

**INDICE GENERAL**  
**DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA**

TOMO	CONTENIDO	
TOMO 1	RESUMEN EJECUTIVO	
TOMO 2	A	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL DISEÑO DE INGENIERÍA
	A.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DE OBRAS CIVILES, DEL EQUIPAMIENTO DE SISTEMAS Y DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO
	A.2.	CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS OBRAS CIVILES Apéndice 1: Planos
	A.3.	TOPOGRAFÍA DEL PROYECTO Apéndice 1: Planos
TOMO 3	A.4.	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO Apéndice 1: Registro de sondcos mecánicos Apéndice 2: Registros de calicatas Apéndice 3: Ensayos de permeabilidad in situ Apéndice 4: Registros de la investigación geofísica
		Apéndice 5: Ensayos de laboratorio Apéndice 6: Cálculos analíticos de estabilidad en el frente Apéndice 7: Planos
TOMO 4		
TOMO 5	A.5.	TRAZO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA LÍNEA PRINCIPAL
	A.5.1.	Diseño del Trazado Apéndice 1: Planos
TOMO 6	A.5.2.	Tipo de Superestructura de vía Apéndice 1: Planos
	A.5.3.	Parámetros de diseño y conservación de la vía férrea incluyendo sus tolerancias geométricas Apéndice 1: Planos
	A.5.4.	Estudio funcional de la superestructura de vía Apéndice :Simulaciones cinemáticas
	A.5.5.	Estudio de ruido y vibraciones Apéndice 1: Estudio de ruido y vibraciones secundario
	A.6.	TUNEL
TOMO 7	A.6.1.	Memoria descriptiva general de túneles Apéndice 1: Planos
	A.6.2.	Selección del diámetro del túnel Apéndice 1. Memoria de cálculo de gálbos UIC505 y determinación de gálbos Apéndice 2. Planos de secciones tipo Apéndice 3. Esquema de evacuación de emergencia
	A.6.3.	Excavación Métodos TBM y NATM en Línea Principal Apéndice 1. Planos
	A.6.4.	Memoria de Cálculo de las Estructuras Permanentes Apéndice 1. Modelización numérica para la comprobación del revestimiento primario Apéndice 2. Obtención de los esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos. Apéndice 3. Modelización numérica revestimiento definitivo Apéndice 4. Dimensionamiento del revestimiento definitivo del túnel de línea Apéndice 5. Dimensionamiento del revestimiento definitivo de cavemas
	A.6.5.	Selección de TBM
TOMO 8	A.6.6.	Pozos de ataque para TBM
	A.6.6.1.	Pozos de ataque para TBM Apéndice 1. Cálculo pozo de ataque Gambetta Apéndice 2. Cálculo pozo Extracción L2. Apéndice 3. Cálculo pozo extracción L4. Apéndice 4. Planos
	A.6.6.2.	Logística TBM Apéndice 1: Planos
	A.6.7.	Medidas de Protección de Edificios y Servicios Públicos. Apéndice 1: Cálculos de subsidencias de la L2 Apéndice 2: Cálculos de subsidencias de la L4 Apéndice 3. Planos
	A.6.8.	Sistema de Monitoreo y Auscultación. Apéndice 1: Planos
TOMO 9	A.6.9.	Excavación en trinchera (método Cut & Cover) Apéndice 1. Cálculos ramales Bocanegra Apéndice 2. Cálculos Terceras Vías Apéndice 3. Cálculos ramales Santa Anita Apéndice 4. Planos
	A.6.10.	Excavación en caverna Apéndice 1. Esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos Apéndice 2. Modelización numérica para la obtención de esfuerzos en el revestimiento definitivo

INDICE GENERAL  
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO	
		<p>Apéndice 3. Dimensionamiento del revestimiento definitivo de las cavemas</p> <p>Apéndice 4. Planos</p>
TOMO 10	A.7.	<p><b>ESTACIONES DE PASAJEROS</b></p> <p>A.7.1. Memoria Descriptiva General por estación</p> <p>Apéndice 1: Planos definición funcional</p> <p>A.7.2. Arquitectura por tipología de estación.</p> <p>Apéndice 1: Planos. Estaciones tipo</p> <p>A.7.3. Excavación y tratamiento de consolidación por tipología</p> <p>Apéndice 1: Planos. Proceso constructivo estaciones</p>
TOMO 11	A.7.4.	<p>Memoria de cálculo de las estructuras permanentes por tipología.</p> <p>Apéndice 1: Dimensionamiento estructural. Estaciones C&amp;C</p> <p>Apéndice 2: Dimensionamiento estructural. Estaciones cavema</p> <p>Apéndice 3: Planos. Estructuras de estación.</p>
TOMO 12	A.7.5.	<p>Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes.</p> <p>Apéndice 1. Cálculos de evacuación</p> <p>Apéndice 2. Niveles de servicio de estaciones tipo</p> <p>Apéndice 3: Planos de rutas de evacuación</p>
	A.7.6.	<p>Instalaciones ferroviarias en estación</p> <p>A.7.6.1 Sistema de alimentación eléctrica</p> <p>A.7.6.2 Sistema de las puertas de andén</p> <p>A.7.6.3 Sistema de control de pasajeros</p> <p>A.7.6.4 Sistema de telecomunicaciones</p> <p>A.7.6.5 Sistema de señalización</p> <p>A.7.6.6 Dimensionamiento de torniquetes</p>
TOMO 13	A.7.7.	<p>Simulaciones del flujo de pasajeros</p> <p>Apéndice 1. Cálculos de Evacuación</p> <p>Apéndice 2. Informes de simulación</p>
	A.7.8.	<p>Instalaciones no ferroviarias o equipamiento electromecánico por tipología de estación</p> <p>A.7.8.1. Instalaciones no ferroviarias.</p> <p>A.7.8.2. Hidrología y drenaje</p> <p>Apéndice 1: Planos</p>
	A.8.	<p><b>INTEGRACIÓN FÍSICA E INSERCIÓN URBANA</b></p> <p>A.8. Memoria descriptiva de integración física e inserción urbana</p> <p>Apéndice 1: Matriz de alteración del entorno urbano</p> <p>A.8.1. Estaciones Línea 2</p> <p>Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-2</p> <p>A.8.2. Estaciones Línea 4</p> <p>Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-4</p>
TOMO 14	A.8.3.	Soluciones de Ingeniería
	A.8.4.	Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Línea 2
	A.8.5.	Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Ramal Av. Faucett- Av. Gambetta Línea 4
	A.8.6.	Patios talleres (Santa Anita y Bocanegra)
	A.9.	<p>Apéndice 1: Planos</p> <p><b>PATIOS TALLERES Y POZOS DE VENTILACIÓN Y/O SALIDAS DE EMERGENCIA</b></p> <p>A.9.1. Memoria descriptiva general</p> <p>A.9.2. Diseño funcional y dimensionamiento de los patios taller</p> <p>Apéndice 1: Equipos</p> <p>Apéndice 2: Planos generales</p>
TOMO 15	A.9.3	<p>Arquitectura de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o salidas de emergencia</p> <p>A.9.3.1. Arquitectura de los Patios Taller.</p> <p>Apéndice 1: Planos</p> <p>A.9.3.2. Arquitectura de los Pozos de ventilación y salidas de emergencia</p> <p>Apéndice 1: Planos definición geométrica</p>
	A.9.4	<p>Estructuras de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia</p> <p>A.9.4.1. Estructuras de los Patios Taller.</p> <p>Apéndice 1: Planos de edificios y nave taller</p> <p>A.9.4.2. Estructuras de los Pozos de ventilación y emergencia</p> <p>Apéndice 1: Planos de estructuras y procedimientos constructivos</p>
	A.9.5	<p>Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes</p> <p>A.9.5.1. Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Patios taller</p> <p>A.9.5.2. Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Pozos</p> <p>Apéndice 1: Pozos laterales sin presencia de nivel freático</p> <p>Apéndice 2: Pozos cenitales sin presencia de nivel freático</p> <p>Apéndice 3: Pozo cenital tramo túnel TMB en presencia de nivel freático</p>
	A.9.6.	<p>Esquema ferroviario y Diseño de la superestructura de vía férrea, alimentación eléctrica y señalización de los Patios talleres</p> <p>A.9.6.1. Esquema ferroviario y superestructura de vía de los patios talleres</p>

INDICE GENERAL  
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO
TOMO 16	<p>A.9.6.2. Esquema alimentación eléctrica de los patios talleres.</p> <p>A.9.6.3. Esquema ferroviario y Señalización de los patios talleres.</p> <p>A.9.7. Instalaciones no ferroviarias de patios taller y pozos de ventilación y emergencia</p> <p>A.10. DESVÍOS</p> <p>Apéndice 1: Planos macrodesvíos</p>
	<p><b>B</b></p> <p><b>B1</b></p> <p><b>DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES</b></p> <p>Equipos y materiales para el proyecto, las obras civiles y el equipamiento</p> <p><u>Equipos</u></p> <p>B.1.a.1 Selección de procedencia y tecnología</p> <p>B.1.a.2 Seguridad, oportunidad y optimización</p> <p>B.1.a.3 Gestiones y ruta crítica</p> <p>Gestiones. Transporte a pie de obra</p> <p>Gestiones. Importación</p> <p>Gestiones. Requerimientos de montaje y desmontaje</p> <p>Ruta crítica.Cronograma de suministro</p> <p><u>Materiales</u></p> <p>B.1.b.1 Selección de procedencia y tecnología</p> <p>B.1.b.2 Seguridad, oportunidad y optimización</p> <p>B.1.b.3 Gestiones y ruta crítica</p> <p>Gestiones. Transporte a pie de obra</p> <p>Gestiones. Importación</p> <p>Gestiones. Acopios</p> <p>Ruta crítica.Cronograma de suministro</p>
TOMO 17	<p><b>C</b></p> <p><b>DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DE SISTEMA Y DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO</b></p> <p>C.1</p> <p>C.1.1. INSTALACIONES FERROVIARIAS</p> <p>Diseño, suministro e instalación de la superestructura de vía</p> <p>Apéndice 1: Planos</p> <p>C.1.2. Instalaciones ferroviarias</p> <p><u>Diseño</u></p> <p>C.1.2.1 Señalización y control</p> <p>C.1.2.2 Puertas de andén</p> <p>C.1.2.3 Mando y control centralizado</p> <p>C.1.2.3.1 SCADA-DWH</p> <p>C.1.2.3.2 IWS</p> <p>C.1.2.3.3 Service Availability</p> <p>C.1.2.4 Control de pasajeros</p> <p>C.1.2.5 Sistema de Alimentación</p> <p>C.1.2.6 Sistema de tracción eléctrica</p> <p>C.1.2.7 Sistemas de telecomunicaciones</p> <p>C.1.2.7.1 Subsistema de Radiocomunicaciones (radio tierra-tren)</p> <p>C.1.2.7.2 Subsistema de Video Vigilancia</p> <p>C.1.2.7.3 Subsistema de Relojería</p> <p>C.1.2.7.4 Subsistema de Paneles de Indicación (SPI)</p> <p>C.1.2.7.5 Subsistema de Difusión Sonora</p> <p>C.1.2.7.6 Subsistema de Comunicación Primaria</p> <p>C.1.2.7.7 Subsistema de Telefonía Automática de Servicio</p> <p>C.1.2.7.8 Subsistema de Telefonía de Emergencia y de Interfonía</p> <p>C.1.2.7.9 Subsistema Data Communication System (DCS)</p> <p>C.1.2.7.10 Subsistema Integrated Communication Control System (ICCS)</p> <p>C.1.2.7.11 Fleet Date Collector</p> <p>C.1.2.7.12 Subsistema de a bordo</p> <p>C.1.2.8 Puesto Central de comando y control</p> <p>C.1.2.9 PLAN PRELIMINAR OE RAMS DEL SISTEMA</p> <p><u>Suministro e instalación</u></p> <p>C.1.2.10 Suministro e instalación</p>
TOMO 18	<p>C.2</p> <p>C.2.1. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS</p> <p>Diseño de las instalaciones no ferroviarias</p> <p>Apéndice 1: Cálculos</p>
TOMO 19	Apéndice 1: Cálculos
TOMO 20	Apéndice 1: Cálculos
TOMO 21	Apéndice 1: Cálculos
TOMO 22	Apéndice 2: Planos



