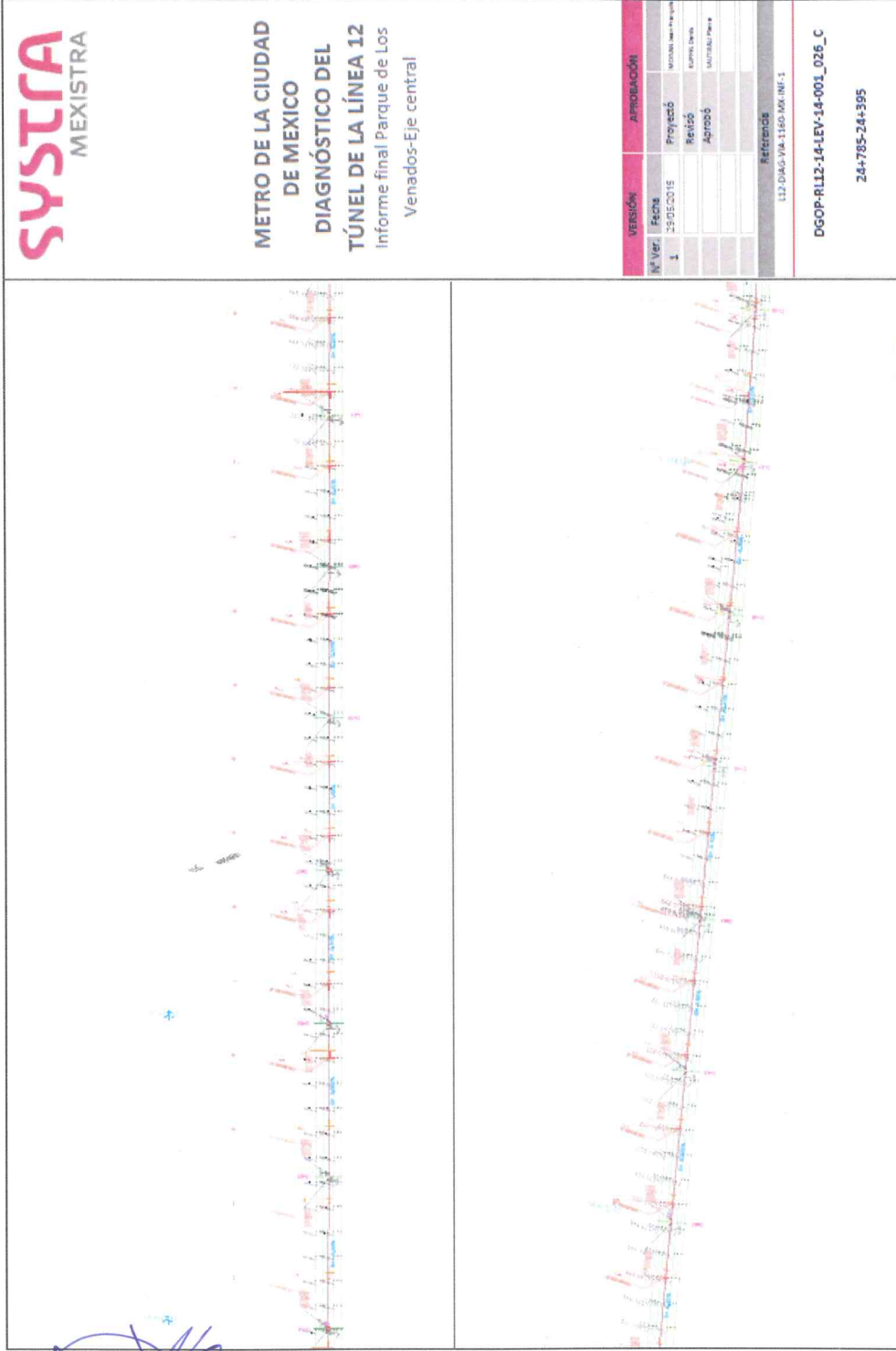
DGOP-RL12-14-LEV-14-001\_026\_C  
24+395-24+020

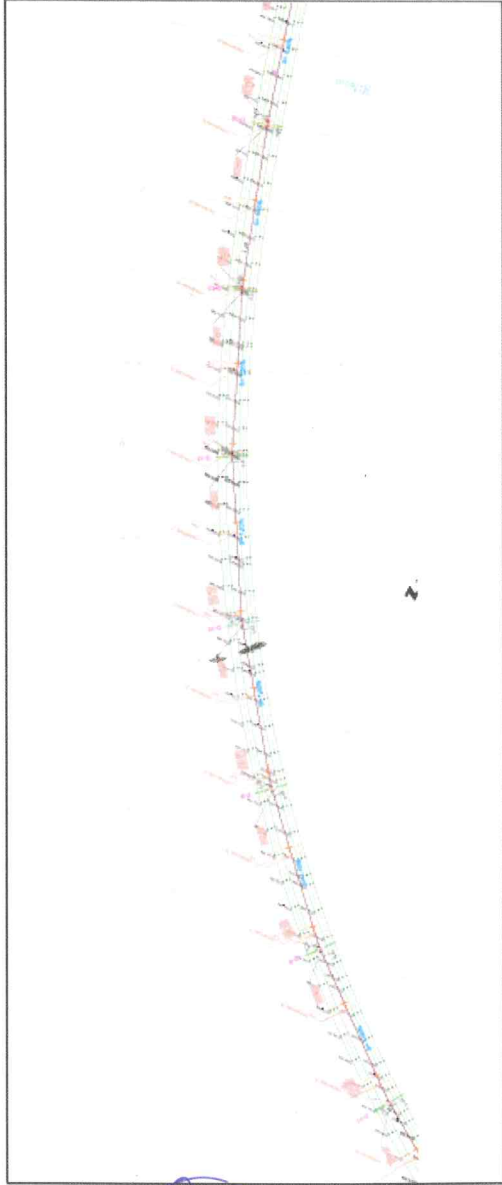
Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
491/497





**SYSTRA**  
MEXISTRA

**METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO**  
**DIAGNÓSTICO DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 12**  
Informe final Parque de Los Venados-Eje central

VERSIÓN		APROBACIÓN	
Nº Ver.	Fecha	Proyectó	Revisó
1	25/05/2015		
		Aprobó	
Referencia			
L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1			

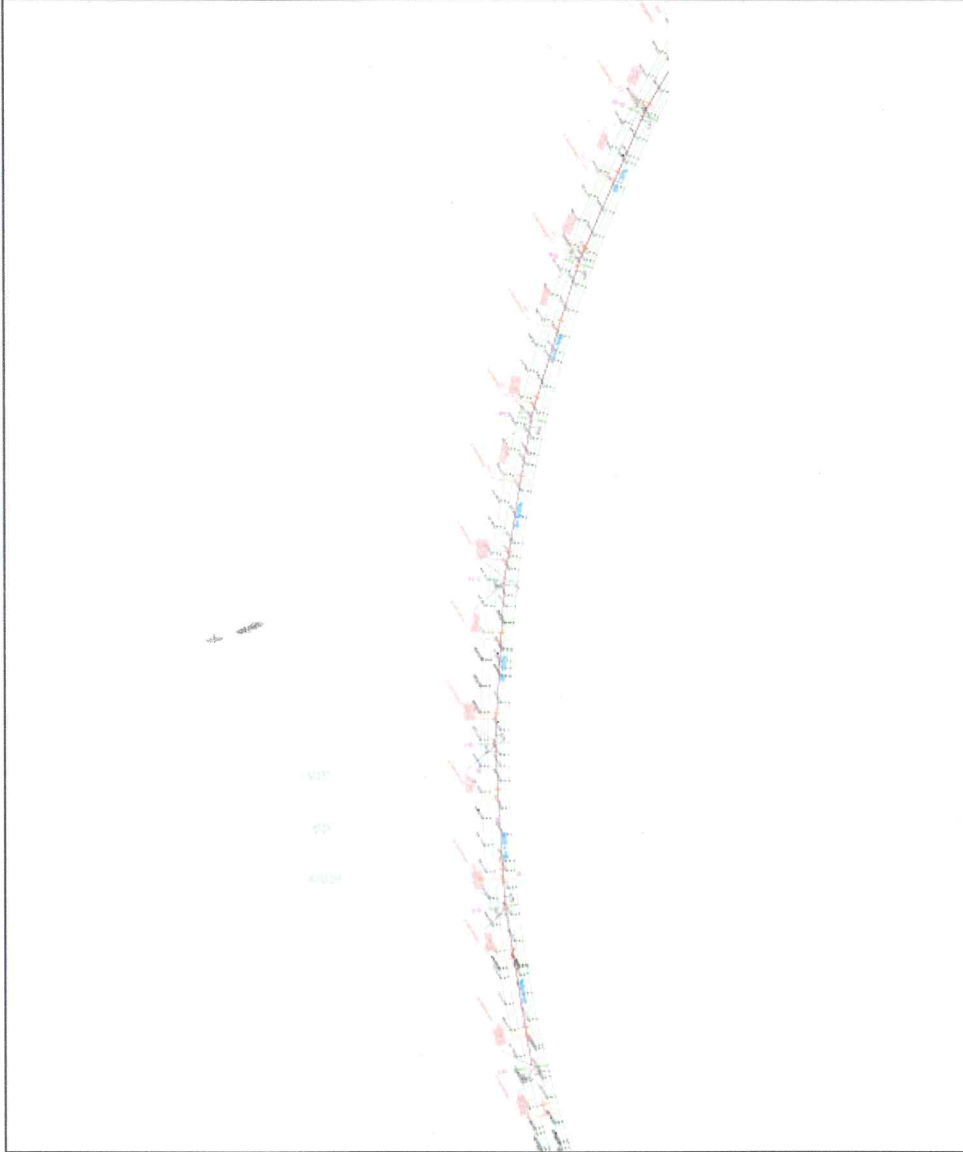
DGOP-RL12-14-LEV-14-001\_026\_C  
25+190-24+785