INDICE GENERAL  
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO	CONTENIDO	
TOMO 23	C.2.2.	Suministro e instalación
	D	DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DEL MATERIAL RODANTE
	01	DISEÑO, FABRICACIÓN, PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FABRICA, TRANSPORTE, ENSAMBLE Y ACOPLÉ, PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA E INTEGRACIÓN DEL MATERIAL RODANTE
	D.1.1.	Configuración del tren
	D.1.2.	Vida útil de los trenes y ciclos de servicio.
	D.1.3.	Gálbo
	D.1.4.	Capacidad de transporte del tren
	D.1.5.	Características de los trenes
	D.1.6.	Prestaciones de los trenes
	D.1.7.	Sistema de diagnóstico y transmisión de fallas de los trenes al Puesto Central de Operaciones. Sistema de señalización y comunicación
	D.1.8.	Salidas de emergencia del tren
	D.1.9.	Composición estructural de las cajas
D.1.10.	Cronograma de suministro del Material Rodante para Primera Etapa A, Primera Etapa B y Segunda Etapa del Proyecto	
D.1.11.	Design Book	
TOMO 24	E	METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO
	E.1.	METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES, PROVISION DE MATERIAL RODANTE, DE LA OPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL CONTRATO Y RELACIÓN DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS Y CRÍTICOS
	E.1.a	Memoria descriptiva
	E.1.a.1	Plan de construcción de las obras civiles Metodología constructiva de las obras civiles Informe técnico del procedimiento de construcción de túneles Metodología constructiva con tuneladora Estrategia del uso de tuneladoras.Planta de dovelas
	E.1.a.2	Relación de repuestos estratégicos y críticos
	E.1.b	Procedimiento de construcción para los túneles y la planta de dovelas
	E.1.c	Listado de equipos y herramientas especiales
	E.1.d	Diagrama espacio-tiempo del desarrollo del proyecto
	E.2	RELACIÓN DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS Y CRÍTICOS
	E.3	LA PROVISIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y OPERACIÓN
TOMO 25	F	ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO EN LAS DISTINTAS FASES DEL PROYECTO
	F.1.	Organización del equipo de trabajo en las distintas fases del proyecto
	G	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS
	G.1.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS
	H	PROPUESTA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO
	H.1	PROPUESTA DEL MODELO DE EXPLOTACIÓN POR BUCLES
	H.2	TIEMPO DE VIAJE PROPUESTO
	H.3	CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL SISTEMA EN PASAJEROS POR HORA POR DIRECCIÓN
	H.4	FRECUENCIAS DE SERVICIO
	H.5	PROPUESTA DE NIVELES DE SERVICIO POR CADA ETAPA
	H.6	FLEXIBILIDAD EN LA OPERACIÓN
	H.7	PLAN DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL
	H.8	PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL DE LA CONCESIÓN
	H.9	DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN LA OPERACIÓN
	H.10	PLAN DE EXPLOTACIÓN (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO), DE SEGURIDAD Y CONTINGENCIAS.
H.11	PLAN DE DESARROLLO COMERCIAL DE LAS ESTACIONES Y TRENES	
I	PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y DEL MATERIAL RODANTE	
I.1	ESTÁNDARES Y NORMAS TÉCNICAS A SER ADOPTADAS	
I.2	INDICADORES DE MANTENIMIENTO	
I.3	TIPDS DE INTERVENCIÓN POR CADA SUBSISTEMA	
I.4	EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES REQUERIDAS PARA EL MANTENIMIENTO	
I.5	TECNOLOGÍA APLICABLE	
I.6	AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE LA INTERFACE RUEDA - RIEL IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA. DIAGNÓSTICO COMPUTARIZADO DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA FÉRREA Y CATENARIA.	
I.7	PERSONAL REQUERIDO	
I.8	LISTADO DE EQUIPOS FIJOS Y MÓVILES	



000597



**INDICE GENERAL**  
**DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA**


<b>TOMO</b>	<b>CONTENIDO</b>			
	i.9	OTROS QUE SE CONSIDERARAN APLICABLES		
TOMO 26	J	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		
	J.1.	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		
	J.1.1.	Plan General de Calidad. Apéndice 1. Certificados de Calidad		
	J.1.2.	Plan de Calidad de Diseño		
	J.1.3.	Plan de Calidad durante la ejecución de las obras		
	J.1.4.	Plan de Calidad de la Tecnología del Sistema y de Equipamientos Civiles		
	J.1.5.	Plan de Calidad del Material Rodante		
J.1.6.	Plan de Calidad en Explotación			
	J.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CONTENIDO DEL MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD		
TOMO 27	K	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y SALUD		
	K.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE		
	K.1.1.	Gestión Ambiental		
	K.1.1.1	Gestión Ambiental Diseño y Construcción Apéndice 1: Identificación y evaluación del cumplimiento legal. Apéndice 2: Matrices ambientales Apéndice 3: Fichas ambientales Apéndice 4: Cartas dirigidas al grupo de interés Apéndice 5: Plan de gestión de residuos Apéndice 6: Planes de emergencia medioambientales Apéndice 7: Informe de evaluación arqueológica Subapéndice 7.1: Procedimientos administrativos Subapéndice 7.2: Fichas de evacuación arqueológica Subapéndice 7.3: Fichas técnicas de registro Subapéndice 7.4 : Fichas técnicas de hallazgos Apéndice 8: Planos de gestión ambiental Apéndice 9: Planos arqueología		
		K.1.1.2	Gestión Ambiental Explotación Apéndice 1: Certificados de Gestión Ambiental	
		K.1.2.	Plan de Seguridad y Salud	
		K.1.2.1	Plan de Seguridad y Salud de diseño y construcción Apéndice 1: Fichas de inspección	
		K.1.2.2	Plan de Seguridad y Salud en Explotación Apéndice 1: Certificados de Seguridad y Salud	
	TOMO 28		K.1.1.2	Gestión Ambiental Explotación Apéndice 1: Certificados de Gestión Ambiental
			K.1.2.	Plan de Seguridad y Salud
		K.1.2.1	Plan de Seguridad y Salud de diseño y construcción Apéndice 1: Fichas de inspección	
		K.1.2.2	Plan de Seguridad y Salud en Explotación Apéndice 1: Certificados de Seguridad y Salud	
TOMO 29	L	PROTOCOLOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS		
	L.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS PROTOCOLOS PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS		
	M	MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y MATERIAL RODANTE		
	M.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.		
	M.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MATERIAL RODANTE		
	N	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE HITOS (OBRAS Y MATERIAL RODANTE)		

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**INDICE GENERAL**  
**DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA**

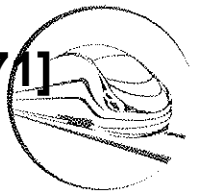
TOMO	CONTENIDO	
	N.1.	HITOS DE OBRAS POR ETAPAS
	N.2.	HITOS DE PROVISIÓN DE MATERIAL RODANTE POR ETAPAS
TOMO 30	O	<b>INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b>
	O.1.	<b>ESTUDIOS BÁSICOS</b>
	O.1.1.	<b>Topografía de detalle</b> Apéndice 1: Planos
	O.1.2.	<b>Estudio geotécnico</b> Apéndice 1: Registro de sondeos mecánicos Apéndice 2: Registro de calicata Apéndice 3: Registro de la investigación geofísica Apéndice 4 Ensayos de laboratorio
TOMO 31	O.1.3.	Apéndice 4 Ensayos de laboratorio Apéndice 5: Planos <b>Análisis de riesgo sísmico</b> Apéndice 1: Mapa neotectónico del Perú Apéndice 2: Curvas de probabilidad de ocurrencia para aceleración espectral T=0 s. Apéndice 3: Espectros de peligro uniforme Apéndice 4: Espectros de diseño sísmico
	O.1.4.	<b>Estudio de desvíos de tráfico</b> Apéndice 1: Planos
	O.1.5.	<b>Estudio de interferencias</b> Apéndice 1: Planos
	O.2.	<b>GEOMETRIA (Trazado)</b>
	O.2.1.	<b>Trazado de las vías</b> Apéndice 1: Planos
TOMO 32	O.3	<b>TÚNELES</b>
	O.3.1.	<b>Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos</b>
	O.3.2.	<b>Diseño de las secciones tipo de túnel</b> Apéndice 1. Modelización numérica (flac3d) revestimiento primario. Apéndice 2. Obtención de los esfuerzos en el revestimiento por métodos analíticos. Apéndice 3. Modelización numérica (phase2d) revestimiento definitivo. Apéndice 4. Dimensionamiento revestimiento definitivo del túnel de línea Apéndice 5. Cálculos de daños a estructuras sensibles. Apéndice 6. Cálculos de la cubeta de subsidencias. Apéndice 7. Planos
	O.3.3	<b>Diseño de la conexión subterránea con Patio Santa Anita (Ramal a Talleres)</b> Apéndice 1: Cálculos de ramales Santa Anita Apéndice 2: Planos
	O.3.4.	<b>Pozos de ataque (ventilación)</b> Apéndice 1: Planos
	O.4	<b>ESTACIONES</b>
	O.4.1.	<b>Memoria descriptiva de las estaciones</b> Apéndice 1. Planos
	O.4.2.	<b>Arquitectura de estaciones</b>
O.4.3.	<b>Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes.</b> Apéndice 1. Cálculos de evacuación Apéndice 2: Planos Apéndice 3: Simulaciones de flujo en estación	
TOMO 33	O.4.4.	<b>Estructuras</b> Apéndice 1. Memoria de cálculo estructural. Estación de Evitamiento
TOMO 34		Apéndice 2. Memoria de cálculo estructural. Estación Ovalo Santa Anita Apéndice 3. Planos
TOMO 35	O.5.	<b>PATIO TALLER SANTA ANITA</b>
	O.5.1.	<b>Memoria descriptiva del Patio de Santa Anita. Descripción funcional</b> Apéndice 1: Planos
	O.5.2	<b>Excavaciones y muros de contención. Estructuras</b> Apéndice 1: Planos
	O.5.3.	<b>Arquitectura del Patio Taller Santa Anita</b> Apéndice 1: Planos
	O.5.4	<b>Plan de movimiento de tierras</b>
	O.6	<b>CRONOGRAMA</b>
	O.6.1.	<b>Cronograma detallado Primera Etapa A</b>


**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
 REPRESENTANTE LEGAL

[970]

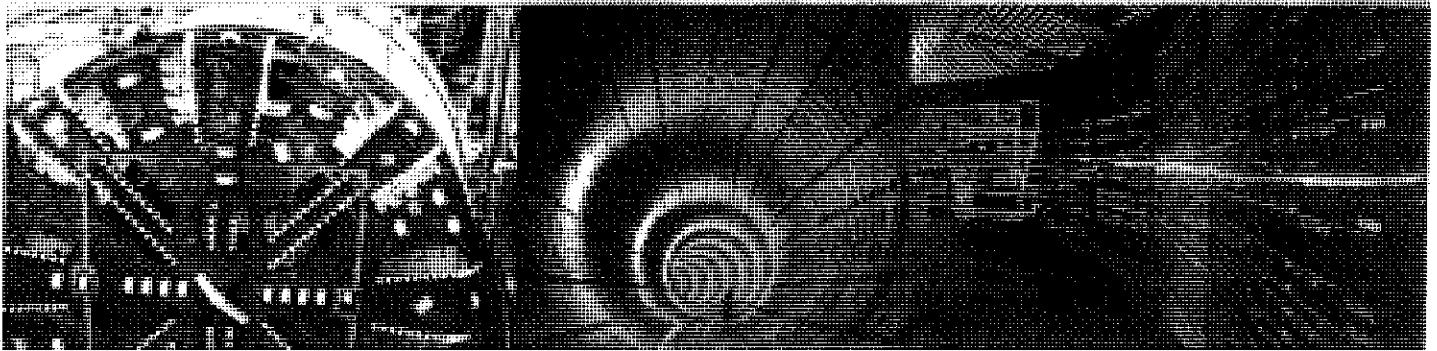
RESEARCH AND TECHNICAL CENTER  
GENERAL INVESTIGATIVE DIVISION  
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION  
U. S. DEPARTMENT OF JUSTICE

A4



000599

## A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT – AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"





000600

<b>A.4</b>	<b>A) DISEÑO DE INGENIERÍA</b>
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

## A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO

<b>0</b>	<b>Detalle del contenido mínimo del documento.....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Introducción y objeto.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Trabajos realizados.....</b>	<b>8</b>
2.1	Trabajos disponibles correspondientes a campañas precedentes.....	8
2.2	Campaña geotécnica complementaria realizada.....	9
2.2.1	Fundamento teórico y metodología seguida.....	9
2.2.2	Ensayos de laboratorio.....	22
2.3	Campaña realizada por Proinversión para la Primera Etapa A.....	25
2.4	Campaña realizada por Proinversión "Prioridad 2".....	31
<b>3</b>	<b>Geología.....</b>	<b>35</b>
3.1	Encuadre geológico regional.....	35
3.2	Geología de la zona de estudio.....	37
3.3	Litoestratigrafía.....	37
3.4	Tectónica y sismicidad.....	40
3.4.1	Zonificación Tectónica.....	42
3.4.2	Sismicidad y peligro sísmico.....	45
3.4.3	Evaluación de la Peligrosidad Sísmica.....	50
3.5	Geomorfología.....	53
3.5.1	Conos deyectivos.....	53
3.5.2	Valles y quebradas.....	53
3.5.3	Estribaciones de la Cordillera Occidental.....	53
<b>4</b>	<b>Hidrogeología.....</b>	<b>54</b>
4.1	Encuadre hidrogeológico.....	54
4.2	Datos de la campaña geotécnica complementaria.....	56
4.2.1	Niveles freáticos.....	56
4.2.2	Permeabilidad.....	56
4.2.3	Quimismo del agua freática.....	58
<b>5</b>	<b>Geotecnia.....</b>	<b>60</b>
5.1	Metodología del tratamiento geoestadístico.....	60
5.2	Metodología de análisis geotécnico.....	62
5.3	Caracterización de las unidades geotécnicas.....	64
5.3.1	Rellenos antrópicos; R.....	64
5.3.2	Arcillas y limos de baja a media plasticidad; CL/CM.....	64
5.3.3	Arenas limosas; SM.....	74
5.3.4	Gravas pobremente gradadas, GP-S.....	81
5.3.5	Sustrato rocoso diorítico; D.....	117
5.4	Parámetros geotécnicos de cálculo.....	119
5.5	Geotecnia de los patios de maniobras.....	120
5.5.1	Reconocimientos geotécnicos disponibles.....	120
5.5.2	Condiciones de cimentación.....	120

<b>6</b>	<b>Condicionantes geotécnicos para la selección del tipo de tuneladora.....</b>	<b>124</b>
6.1	Cráterios de selección de las tuneladoras para suelos .....	124
6.2	Posibles condiciones de frente mixto y presencia de agua .....	128
6.3	Cálculo de la estabilidad en el frente .....	128
6.3.1	Introducción.....	128
6.3.2	Caso de hidroescudos con presión de lodos.....	129
6.3.3	Caso de tuneladoras tipo EPB.....	132
6.3.4	Análisis de resultados.....	137
6.4	Conclusiones y recomendaciones .....	137
7	Descripción general del trazado. Aspectos relevantes. ....	139
8	Conclusiones y recomendaciones.....	143
9	Bibliografía .....	144

**APÉNDICES**

000603

APÉNDICE 1 REGISTROS DE SONDEOS MECÁNICOS.

APÉNDICE 2 REGISTROS DE CALICATAS.

APÉNDICE 3 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD IN SITU.

APÉNDICE 4 REGISTROS DE LA INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.

APÉNDICE 5 ENSAYOS DE LABORATORIO.

APÉNDICE 6 CÁLCULOS ANALÍTICOS DE ESTABILIDAD EN EL FRENTE.

APÉNDICE 6.1 CÁLCULOS ANALÍTICOS SEGÚN EL MÉTODO DE HORN & TERZAGHI PARA EL CASO DE HIDROESCUDO CON PRESIÓN DE LODOS.

APÉNDICE 6.2 CÁLCULOS ANALÍTICOS SEGÚN EL MÉTODO DE ANAGNOSTOU & KOVARI PARA EL CASO DE TUNELADORA EPB.

APÉNDICE 7 PLANOS

APÉNDICE 7.1 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA. PERFIL ESTRATIGRÁFICO LÍNEA 2 PLOC-GEO-GEN-PE-L2.

APÉNDICE 7.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA. PERFIL ESTRATIGRÁFICO LÍNEA 4. PLOC-GEO-GEN-PE-L4.

APÉNDICE 7.3 LÍNEA 2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA. PERFIL. PLOC-GEO-GEN-LO-L2.

APÉNDICE 7.4 LÍNEA 4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA. PERFIL. PLOC-GEO-GEN-LO-L4.

APÉNDICE 7.5 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA. PLANTA CON UBICACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES. PLOC-GEO-GEN-PL.

APÉNDICE 7.6 LÍNEA 2. PERFILES GEOTÉCNICOS DE ESTACIONES. PLOC-GEO-GEN-EST-L2.

APÉNDICE 7.7 LÍNEA 4. PERFILES GEOTÉCNICOS DE ESTACIONES. PLOC-GEO-GEN-EST-L4.

0 DETALLE DEL CONTENIDO MÍNIMO DEL DOCUMENTO

000604

El objetivo principal de la Geología y Geotecnia del proyecto ha consistido en definir la distribución geológica de los materiales del sustrato y caracterizar desde el punto de vista geotécnico los materiales presentes a lo largo del trazado. Para ello se ha llevado a cabo una campaña geotécnica complementaria por parte del Consorcio, además de los reconocimientos realizados en estudios anteriores y a las campañas de investigación realizadas por Proinversión (Primera Etapa y Prioridad 2).

Considerando la información aportada por los registros de campo y ensayos in situ y de laboratorio, se ha realizado un análisis de las características geotécnicas e hidrogeológicas de los materiales del sustrato afectado por el Metro de Lima y Callao. Apartado 5, página 60.

En la campaña geotécnica complementaria desarrollada por el Consorcio, se han realizado un total de 16 sondeos mecánicos que suman 576,69 ml de perforación, 7 calicatas manuales de entre 5 y 10 m de profundidad (además de las 16 calicatas realizadas previamente a los sondeos mecánicos para detección de servicios) y 16 perfiles de sísmica, que incluyen líneas sísmicas de refracción con longitud de entre 70 y 140 m y perfiles de sísmica pasiva MASW. Apartado 2.2, página 9.

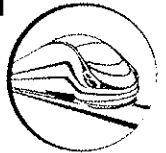
Los trazados en estudio de la "Línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao" afectarán mayoritariamente a los materiales granulares gruesos que constituyen el *Aglomerado de Lima*. Estos depósitos cuaternarios aluviales del cono defectivo del río Rimac se encuentran formados por cantos rodados (gravas subredondeadas de naturaleza ígnea y volcánica), arenas y, en menor medida, arcillas y limos, dispuestos de forma desordenada. Superpuestos a estos materiales se encuentran los depósitos de terraza más modernos del río Rimac, los cuales aparecen con las mismas granulometrías pero con un mayor orden interno. Sobre estos materiales groseros se encuentran niveles métricos de arcillas y limos, sin gravas, con relativa plasticidad y poco consistentes. Superficialmente se pueden encontrar rellenos de origen antrópico contaminado de espesor variable entre 1 y 5 m.

Bajo los materiales del Cuaternario se encuentran formaciones correspondientes a la cuenca sedimentaria de Lima, con edades del Jurásico al Cretácico Superior. Posteriormente se emplazaron los materiales magmáticos del grupo Casma, la intrusión del Batolito de la Costa y diques andesíticos asociados a los dos últimos episodios. Así pues, *entre los pp.kk. 18+240-18+630 y 26+460 del trazado de la línea 2, se ha reconocido el basamento rocoso, habiendo detectado rocas ígneas de tipo plutónicas (dioritas y tonalitas) que pudieran corresponder al Batolito de la Costa, anteriormente citado.* Apartado 4.2.1, página 56.

Un aspecto destacable es la existencia de niveles freáticos en los trazados previstos, habiendo podido considerar la existencia de un nivel o napa freática en el inicio de la línea 2 (pp.kk. 0+000 – 5+200) y en la totalidad de la línea 4 (pp.kk. 0+000 – 7+643). El nivel freático se encuentra relacionado con la conexión hidráulica de la línea de costa y la pérdida del río Rimac, habiéndose representado la napa freática en los perfiles estratigráficos y geotécnicos elaborados, e incluidos en los Apéndices 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4, del presente documento.

Dado que Perú en una de las zonas sísmicas más activas del mundo se ha elaborado un estudio sismotectónico, cuyo objeto es determinar los parámetros sísmicos en la zona de implantación de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, con objeto de determinar los parámetros sismotectónicos a aplicar en la zona de actuación, y especialmente en las obras a proyectar. Este estudio se basa en la determinación de la peligrosidad sísmica, la cual se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo establecido.

Según el estudio determinista se ha estimado una aceleración pico máxima de 0,40g.



#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

Los métodos probabilistas consideran los efectos de todos los terremotos que pueden afectar a un emplazamiento dado y tienen en cuenta las leyes de recurrencia de los mismos. A partir de este análisis se han determinado, una aceleraciones promedios máximas de 0'32, 0'42, 0'51 y 0'64g para los periodos de retorno de 200, 475, 1.000 y 2.500 años respectivamente.

Zonas de estudio		Perfil de suelo	Factor Fa	Aceleración horizontal máxima (g) para periodos de retorno			
				200	475	1.000	2.500
Pto 1 Inicio L2	P.K. 1+800 L2	C	1,00	0,33	0,430	0,526	0,659
Pto 2 Inicio L4	P.K. 1+150 L4	C	1,00	0,326	0,423	0,517	0,655
Pto 3 Centro histórico	P.K. 11+700 L2	C	1,00	0,321	0,417	0,509	0,643
Pto. 4 Etapa 1A	P.K. 19+500 L2	C	1,00	0,314	0,409	0,499	0,634
Pto 5 Final L2	P.K. 25+500 L2.	C	1,00	0,309	0,402	0,489	0,619

**Tabla 0.1. Aceleraciones máximas para los distintos emplazamientos analizados y los periodos de retorno considerados.**

Se ha realizado la interpretación de los estudios geofísicos existentes en las diferentes campañas geotécnicas que además de permitir diferenciar los distintos materiales representados en el perfil geológico-geotécnico longitudinal elaborado, han sido utilizados para la determinación de los módulos de deformación estáticos, a partir de los dinámicos deducidos de las velocidades de corte ( $V_s$ ), y para la caracterización del tipo de terreno (según AASTHO) a partir del cual se han realizado los análisis de amplificación sísmica para la determinación de la aceleración sísmica de cálculo mediante el método probabilista. Apartados 2.2.1.4, 3.4.3 y 5.3.4 (páginas 22, 50 y 101, respectivamente).

En la zona de estudio se han reconocido y diferenciado seis Unidades Geotécnicas:

- Rellenos antrópicos (R). Mezcla de suelos poco compactos y contaminados.
- CL/ML. Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad y limos inorgánicos de baja plasticidad.
- SM. Arenas limosas.
- GP-S. Gravas pobremente gradad con arena, arcilla y limo.
- D. Roca del sustrato (Dioritas, tonalitas y rocas filonianas).

La distribución de estas unidades se incluye en los planos correspondientes elaborados, que corresponden a los perfiles geotécnicos longitudinales elaborados.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones geotécnicas y geofísicas, y la caracterización geotécnica de los materiales se incluye en la **Tabla 0.2**.