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

Página  
493/497





**SYSTRA**  
MEXISTRA

**METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO**  
**DIAGNÓSTICO DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 12**  
Informe final Parque de Los Venados-Eje central

VERSIÓN		APROBACIÓN	
Nº	Fecha	Proyecto	Módulo del Proyecto
1	23/05/2015	RL12-14-001_026	LÍNEA 12
		ADT000	MULTIUSUARIOS
Referencia			
L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1			

**DGOP-RL12-14-LEV-14-001\_026\_C**  
**25+295-25+190**

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

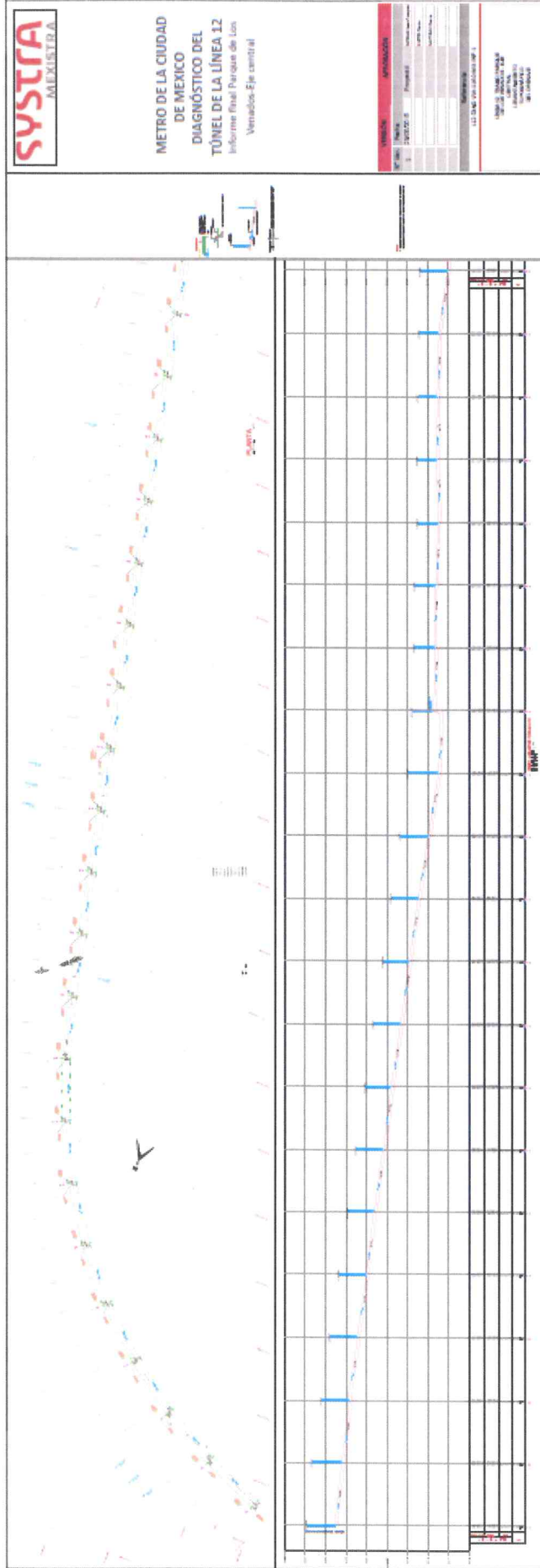
L12-DIAG-VIA-1179-MX-INF-1

07/07/2015

Página 494/497



14.39 Línea 12\_Eje Central - Parque Venados\_drenaje 1

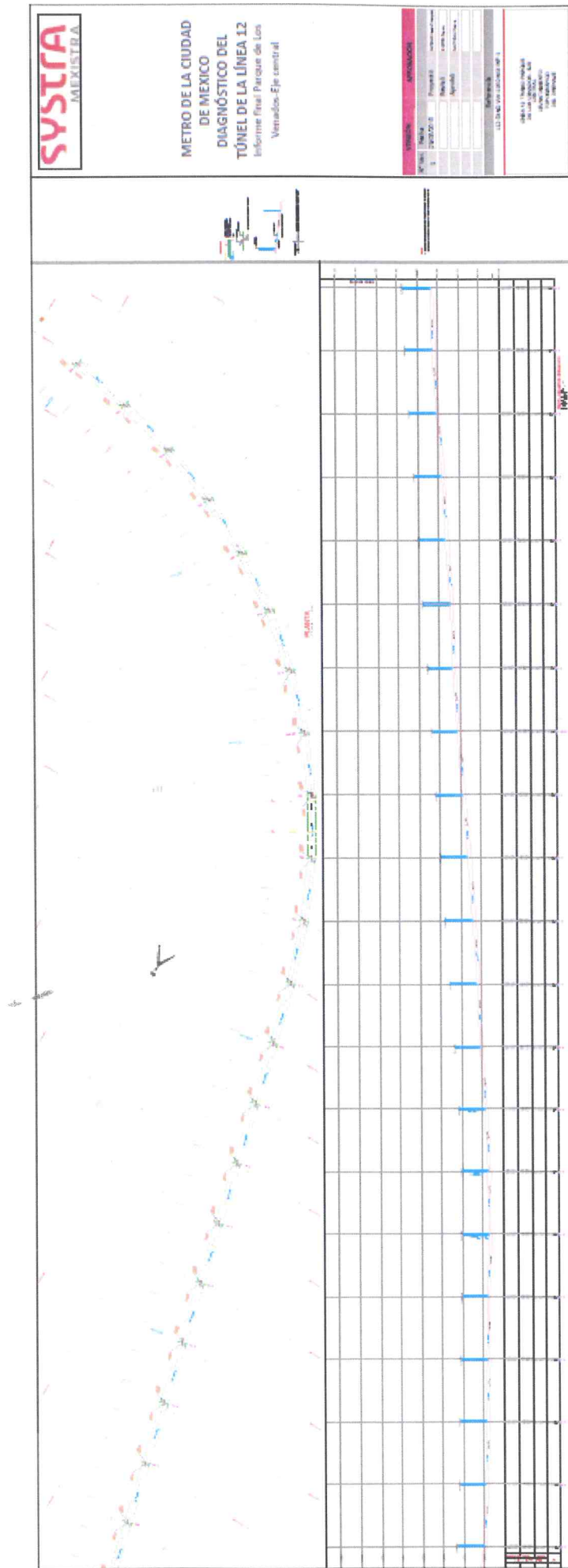


[Firma]

Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

[Firma]

14.40 Línea 12\_Eje Central - Parque Venados\_drenaje 2



Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

Página  
496/497

07/07/2015

Final del documento



Metro de la Ciudad de México  
Diagnóstico del túnel de la línea 12  
Informe final

L12-DIAG-VIA-1179-MX-  
INF-1

07/07/2015

Página  
497/497