Unidad geotécnica (síntesis)	$\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	W (%)	% Pasa tamiz # 0,075 mm	LL (%)	IP (%)	Clasif. U.S.C.S.	c' (KPa)	$\phi$ (°)	$V_s$ (m/s)	$E_{max}$ (MPa)	E estático (MPa)	$\nu$
IR	RELLENOS	16,7	10,7	25	0	SM 25%; GP 25%; GC 13%; ML 13%; CL 13%	0	28	200	174	17	0,3
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	17,38	23,7	80	35,5	ML 42%; CL 37%; MH 19%	8	26	260 (200-600)	161	23	0,25
SM	ARENA	16,95	9,1	34	0	SM 54%; SM-SP 11%; SP 11%; SC 7%; ML 7%; GM-GP 4%	5	30	200	176	35	0,3
GP-S	GRAVA	20	3,8	0	0	GP 76%; GW 9%	15	34	400 (150-650)	208	42	0,3
GP-S	GRAVA	22	3,3	0	0	GP 81%; GM-GP 8%; GW 4%; GM 4%	32	39	750 (400-1050)	915	183	0,3

**Tabla 0.2. Parámetros geotécnicos propuestos para el cálculo.**

Desde el punto de vista deformacional, y centrándose en la grava de Lima, puede decirse que la sísmica pasiva efectuada avalan los valores de módulo de deformación considerados.



**1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

El presente documento constituye el análisis de la campaña geotécnica complementaria de la "Línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao", así como la definición de la geología y la caracterización geotécnica para el desarrollo del proyecto de licitación de las obras previstas.

000606

El objetivo principal de este documento es definir la distribución geológica de los materiales del sustrato y caracterizar desde el punto de vista geotécnico estos materiales presentes a lo largo del trazado. Para ello se ha llevado a cabo una campaña geotécnica complementaria a los reconocimientos realizados en estudios anteriores. Dicha campaña de campo ha permitido la realización de ensayos de laboratorio sobre las muestras extraídas en las prospecciones mecánicas ejecutadas.

Los datos aportados por la investigación, registros de campo y ensayos de laboratorio, han sido interpretados minuciosamente al objeto de definir la naturaleza y caracterizar geotécnicamente todos los materiales reconocidos en el trazado en estudio. A partir de los registros de campo, y tras haberlos analizado y editado, se ha procedido a la elaboración de los perfiles geológico-geotécnicos longitudinales de las líneas 2 y ramal de la línea 4 en estudio.

Considerando la información aportada por los registros de campo y ensayos de permeabilidad efectuados en los sondeos mecánicos, además del seguimiento de los niveles freáticos detectados en las investigaciones de campo, se ha realizado un análisis de las características geotécnicas e hidrogeológicas de los materiales del sustrato afectado por las obras del Metro de Lima y Callao.

En los Apéndices del presente documento se incluyen la documentación utilizada para la elaboración del mismo, así como la representación mediante perfiles estratigráficos y geológico-geotécnicos longitudinales de los registros de las investigaciones efectuadas en la campaña geotécnica complementaria ejecutada por este Consorcio y las campañas adicionales llevadas a cabo por Proinversión en la Primera Etapa A y Prioridad 2.

### 2 TRABAJOS REALIZADOS

000607

A continuación se enumeran los estudios precedentes utilizados para la elaboración del presente informe, así como los trabajos llevados a cabo en la campaña geotécnica complementaria de la línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

#### 2.1 TRABAJOS DISPONIBLES CORRESPONDIENTES A CAMPAÑAS PRECEDENTES

Los estudios y trabajos preliminares disponibles de la línea 2 y ramal L4 del Metro de Lima han sido los siguientes:

- Estudios Básicos de Ingeniería para la Línea Este – Oeste del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao. Informe Final N° 3 – Tramo I. Estudios de Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia. Volumen III - Tomo 1. Estudio de Suelos, Canteras y Botadero. Redactado por ATA.
- Estudios Básicos de Ingeniería para la Línea Este – Oeste del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao. Informe Final N° 3 – Tramo I. Estudios de Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia. Volumen III – Tomo 2. Estudio Geológico, Geotécnico del Área del Proyecto. Redactado por ATA.
- Estudios Básicos de Ingeniería para la Línea Este – Oeste del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao. Informe Final N° 4 – Tramo II. Estudios de Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia. Volumen III - Tomo 1. Estudio de Suelos, Canteras y Botadero. Redactado por ATA.
- Estudios Básicos de Ingeniería para la Línea Este – Oeste del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao. Informe Final N° 4 – Tramo II. Estudios de Geología, Mecánica de Suelos y Geotecnia. Volumen III - Tomo 2. Estudio Geológico, Geotécnico del Área del Proyecto. Redactado por ATA.
- Estudios Básicos de Ingeniería para la Línea Este-Oeste del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, en los ejes viales: Junin – Grau – 9 de Diciembre – German Amezaga – Óscar R. Benavides – Elmer Faucett. Informe n° 2. Informe Final de los Estudios Básicos de Ingeniería del Tramo 2 (Av. Nicolás Ayllón – Plaza Bolognesi. Av. Venezuela – Guarcia Chalaca) y Tramo 3 (Av. Óscar R Benavides – Av. Néstor Gambeta). Volumen II – Parte 5: Estudios de Suelos, Geología y Geotecnia. Julio 2012. Redactado por Vera & Moreno, S.A.
- Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Línea 2 y Tramo de la Línea 4 del Metro de Lima. ANEXO 04 – INFORME GEOLOGICO Y GEOTECNICO. INFORME N°02. Redactado en octubre de 2012 por el Consorcio Geodata-Esan-Serconsult para Proinversión.
- Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: "Construcción de la Línea 2 y Ramal AV. Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao", Provincias de Lima y Callao, Región Lima. ANEXO 01 – INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO. 1.02.- Estudios de Suelos, Geológica, Geotécnicos, Hidrogeológicos y Geodinámica. INFORME N°04. Redactado en julio de 2.013 por el Consorcio Geodata-Esan-Serconsult para Proinversión.

En los apéndices de los estudios citados se incluyen los registros de sondeos mecánicos, calicatas manuales y las prospecciones geofísicas realizadas, así como los resultados de los ensayos de laboratorio llevados a cabo.



## 2.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA COMPLEMENTARIA REALIZADA.

En la **Tabla 1** mostrada a continuación se incluye la totalidad de los reconocimientos realizados, así como las principales características de los mismos. En los apéndices del presente documento se incluyen los registros de los sondeos mecánicos, ensayos de permeabilidad, calicatas manuales, sísmica y ensayos de laboratorio realizados.

Se han realizado un total de 16 sondeos mecánicos que suman 576,69 ml de perforación, 7 calicatas manuales de entre 5 y 10 m de profundidad (además de las 16 calicatas realizadas previamente a los sondeos mecánicos para detección de servicios) y 16 perfiles de sísmica, que incluyen líneas sísmicas de refracción con longitud de entre 70 y 140 m y perfiles de sísmica pasiva MASW.

En los cuadros de las prospecciones incluidos a continuación se indica, además de la situación de los mismos, la profundidad alcanzada y el objeto de cada investigación.

### 2.2.1 Fundamento teórico y metodología seguida

La investigación de campo efectuada incluye sondeos mecánicos, calicatas manuales y una campaña geofísica que comprende, por un lado, perfiles sísmicos de refracción, y por otro, ensayos MASW a lo largo del trazado previsto.

Se describe a continuación la metodología empleada en cada caso.

#### 2.2.1.1 Sondeos mecánicos a rotación

Los sondeos mecánicos a rotación son perforaciones de pequeño diámetro, generalmente entre 65 y 140 mm que permiten reconocer la naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración estándar con cuchara bipartida y extracción de muestras alteradas e inalteradas.

Las perforaciones se realizan con una sonda de avance hidráulico montada sobre camión, patines o con motricidad autónoma (según las necesidades y características del estudio) dotada de castillete o torre de sondeo y bomba de lodos.

El testigo reconocido se aloja en un tubo testigo hueco, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona de widia o diamante que va realizando la perforación. Al extremo superior del tubo va enroscado el varillaje, generalmente de 42 o 50 mm (hueco), para permitir que pase el agua proveniente de la bomba. Durante la ejecución del sondeo, y si el terreno sufre desprendimientos, se procede a la entubación del sondeo con la tubería de revestimiento, polímeros o bien se utilizan lodos bentoníticos que mantienen las paredes sin desmoronamiento.

Los testigos obtenidos en los sondeos se colocan en cajas adecuadas, quedando éstas debidamente almacenadas para cualquier comprobación posterior. Al término de la perforación se colocó tubería piezométrica ranurada de PVC con tapa de protección en todos los sondeos, al objeto de realizar medidas del nivel freático existente durante todo el periodo que duró la campaña geotécnica.

En la **Tabla 2**, mostrada a continuación, se incluyen los sondeos mecánicos realizados en la campaña geotécnica complementaria.

Los registros de los sondeos mecánicos perforados se incluyen en el **Apéndice 1** del presente documento.

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



PROSPECCIÓN	LÍNEA	P.K.	COORDENADAS UTM Huso 18L			PROF. (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN	OBJETO
			X	Y	Z			
S-1		0+256	267.090,10	8.666.782,71	4,0	31,5	Estación Puerto Callao	Investigación nivel freático
C-1		1+785	268.420,01	8.666.047,98	13,2	5,0	Avd. Guardia Chalaca	Caracterización limos orgánicos
PS-1 INICIO		1+775	268.411,00	8.666.028,00	-			
PS-1 FIN		1+915	268.547,00	8.666.048,00	-	20-30	Avd. Guardia Chalaca	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-1		1+810	268.444,00	8.666.034,00	-			
S-2		1+933	268.567,67	8.666.030,44	14,2	32,6	Estación Buenos Aires	Investigación nivel freático
C-2		2+487	269.118,00	8.666.100,00	20,2	10,2	Av. Óscar R. Benavides	Caracterización rellenos antrópicos y arcillas
PS-2 INICIO		3+977	270.703,00	8.666.464,00	-			
PS-2 FIN		4+117	270.575,00	8.666.439,00	-	20-30	Estación Insurgentes	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-2		4+076	270.668,00	8.666.458,00	-			
C-3	2	4+414	271.000,17	8.666.519,78	40,6	10,0	Av. Óscar R. Benavides	Caracterización suelos arenosos y gravas
C-4		5+148	271.721,37	8.666.653,35	47,7	10,0	Estación San José	Caracterización gravas
S-3		8+710	274.887,91	8.666.187,32	92,9	32,0	Estación La Alborada	Estación sin reconocer
PS-3 INICIO		9+488	275.779,00	8.666.406,00	-			
PS-3 FIN		9+628	275.644,00	8.666.378,00	-	20-30	Estación Tingo María	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-3		9+593	275.745,00	8.666.396,00	-			
PS-4 INICIO		11+830	277.915,00	8.665.868,00	-			
PS-4 FIN		11+900	277.983,00	8.665.967,50	-	20-30	Estación Central	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-4		11+866	277.949,00	8.665.972,00	-			
S-4		12+023	278.104,00	8.665.991,00	135,2	31,0	Estación Central	Estación sin reconocer
S-5		15+730	281.589,00	8.665.896,00	177,3	31,2	Estación Nicolás Ayllón	Investigación sustrato rocoso



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



PROSPECCIÓN	LÍNEA	P.K.	COORDENADAS UTM Huso 18L			PROF. (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN	OBJETO
			X	Y	Z			
PS-5 INICIO		15+850	281.703,00	8.665.850,00	-	20-30	Estación Nicolás Ayllón	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
PS-5 FIN		15+920	281.758,00	8.665.808,00	-			
MASW-5		15+885	281.730,00	8.665.829,00	-			
S-6		16+594	282.400,70	8.665.598,26	186,4	32,0	Estación Circunvalación	Investigación sustrato rocoso
PS-6 INICIO		17+265	283.069,00	8.665.567,00	-			
PS-6 FIN		17+335	283.136,00	8.665.555,00	-	20-30	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central (PV18)	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-6		17+298	283.102,00	8.665.561,00	-			
PS-6 INICIO		17+505	283.313,00	8.665.541,00	-			
PS-6 FIN		17+575	283.383,00	8.665.537,00	-	20-30	Estación Nicolás Arriola	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-6'		17+546	283.347,00	8.665.539,00	-			
S-7	2	18+446	284.225,00	8.665.704,00	219,4	32,0	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central	Investigación sustrato rocoso
PS-7 INICIO		18+810	284.549,00	8.665.876,00	-			
PS-7 FIN		18+880	284.602,00	8.665.919,00	-	20-30	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central (PE1)	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-7		18+846	284.575,00	8.665.897,00	-			
S-8		18+930	284.623,00	8.665.977,00	226,6	40,0	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central	Investigación sustrato rocoso
C-5		19+368	285.025,00	8.666.155,00	233,0	10,0	Estación Evitamiento	Caracterización gravas
S-9		21+436	286.914,36	8.666.994,71	266,2	31,1	Estación Colectora Industrial	Estación sin reconocer
PS-8 INICIO		21+600	287.066,00	8.667.060,00	-			
PS-8 FIN		21+670	287.130,00	8.667.087,00	-	20-30	Estación Colectora Industrial	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-8'		21+632	287.097,00	8.667.072,00	-			

[982]

000610



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



PROSPECCIÓN	LÍNEA	P.K.	COORDENADAS UTM Huso 18L			PROF. (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN	OBJETO
			X	Y	Z			
PS-8 INICIO		22+830	288.218,00	8.667.499,00	-			
PS-8 FIN		22+900	288.279,00	8.667.530,00	-	20-30	Estación La Cultura	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-8		22+866	288.248,00	8.667.514,00	-			
S-10		25+712	290.382,62	8.669.297,00	339,0	44,1	Estación Pral. Javier Prado	Estación sin reconocer
S-11		26+388	290.845,00	8.669.786,00	352,0	42,5	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central	Investigación sustrato rocoso
PS-9' INICIO		25+625	290.330,00	8.669.255,00	-			
PS-9' FIN	2	25+695	290.376,00	8.669.307,00	-	20-30	Estación Prolongación Javier Prado	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-9'		25+675	290.353,00	8.669.281,00	-			
PS-9 INICIO		26+090	290.619,00	8.669.579,00	-			
PS-9 FIN		26+160	290.671,00	8.669.623,00	-	20-30	Av. Carretera Central (PV26)	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-9		26+125	290.645,00	8.669.601,00	-			
S-12		26+760	291.199,00	8.669.907,00	357,0	43,0	Estación Municipalidad de Ate	Investigación sustrato rocoso. Estación en caverna.
S-1		0+310	268.771,99	8.672.780,53	13,0	31,0	Estación Gambeta	Investigación nivel freático
PS-1 INICIO		2+030	269.978,00	8.671.602,00	-			
PS-1 FIN		2+100	269.918,00	8.671.726,00	-	20-30	Av. Elmer Faucett	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-1		2+070	269.963,00	8.671.633,00	-			
S-2		2+544	270.190,76	8.671.215,61	23,1	31,1	Estación Bocanegra	Investigación nivel freático
PS-2 INICIO	4	4+450	271.085,00	8.669.458,00	-			
PS-2 FIN		4+520	271.048,00	8.669.516,00	-	20-30	Estación El Olivar	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
MASW-2		4+485	271.066,00	8.669.487,00	-			
C-1		4+784	271.200,00	8.669.219,00	39,8	10,0	Av. Elmer Faucett	Caracterización gravas
S-3		5+412	271.410,45	8.668.630,95	44,5	31,0	Estación El Quilica	Investigación nivel freático
C-2		6+600	271.567,00	8.667.458,00	47,5	10,0	Av. Elmer Faucett	Caracterización rellenos antrópicos y arenas



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



PROSPECCIÓN	LÍNEA	P.K.	COORDENADAS UTM Huso 18L			PROF. (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN	OBJETO
			X	Y	Z			
PS-3 INICIO		7+130	271.597,00	8.666.866,00	-			
PS-3 FIN		7+200	271.589,00	8.666.924,00	-			
MASW-3		7+168	271.593,00	8.666.890,00	-	20-30	Av. Elmer Faucett	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
PS-3' INICIO	4	7+240	271.571,00	8.666.811,00	-			
PS-3' FIN		7+380	271.583,00	8.666.674,00	-			
MASW-3'		7+340	271.580,00	8.666.711,00	-	20-30	Estación Carmen de la Legua	Velocidad sísmica y módulos dinámicos
S-4		7+362	271.571,10	8.666.687,13	48,5	58,64	Estación Carmen de la Legua	Estación en caverna

Tabla 1: Principales características de los reconocimientos realizados en la campaña geotécnica complementaria.

000613

SONDEO	LÍNEA	P.K.	DIST. EJE	PROF. (m)	NIVEL FREÁTICO		ESTACIÓN / DIRECCIÓN
					PROF. (m)	FECHA	
S-1		0+256	5m D	31,5	3,12	28-10-13	Estación Puerto Callao
S-2		1+933	18m D	32,6	5,20	22-11-13	Estación Buenos Aires
S-3		8+710	27m D	32,0	-	15-09-13	Estación La Alborada
S-4		12+023	EJE	31,0	-	22-09-13	Estación Central
S-5		15+730	30m D	31,2	-	20-09-13	Estación Nicolás Ayllón
S-6		16+594	22m D	32,0	-	27-09-13	Estación Circunvalación
S-7	2	18+446	20m I	32,0	-	07-10-13	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central
S-8		18+930	20m I	42,0	-	01-10-13	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central
S-9		21+436	12m I	31,1	-	28-09-13	Estación Colectora Industrial
S-10		25+712	18m D	44,1	-	02-10-13	Estación Prol. Javier Prado
S-11		26+388	24m I	42,5	-	14-09-13	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central
S-12		26+760	12m D	43,0	14,70	25-10-13	Estación Municipalidad de Ate
S-1		0+310	18m I	31,0	3,43	22-10-13	Estación Gambeta
S-2	4	2+544	10m I	31,1	8,81	22-10-13	Estación Bocanegra
S-3		5+412	6m D	31,0	19,39	22-10-13	Estación El Quilca
S-4		7+362	28m D	58,64	23,78	29-11-13	Estación Carmen de la Legua

**Tabla 2: Sondeos mecánicos realizados en la campaña geotécnica complementaria.**

**2.2.1.2 Ensayos de penetración estándar**

Los ensayos de penetración estándar (SPT) se realizan por hinca a percusión de un toma-muestras de pared partida, de 51 mm de diámetro exterior, obteniéndose una muestra alterada del terreno. Este ensayo permite obtener una idea de la consistencia o compacidad del terreno a la cota a la que se ejecuta el ensayo, contando el número de golpes necesarios para hacer penetrar la cuchara del SPT en 3 tramos de 15 cm. Se obtiene el índice NSPT sumando los golpes obtenidos en los dos tramos de 15 cm. centrales. Estos ensayos se dan por terminados cuando el toma-muestras se ha introducido totalmente o cuando en cualquiera de los tramos de 15 cm. se ha requerido más de 50 golpes, lo que se denomina rechazo (R).

En la **Tabla 3** se muestra la clasificación de la compacidad o consistencia de los materiales en función del golpeo obtenido en el ensayo SPT.

Clasificación de Sanglerat (1967) y Hunt (1984)

Nº golpes/30cm	Cohesivos	Nº golpes/30cm	Granulares
0-2	Muy blanda	0-4	Muy suelta
3-5	Blanda	4-10	Suelta
6-15	Media	10-30	Media
16-25	Firme	30-50	Compacta
>25	Dura	>50	Muy compacta

**Tabla 3: Clasificación de la compacidad/consistencia en función del N<sub>SPT</sub>.**

La **Tabla 4** incluye la recopilación de todos los ensayos realizados en los sondeos mecánicos perforados, 128 ensayos en total. Cabe señalar, que dada la consistencia de los materiales reconocidos y la imposibilidad de obtención de muestra en el ensayo, en la mayoría de los casos se han realizado ensayos con Cono de Peck; cuya única diferencia es que la puntaza es ciega o maciza. Esta metodología es la más indicada para realizar ensayos de penetración en terrenos con abundancia de gravas y bolos resistentes de gran tamaño.

000614

SONDEO	TIPO	PROF. INICIO (m)	PROF. FINAL (m)	N <sub>SPT</sub> /N <sub>30</sub>
S-1 L2	SPT	3,00	3,45	18
	SPT	6,00	6,45	30
	SPT c	8,85	9,30	31
	SPT c	15,00	15,45	26
	SPT c	18,00	18,45	38
	SPT c	25,15	25,19	100
	SPT c	24,00	24,11	100
	SPT c	27,00	27,42	100
	SPT c	31,15	31,20	86
	SPT	2,50	2,95	10
S-2 L2	SPT	9,90	9,98	100
	SPT	13,10	13,24	100
	SPT	16,05	16,18	100
	SPT	19,25	19,31	100
	SPT	22,10	22,13	100
	SPT	26,85	27,11	100
	SPT	32,15	32,60	37
	SPT c	3,55	4,00	54
	SPT c	6,05	6,22	100
	SPT c	9,00	9,08	100
S-3 L2	SPT c	12,00	12,07	100
	SPT c	15,00	15,04	100
	SPT c	18,00	18,05	100
	SPT c	20,90	20,97	100
	SPT c	24,00	24,06	100
	SPT c	26,90	26,98	100
	SPT c	30,15	30,20	100
	SPT c	3,00	3,08	100
	SPT c	6,15	6,20	100
	SPT c	9,25	9,50	100
S-4 L2	SPT c	12,20	12,30	100
	SPT c	18,20	18,25	100
	SPT c	24,00	24,05	100
	SPT c	30,00	30,10	100
	SPT c	3,00	3,40	71
	SPT c	6,25	6,36	100
S-5 L2	SPT c	8,00	8,02	100
	SPT c	12,00	12,04	100
	SPT c	15,00	15,05	100
	SPT c	22,50	22,65	100
	SPT c	28,00	28,05	100
	SPT c	30,25	30,28	100

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

SONDEO	TIPO	PROF. INICIO (m)	PROF. FINAL (m)	N <sub>SPT</sub> /N <sub>30</sub>	000615
S-6 L2	SPT c	3,00	3,45	51	
	SPT c	6,00	6,08	100	
	SPT c	9,00	9,05	100	
	SPT c	12,00	12,45	50	
	SPT c	18,00	18,06	100	
	SPT c	21,05	21,10	100	
	SPT c	24,00	24,06	100	
	SPT c	27,05	27,13	100	
S-7 L2	SPT c	30,00	30,05	100	
	SPT c	3,00	3,35	100	
	SPT c	6,00	6,04	100	
	SPT	20,70	20,85	100	
	SPT	22,85	22,96	100	
	SPT	3,00	3,45	15	
	SPT c	6,45	6,47	100	
	SPT c	9,00	9,02	100	
S-8 L2	SPT c	12,05	12,10	100	
	SPT c	18,00	18,05	100	
	SPT c	24,00	24,04	100	
	SPT c	30,20	30,28	100	
	SPT c	3,00	3,45	39	
	SPT c	6,00	6,45	62	
	SPT c	9,20	9,65	85	
	SPT c	13,00	13,45	84	
S-9 L2	SPT c	16,20	16,65	89	
	SPT c	18,00	18,45	73	
	SPT c	21,40	21,70	100	
	SPT c	28,00	28,35	100	
	SPT c	3,00	3,45	82	
	SPT c	6,10	6,55	56	
	SPT c	9,00	9,45	71	
	SPT c	12,10	12,35	100	
S-10 L2	SPT c	15,10	15,30	100	
	SPT c	18,15	18,40	100	
	SPT c	21,35	21,60	100	
	SPT c	26,95	27,15	100	
	SPT c	32,95	33,15	100	
	SPT c	38,95	39,15	100	
	SPT c	6,00	6,45	33	
	SPT c	9,25	9,70	40	
S-11 L2	SPT c	12,40	12,85	45	
	SPT c	14,70	15,15	53	
	SPT c	19,50	19,95	65	
	SPT c	23,10	23,55	64	
	SPT c	26,35	26,80	67	
	SPT c	29,80	30,25	100	



SONDEO	TIPO	PROF. INICIO (m)	PROF. FINAL (m)	N <sub>SPT</sub> /N <sub>30</sub>	000616
	SPT c	3,00	3,45	44	
	SPT c	6,05	6,50	54	
	SPT c	9,00	9,45	69	
S-12 L2	SPT c	12,05	12,35	100	
	SPT c	15,05	15,50	100	
	SPT c	24,20	24,65	100	
	SPT c	29,70	30,00	100	
	SPT	5,05	5,05	100	
S-1 L4	SPT c	8,25	8,70	66	
	SPT c	11,60	12,05	76	
	SPT	13,60	14,05	12	
	SPT c	17,20	17,65	64	
	SPT c	23,20	23,23	100	
	SPT c	3,00	3,45	63	
	SPT c	6,00	6,07	100	
	SPT c	9,00	9,27	100	
	SPT c	12,00	12,23	100	
	SPT c	15,00	15,04	100	
S-2 L4	SPT	21,00	21,45	26	
	SPT	22,20	22,65	49	
	SPT	23,70	23,79	100	
	SPT	24,70	25,15	40	
	SPT c	27,00	27,03	100	
	SPT c	30,00	30,05	100	
	SPT c	3,00	3,08	100	
	SPT c	6,10	6,15	100	
	SPT c	12,00	12,05	100	
	SPT c	17,95	17,98	100	
S-3 L4	SPT c	24,00	24,09	100	
	SPT c	30,00	30,04	100	
	SPT	3,00	3,45	11	
	SPT c	5,55	6,00	35	
	SPT c	8,70	8,91	100	
	SPT c	11,15	11,60	28	
S-4 L4	SPT c	13,30	13,58	100	
	SPT c	16,70	16,77	100	
	SPT c	25,50	25,52	100	
	SPT c	36,25	36,33	100	
	SPT c	48,15	48,20	100	
	SPT c	54,65	54,94	100	

Tabla 4: Relación de ensayos N<sub>SPT</sub> realizados en los sondeos mecánicos.

En la Figura 1 se muestra la distribución y resultados de los ensayos de penetración realizados según la profundidad de los mimos.

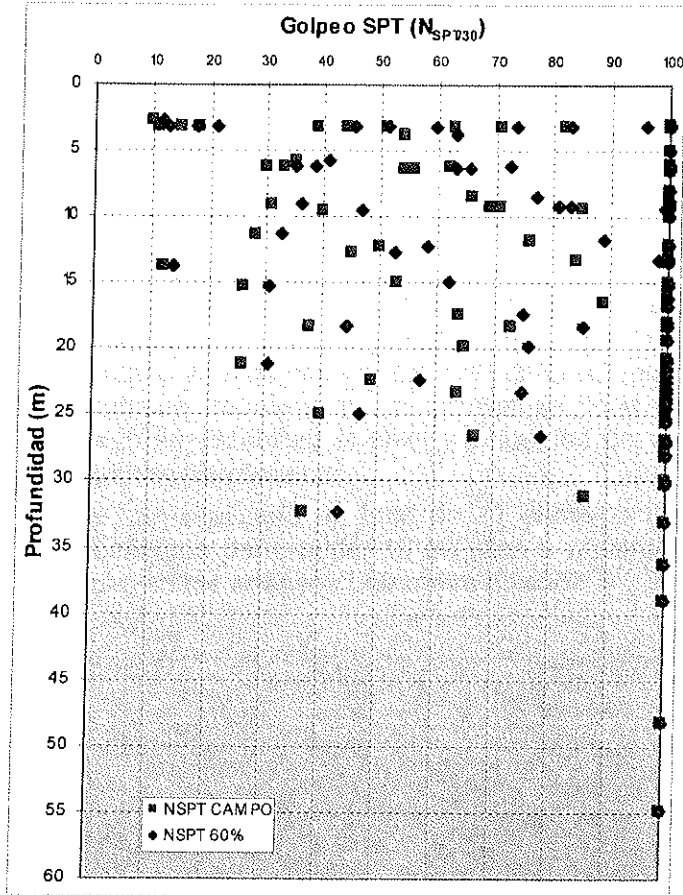


Figura 1: Representación de los ensayos N<sub>SPT</sub> realizados en los sondeos mecánicos (datos de campo y corregidos).

2.2.1.2.1 TOMA DE MUESTRAS

Durante la realización de los sondeos mecánicos se han extraído muestras representativas del terreno atravesado con vistas a la realización de los ensayos de laboratorio precisos para clasificar los suelos prospectados y definir sus propiedades de identificación, químicas, de resistencia y deformabilidad.

Dada la litología predominante, gravas de Lima, no ha sido posible la toma de muestras inalteradas mediante tomamuestras de pared gruesa o delgada (Shelby) por lo que se ha procedido a la toma de testigos directamente de las cajas de sondeo. Para el caso de los suelos superficiales se han tomado las muestras incluidas en la **Tabla 5**, mediante tomamuestras tipo Shelby.

SONDEO	PROF. INICIO (m)	PROF. FINAL (m)	PRESIÓN (psi)
S-2 L2	3,75	4,25	1.050
S-8 L2	3,45	4,05	1.000
S-8 L2	5,75	6,75	1.000


Tabla 5: Relación de muestras Shelby obtenidas en los sondeos mecánicos.

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

Piezómetro	Prof. (m)	Fecha instalación piezómetro	Semana 1		Semana 2			Semana 3			
			19/09/2013	22/09/2013	23/09/2013	24/09/2013	28/09/2013	30/09/2013	01/10/2013	02/10/2013	05/10/2013
S-1 L2	31,50	15-09-13	3,00		3,00		2,99				
S-2 L2	32,60	06-09-13	4,87		4,87		4,90				
S-12 L2	43,00	23-09-13	-	14,6	14,77	14,60		14,58	14,58		
S-1 L4	31,00	05-10-13	-	-	-	-	-	-	-	-	3,83
S-2 L4	31,10	09-10-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-3 L4	31,00	09-10-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-4 L4	58,64	31-11-13	-	-	-	-	-	-	-	10,30	-

Piezómetro	Prof. (m)	Fecha instalación piezómetro	Semana 4				Semana 5						
			07/10/2013	14/10/2013	14/10/2013	14/10/2013	11/10/2013	12/10/2013	13/10/2013	14/10/2013	15/10/2013	18/10/2013	
S-1 L2	31,50	15-09-13	3,00								3,05		
S-2 L2	32,60	06-09-13	4,93								4,99		
S-12 L2	43,00	23-09-13			14,53								
S-1 L4	31,00	05-10-13	3,75		3,49	3,50	3,47	3,50	3,49		3,50		
S-2 L4	31,10	09-10-13	-	-	8,89	8,83	8,85	8,86	8,85		8,86		
S-3 L4	31,00	09-10-13	-	20,40	20,36	20,40						20,43	
S-4 L4	58,64	31-11-13	-	22,00	-	13,30	-	-	-		15,3	-	19,12

Piezómetro	Prof. (m)	Fecha instalación piezómetro	Semana 6		Semana 7		Semana 9		Semana 10		Semana 11	
			22/10/2013	25/10/2013	26/10/2013	28/10/2013	31/10/2013	11/11/2013	17/11/2013	18/11/2013	22/11/2013	25/11/2013
S-1 L2	31,50	15-09-13			3,16	3,12						
S-2 L2	32,60	06-09-13			5,12	5,14		5,18		5,20		
S-12 L2	43,00	23-09-13		14,7								
S-1 L4	31,00	05-10-13	3,43									
S-2 L4	31,10	09-10-13	8,81									
S-3 L4	31,00	09-10-13				20,63		19,50		19,39		
S-4 L4	58,64	31-11-13	18,0	-	-	-	21,0	23,97		23,85		23,78

 Medidas durante la ejecución del sondeo.

**Tabla 7: Seguimiento de niveles freáticos detectados en los sondeos mecánicos perforados.**

La ejecución de las calicatas consiste en la apertura de una zanja en el terreno. La profundidad de las mismas varía en función de la excavabilidad de los niveles atravesados, pudiendo llegar a los 30,0 m. Durante la ejecución de las mismas se toman muestras alteradas en saco, para posteriormente someterlas a ensayos de laboratorio y poder caracterizar el material cortado. Complementariamente se realizan ensayos de densidad "in situ" mediante el cono de arena, para poder determinar las condiciones de densidad natural dada la dificultad de toma de muestras inalteradas sobre materiales granulares.

El método del cono de arena consiste en la determinación de la densidad natural mediante un recipiente de vidrio o plástico con un cono de metal unido a su parte superior. El recipiente se llena con arena de Ottawa seca muy uniforme. Posteriormente se determina el peso del envase, del cono y de la arena que llena el recipiente. En el campo se excava un pequeño agujero en el área donde se quiere determinar la densidad y después de excavado el agujero, el cono con el recipiente unido a él se invierte y se coloca sobre la excavación. Se permite que la arena fluya del envase al agujero y al cono. Una vez que el agujero del cono está lleno, se determina el peso del recipiente, del cono y de la arena restante en el envase a partir de las cuales es posible determinar tanto la densidad seca como la humedad natural del material.

En nuestro caso se ha prestado especial atención a la estabilidad de las paredes y las incidencias que se producen en los niveles excavados. Igualmente se ha registrado la excavabilidad de las distintas formaciones atravesadas. Se ha realizado una descripción exhaustiva de la granulometría de gruesos observada en los materiales de acopio y la estadística de tamaños encontrada. Además también resulta importante la determinación de existencia de agua en las calicatas, correlacionando esta información con los datos piezométricos disponibles. Una vez finalizada la calicata, ésta se vuelve a rellenar con los materiales extraídos y se compacta el terreno.

En la **Tabla 8**, mostrada a continuación, se incluyen las calicatas manuales excavadas en la campaña geotécnica complementaria.

CALICATA	LÍNEA	P.K.	DIST. EJE	PROF. (m)	PROF. NF (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN
C-1		1+785	14m D	5,0	4,9	Avd. Guardia Chalaca
C-2		2+487	18m D	10,2	8,5	Av. Óscar R. Benavides
C-3	2	4+414	16m D	10,0	No detectado	Av. Óscar R. Benavides
C-4		5+148	22m D	10,0	No detectado	Estación San José
C-5		19+368	10m I	10,0	No detectado	Estación Evitamiento
C-1	4	4+784	6m I	10,0	No detectado	Av. Elmer Faucett
C-2		6+600	25m I	10,0	No detectado	Av. Elmer Faucett

**Tabla 8: Calicatas manuales realizadas en la campaña geotécnica complementaria.**

Los registros de las calicatas manuales realizadas se incluyen en el **Apéndice 2** del presente documento.

#### 2.2.1.4 Investigación geofísica

La prospección geofísica investiga el interior del terreno a partir de las variaciones detectadas en parámetros físicos significativos y de su correlación con las características geológicas. Son técnicas no destructivas y de investigación extensiva o con gran cobertura, complementarias de

los ensayos *in situ* y técnicas de investigación directa como sondeos y calicatas, con la finalidad de contribuir a una mejor interpretación y estudio de los materiales presentes.

Complementariamente para el estudio de las propiedades mecánicas del sustrato de Lima se ha previsto la ejecución de líneas sísmicas que nos permiten conocer en el caso de los perfiles sísmicos de refracción, los distintos horizontes de velocidad de propagación sísmica existentes que, a su vez, darán a conocer los métodos de excavación más adecuados y, en el caso de la sísmica pasiva, los parámetros geotécnicos dinámicos para el dimensionamiento de las excavaciones y/o estructuras frente a cualquier evento sísmico.

Como alternativa a los ensayos presiométricos o dilatométricos se ha considerado la ejecución de líneas sísmicas pasivas o MASW, por las cuales se obtienen módulos de deformación dinámicos de los materiales. Estos módulos dinámicos se correlacionan posteriormente con módulos estáticos. Adicionalmente, los valores de velocidad de las ondas de corte facilitarían la caracterización de cara a los cálculos estructurales frente al sismo que se desarrollen.

Se han realizado un total de 16 perfiles de sísmica de refracción y MASW a lo largo de las líneas 2 y 4, con el objeto de calibrar y corroborar los ensayos realizados para estudios preliminares.

Para el tramo que nos ocupa, se ha recurrido a las siguientes técnicas:

- Sísmica de refracción. La sísmica de refracción, es un método indirecto, que estudia la propagación en el terreno de ondas sísmicas producidas artificialmente, estableciendo su relación con la configuración geológica del subsuelo. Para la obra de estudio, la sísmica que está prevista emplear tiene por objetivo la determinación de los espesores de los rellenos y niveles cuaternarios, así como la velocidad de propagación de las ondas en los mismos.
- Ensayo MASW. El Ensayo MASW o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal es un método de exploración geofísica que permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que la conforman. Este método consiste en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) para el punto central de dicha línea. Cabe comentar que aunque se realizaron estos ensayos no pudo obtenerse unos resultados satisfactorios dados que existían ruidos y perturbaciones constantes.

Estos métodos geofísicos se encuentran situados tanto en planta como en el perfil geológico-geotécnico. Los resultados de las investigaciones geofísicas se incluyen en el **Apéndice 4** del presente documento.

La investigación sísmica, además de permitir diferenciar los distintos materiales representados en el perfil geológico-geotécnico longitudinal elaborado, han sido utilizados para la determinación de los módulos de deformación estáticos, a partir de los dinámicos deducidos de las velocidades de corte ( $V_s$ ), y para la caracterización del tipo de terreno (según AASTHO) a partir del cual se han realizado los análisis de amplificación sísmica para la determinación de la aceleración sísmica de cálculo mediante el método probabilista.

En la **Tabla 9** se incluyen la totalidad de líneas sísmicas de refracción y MASW realizados en la campaña geotécnica complementaria.

### 2.2.2 Ensayos de laboratorio

En las prospecciones ejecutadas de manera específica para el presente proyecto se realizó la correspondiente toma de muestras, consistente en:

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

PERFIL SÍSMICO	LÍNEA	P.K.	COORDENADAS UTM Huso 18L		ESTACIÓN / DIRECCIÓN	000622
			X	Y		
PS-1		1+775	268.411,00	8.666.028,00		
		1+915	268.547,00	8.666.048,00	Avd. Guardia Chalaca	
MASW-1		1+810	268.444,00	8.666.034,00		
PS-2		3+977	270.703,00	8.666.464,00		
		4+117	270.575,00	8.666.439,00	Estación Insurgentes	
MASW-2		4+076	270.668,00	8.666.458,00		
PS-3		9+488	275.779,00	8.666.406,00		
		9+628	275.644,00	8.666.378,00	Estación Tingo María	
MASW-3		9+593	275.745,00	8.666.396,00		
PS-4		11+830	277.915,00	8.665.868,00		
		11+900	277.983,00	8.665.967,50	Estación Central	
MASW-4		11+866	277.949,00	8.665.972,00		
PS-5		15+850	281.703,00	8.665.850,00		
		15+920	281.758,00	8.665.808,00	Estación Nicolás Ayllón	
MASW-5		15+885	281.730,00	8.665.829,00		
PS-6		17+265	283.069,00	8.665.567,00		
		17+335	283.136,00	8.665.555,00	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central (PV18)	
MASW-6	2	17+298	283.102,00	8.665.561,00		
PS-6'		17+505	283.313,00	8.665.541,00		
		17+575	283.383,00	8.665.537,00	Estación Nicolás Arriola	
MASW-6'		17+546	283.347,00	8.665.539,00		
PS-7		18+810	284.549,00	8.665.876,00		
		18+880	284.602,00	8.665.919,00	Av. Nicolás Ayllón / Ctra. Central (PE1)	
MASW-7		18+846	284.575,00	8.665.897,00		
PS-8'		21+600	287.066,00	8.667.060,00		
		21+670	287.130,00	8.667.087,00	Estación Colectora Industrial	
MASW-8'		21+632	287.097,00	8.667.072,00		
PS-8		22+830	288.218,00	8.667.499,00		
		22+900	288.279,00	8.667.530,00	Estación La Cultura	
MASW-8		22+866	288.248,00	8.667.514,00		
PS-9'		25+625	290.330,00	8.669.255,00		
		25+695	290.376,00	8.669.307,00	Estación Prolongación Javier Prado	
MASW-9'		25+675	290.353,00	8.669.281,00		
PS-9		26+090	290.619,00	8.669.579,00		
		26+160	290.671,00	8.669.623,00	Av. Carretera Central (PV26)	
MASW-9		26+125	290.645,00	8.669.601,00		
PS-1		2+030	269.978,00	8.671.602,00		
		2+100	269.918,00	8.671.726,00	Av. Elmer Faucett	
MASW-1		2+070	269.963,00	8.671.633,00		
PS-2		4+450	271.085,00	8.669.458,00		
		4+520	271.048,00	8.669.516,00	Estación El Olivar	
MASW-2	4	4+485	271.066,00	8.669.487,00		
PS-3		7+130	271.597,00	8.666.856,00		
		7+200	271.589,00	8.666.924,00	Av. Elmer Faucett	
MASW-3		7+168	271.593,00	8.666.890,00		
PS-3'		7+240	271.571,00	8.666.811,00		
		7+380	271.583,00	8.666.674,00	Estación Carmen de la Legua	
MASW-3'		7+340	271.580,00	8.666.711,00		

**Tabla 9: Perfiles de sísmica de refracción y MASW realizadas en la campaña geotécnica complementaria.**

- Muestras inalteradas: en tomamuestras de pared delgada tipo Shelby en suelos, y testigos parafinados en sustrato rocoso. Además se obtuvo una muestra inalterada en la calicata C-1/L2.
- Muestras alteradas: sacos en calicatas y SPT en sondeos.

Con las muestras y testigos extraídos en sondeos y calicatas se han solicitado una serie de ensayos de laboratorio para conocer las características geotécnicas de los materiales in situ y compactados.

A continuación se detallan los ensayos de laboratorio realizados:

- En calicatas:
  - Granulometría por tamizado (ASTM D422-63) y de gruesos.
  - Límites de Atterberg : Límite líquido, plástico e índice de plasticidad (ASTM D4318-95)
  - Humedad natural (ASTM D2216-98)
  - Clasificación de suelos por los métodos SUCS (ASTM D2487) y AASHTO
  - Densidad Natural (ASTM D-7263-09)
  - Químicos: Materia orgánica y Sulfatos
  - Compactación: Proctor Modificado (ASTM D1557-91) y CBR (ASTM D1883-07e2).
- En sondeos
  - Identificación
    - Granulometría por tamizado (ASTM D422-63).
    - Límites de Atterberg: Límite líquido, plástico e índice de plasticidad. (ASTM D4318-95)
    - Clasificación de suelos por los métodos SUCS (ASTM D2487) y AASHTO
  - Ensayos de estado:
    - Humedad natural (ASTM D2216-98)
    - Peso unitario (ASTM D7263-09)
    - Densidad Natural (ASTM D-7263-09)
  - Ensayos químicos:
    - Ensayos de agresividad química en aguas y suelos
    - Contenido en materia orgánica (ASTM D2974-87)
    - Contenido en sulfatos (ASTM D516)
  - Ensayos de resistencia de suelo
    - Compresión simple (ASTM D2166-06)
    - Corte directo consolidado y sin drenaje (ASTM D3080-07); consolidado y drenado (ASTM D3080/3080M-11)
  - Ensayos de deformabilidad y volumétricos
    - Ensayo de consolidación unidimensional en edómetro (ASTM D2435M-11/ASTM D 2435-90)
    - Ensayo de compresión simple en suelos (ASTM D 2166-06)
  - Y en niveles rocosos
    - Ensayo compresión simple en roca (ASTM D 2938-95)
    - Compresión simple en roca con bandas extensométricas (ASTM D 7012-10)

- Ensayo de tracción en roca (ASTM C 496-11)
- Ensayos para la evaluación de áridos:
- Absorción de agua (ASTM C127/C128-12)
  - Abrasión Los Ángeles (ASTM C-131-06 AASHTO T-96)
  - Ensayo Schimazek (prEN 22952 y UNE 22950-2:1990), incluye lámina delgada y ensayo de tracción
  - Estudio petrográfico mediante lámina delgada (conteo de Q y sílice)
  - Abrasividad Cerchar (ASTM D7625-10)
  - Estabilidad de los áridos frente a disoluciones de sulfato magnésico ó sódico (ASTM C-88)
  - Determinación DRI (Drilling Rate Index) Índice de perforabilidad (NTNU 13A-98)
  - Reactividad árido-álcali (ASTM C-295 y ASTM C-289)
  - Equivalente de arena de los finos obtenidos del machaqueo de las gravas (ASTM D-2419-02 y AASHTO T-176 )
  - Análisis granulométrico por tamizado del machaqueo de las gravas (ASTM D 422-63)
  - Contenido en sulfatos
  - Contenido en sulfuros

En la **Tabla 10** se muestra la relación de ensayos de laboratorio realizados y en el **Apéndice 5** del presente documento se incluyen los registros de la totalidad de estos ensayos.

### 2.3 CAMPAÑA REALIZADA POR PROINVERSIÓN PARA LA PRIMERA ETAPA A.

Proinversión ha llevado a cabo una campaña geotécnica adicional en la Primera Etapa A, definida entre los pp.kk. 19+318 – 23+609,59 de la línea 2 del Metro de Lima y Callao. Esta campaña ha consistido en la realización de los siguientes reconocimientos geotécnicos:

- 21 calicatas manuales profundas, de entre 27 y 31 m de profundidad final; con 129 muestras ensayadas en laboratorio (129 granulometrías globales y clasificaciones SUCS, y 19 ensayos específicos de materiales), 129 ensayos de densidad en campo y 126 ensayos de permeabilidad (método Porchet).
- 5 calicatas manuales especiales de entre 13 y 22,4 m de profundidad, con 10 ensayos de granulometría global y clasificación SUCS, 10 ensayos de placa de carga horizontal y 10 ensayos de densidad de campo.
- 9 perforaciones diamantinas de entre 35 y 50 m de profundidad, con la realización de 40 ensayos dilatométricos, 47 ensayos de permeabilidad, 3 ensayo SPT y 3 muestras Shelby.
- 9 ensayos geofísicos Down-Hole en sendas perforaciones diamantinas.
- 25 perfiles de sísmica de refracción y MASW.
- 5 ensayos de resistividad eléctrica (tomografías eléctricas) en estaciones.

Los registros de estos ensayos y reconocimientos se incluyen en los planos de situación y perfiles geológico-geotécnicos elaborados para la línea 2, los cuales se muestran en los **Apéndices 7.3 a 7.5** del presente documento.

En la **Tabla 11**, incluida a continuación, se muestran las calicatas manuales profundas realizadas por Proinversión en la Etapa 1A.

En la **Tabla 12**, incluida a continuación, se muestran las calicatas especiales realizadas por Proinversión en la Etapa 1A.



ENSAYOS	UNIDADES			
	SONDEOS	CALICATAS		
IDENTIFICACIÓN	Granulometría por tamizado	15	59	
	Granulometría gruesos	-	5	
	Límites de Atterberg	19	44	
ESTADO	Humedad natural	22	45	
	Densidad natural	3	54	
	RCS suelos	3	-	
	Corte directo CD	1	1	
	Corte directo CU	1	-	
RESISTENCIA	RCS rocas	2	-	
	PLT	2	-	
	RCS con bandas	1	-	
	Tracción indirecta	2+7	-	
COMPRESIBILIDAD E HINCHAMIENTO	Consolidación unidimensional	3	1	
COMPACTACIÓN	Próctor Modificado	-	6	
	CBR	-	6	
QUÍMICOS	Materia orgánica	12	19	
	Sulfatos	12	17	
	Análisis del agua freática	7	2	
	Absorción de agua	1	1	
	Abrasión Los Ángeles	1	1	
	Ensayo Schimazek	4	3	
	Estudio petrográfico	4	3	
	Contenido en cuarzo y sílice	4	3	
	Abrasividad Cerchar	4	3	
	ÁRIDOS	Estabilidad áridos a sulfato magnésico ó sódico	1	2
		Determinación DRl	4	3
		Reactividad árido-álcali	3	2
		Equivalente de arena de los finos	2	2
Análisis granulométrico gruesos		2	1	
Contenido en sulfatos		3	3	
Contenido en sulfuros		3	2	

**Tabla 10: Ensayos de laboratorio realizados en la campaña geotécnica complementaria.**

La **Tabla 13**, incluida a continuación, se muestran la relación de las perforaciones diamantinas realizadas por Proinversión en la Etapa 1A.

En la **Tabla 14**, mostrada a continuación, se incluyen la totalidad de los ensayos dilatométricos disponibles y realizados por Proinversión en la Etapa 1A.

En las **Tablas 15, 16 y 17** se muestran los reconocimientos geofísicos realizados (líneas sísmicas de refracción, perfiles de sísmica pasiva MASW y tomografía eléctrica).

000626

ID	TRAMO	P.K.	DIST. EJE	COORDENADAS			PROF. (m)	OBJETO INVESTIGACIÓN
				X	Y	Z		
CP-1		18+910	20m I	284.626,0	8.665.978,0	226,56	27,0	Pozo Túnel PV19
CP-2		19+132	20m I	284.803,0	8.666.064,0	229,37	27,0	Túnel
CP-3		19+398	16m I	285.048,0	8.666.175,0	233,72	30,0	Estación Evitamiento
CP-4		19+675	15m I	285.301,0	8.666.293,0	238,04	28,0	Túnel
CP-5		20+070	36m D	285.694,0	8.666.396,0	244,25	28,0	Pozo Túnel PV20
CP-6		20+320	14m D	285.918,0	8.666.519,0	248,55	28,0	Túnel
CP-7		20+330	18m D	285.936,0	8.666.520,0	248,91	30,0	Túnel
CP-8		2+485	20m D	286.051,0	8.666.566,0	250,34	30,0	Estación Óvalo de Santa Anita
CP-9		20+594	32m D	286.162,8	8.666.613,8	252,38	28,0	Túnel
CP-10		21+113	32m D	286.639,1	8.666.821,5	260,20	28,0	Pozo Túnel PV21
CP-11		21+440	25m D	286.931,0	8.666.971,0	266,38	28,0	Estación Colectora Industrial
CP-12		21+560	35m I	287.035,0	8.667.072,0	268,32	30,0	Estación Colectora Industrial
CP-13		21+812	20m D	287.266,0	8.667.113,0	271,99	28,0	Túnel
CP-14		22+150	12m I	287.581,0	8.667.276,0	278,65	28,0	Pozo Túnel PV22
CP-15		22+575	16m I	287.965,0	8.667.426,0	285,27	29,0	Túnel
CP-16		22+710	16m I	288.090,0	8.667.486,0	287,15	27,6	Estación Cultura
CP-17		22+760	10m I	288.138,0	8.667.504,0	287,25	31,0	Estación Cultura
CP-18		23+000	24m I	288.362,0	8.667.603,0	291,00	28,0	Túnel
CP-19	ETAPA 1A	23+138	20m I	288.486,0	8.667.651,0	293,08	28,0	Pozo Túnel PV23
CP-20		23+356	24m I	288.687,0	8.667.737,0	297,00	28,0	Túnel
CP-21		23+636	22m D	288.963,0	8.667.801,0	301,81	30,0	Estación Mercado de Sta. Anita

Tabla 11: Calicatas profundas realizadas en la Etapa 1A.

CALICATA	PROGRESIVA	COORDENADAS		UBICACIÓN REFERENCIAL	PROF. (m)	PROF. PLACA CARGA	(m) DE
		ESTE	NORTE				
CC - 1	19+426	285.088	8.666.187	Av. Nicolas Ayllón a 90 m de la Av. Evitamiento con dirección a Lima.	15,0	9.00 m 15.00 m	
CC - 2	20+380	285.962	8.666.541	Av. Nicolas Ayllon a 200 m de la Av. De la Molina con dirección a Lima.	14,0	7.20 m 13.00 m	
CC - 3	21+600	287.075	8.667.034	Av. Nicolas Ayllon a 20 m en la Ca. 9 de Setiembre con dirección a Chosica.	15,0	7.50 m 13.50 m	
CC - 4	22+800	288.173	8.667.515	Av. Nicolas Ayllon a 180 m de la Av. La Cultura con dirección a Lima.	22,4	13.00 m 22.00 m	
CC - 5	23+450	288.772	8.667.773	Av. Nicolas Ayllon a 270 m de la Av. Separado Industrial con dirección a Lima.	13,0	7.40 m 13.00 m	

Tabla 12: Calicatas especiales realizadas en la Etapa 1A.

PERFORACIÓN	TRAMO	P.K.	DIST. EJE	COORDENADAS			PROF. (m)	PROF. NF (m)	ESTACIÓN / DIRECCIÓN
				X	Y	Z			
P-01	ETAPA 1A	19+340	20m I	8.66.157,0	285.009,0	236,0	46,0	-	Estación Evitamiento
P-02		19+412	18m I	8.666.194,0	285.071,0	245,0	46,5	-	Estación Evitamiento
P-03		20+465	20m D	8.666.564,0	286.040,0	268,0	40,0	-	Estación Ovalo Santa Anita
P-04		26+770	12m D	8.669.918,0	291.228,0	366,0	35,0	13,2	Estación Municipalidad de Ate
P-06		21+550	28m I	8.667.054,0	287.027,0	282,0	41,0	-	Estación Colectora Industrial
P-07		22+662	18m I	8.667.477,0	288.059,0	302,0	40,2	-	Estación La Cultura
P-08		22+772	14m I	8.667.506,0	288.151,0	300,0	40,0	-	Estación La Cultura
P-09		23+465	EJE	8.667.777,0	288.803,0	309,0	50,0	-	Estación Mercado Santa Anita
P-10		23+620	20m D	8.667.796,0	288.955,0	308,0	50,0	-	Estación Mercado Santa Anita

Tabla 13: Perforaciones diamantinas realizadas en la Etapa 1A.

SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	LITOTIPO	TIPO DE MATERIAL
P-2	6	EVITAMIENTO	GP	Grava y arena
P-2	11	EVITAMIENTO	GP	Grava con bolones
P-2	17	EVITAMIENTO	GP	Grava con arena
P-2	23	EVITAMIENTO	GP	Grava con arena
P-2	27	EVITAMIENTO	GP	Grava con arena
P-2	31	EVITAMIENTO	GP	Bolones con arena
P-2	39	EVITAMIENTO	CL-ML	Arcilla
P-2	42	EVITAMIENTO	CL-ML	Arcilla
P-3	5	ÓVALO STA. ANITA	GP	Grava y arena
P-3	10	ÓVALO STA. ANITA	GP	Grava con arena
P-3	15	ÓVALO STA. ANITA	GP	Bolones y arena
P-3	20	ÓVALO STA. ANITA	GP	Bolones y arena
P-3	26	ÓVALO STA. ANITA	GP	Bolones y arena
P-3	29	ÓVALO STA. ANITA	GP	Bolones y arena
P-3	34	ÓVALO STA. ANITA	GP	Grava y arena
P-3	39	ÓVALO STA. ANITA	GP	Grava y arena
P-6	7	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Bolones con arena
P-6	11	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Bolones con arena
P-6	17	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Grava con arena
P-6	21	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Grava y arena
P-6	27	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Grava y arena
P-6	30	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Grava
P-6	35	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Grava con arena
P-6	37	COLECTORA INDUSTRIAL	GP	Bolones con arena
P-7	5	LA CULTURA	GP	Grava con arena
P-7	11	LA CULTURA	GP	Grava con arena
P-7	15	LA CULTURA	GP	Grava y arena
P-7	20	LA CULTURA	GP	Grava con arena
P-7	24	LA CULTURA	GP	Grava con arena
P-7	31	LA CULTURA	GP	Grava y arena
P-7	36	LA CULTURA	GP	Arena con grava

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	LITOTIPO	TIPO DE MATERIAL	000628
P-7	39	LA CULTURA	GP	Arena con grava	
P-9	4	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava	
P-9	9	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava con arena	
P-9	15	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava con arena	
P-9	22	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava con arena	
P-9	25	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava con arena	
P-9	30	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Bolones con arena	
P-9	37	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Grava y arena	
P-9	42	MERCADO DE STA. ANITA	GP	Bolones con arena	

**Tabla 14: Ensayos dilatométricos realizados en la Etapa 1A.**

LÍNEA SÍSMICA REFRACCIÓN	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	COORDENADAS			
			INICIO ESTE	NORTE	FIN ESTE	NORTE
LS-01		75	288921	8667807	288991	8667835
LS-02	MERCADO SANTA ANITA	75	288850	8667778	288919	8667806
LS-03		75	288778	8667748	288847	8667777
LS-04		75	288176	8667502	288245	8667530
LS-05	E. LA CULTURA	75	288097	8667491	288167	8667519
LS-06		75	288035	8667444	288104	8667472
LS-07		75	287031	8667031	287100	8667061
LS-08	COLECTORA INDUSTRIAL	75	286961	8667000	287029	8667030
LS-09		75	286890	8666908	286958	8666999
LS-10		75	286061	8666597	286129	8666628
LS-11	E. OVALO SANTA ANITA	75	285992	8666567	286061	8666598
LS-12		75	285923	8666536	285991	8666566
LS-13		50	285107	8666207	285153	8666229
LS-14	E. EVITAMIENTO	75	285037	8666151	285104	8666183
LS-15		75	284968	8666118	285036	8666150
LS-16	PV23	100	288452	8667633	288545	8667671
LS-17	PV22	100	287523	8667223	287616	8667260
LS-18	PV21	100	286424	8666776	286515	8666818
LS-19	PV20	75	285637	8666410	285706	8666439
LS-20	Pe1	75	284527	8665900	284589	8665943
LS-21	PK 18+711	75	284416	8665824	284477	8665867
LS-22	Cerca CP1	75	284640	8665970	284707	8666004
LS-23	Cerca CP2	75	284744	8666023	284813	8666051
LS-24	Cerca CP4	50	285267	8666267	285314	8666286
LS-25	Cerca E. MERCADO STA ANITA	75	289028	8667868	289097	8667896
LS-26	Patio Taller	100	288442	8667641	288535	8667678
LS-27	Patio Taller	100	288705	8667802	288668	8667895
LS-28	Patio Taller	100	288424	8667903	288515	8667944

**Tabla 15: Líneas sísmicas de refracción realizadas en la Etapa 1A.**

PERFIL MASW	SÍSMICO	UBICACIÓN	LONGITUD (m)	COORDENADAS			
				INICIO		FIN	
				ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
PS-01			75	288921	8667807	288991	8667835
PS-02		MERCADO SANTA ANITA	75	288850	8667778	288919	8667806
PS-03			75	288778	8667748	288847	8667777
PS-04			75	288176	8667502	288245	8667530
PS-05		E. LA CULTURA	75	288097	8667491	288167	8667519
PS-06			75	288035	8667444	288104	8667472
PS-07			75	287031	8667031	287100	8667061
PS-08		COLECTORA INDUSTRIAL	75	286961	8667000	287029	8667030
PS-09			75	286890	8666968	286958	8666999
PS-10			75	286061	8666597	286129	8666628
PS-11		E. OVALO SANTA ANITA	75	285992	8666567	286061	8666598
PS-12			75	285923	8666536	285991	8666566
PS-13			50	285107	8666207	285153	8666229
PS-14		E. EVITAMIENTO	75	285037	8666151	285104	8666183
PS-15			75	284968	8666118	285036	8666150
PS-16		PV23	100	288452	8667633	288545	8667671
PS-17		PV22	100	287523	8667223	287610	8667260
PS-18		PV21	100	286424	8666776	286515	8666818
PS-19		PV20	75	285637	8666410	285706	8666439
PS-20		Pe1	75	284527	8665900	284589	8665943
PS-21		Cerca CP34	75	284416	8665824	284477	8665867
PS-22		Cerca CP1	75	284640	8665970	284707	8666004
PS-23		Cerca CP2	75	284744	8666023	284813	8666051
PS-24		Cerca CP4	50	285267	8666267	285314	8666286
PS-25		Cerca E. MERCADO SANTA ANITA	75	289028	8667868	289097	8667896
PS-26		Patio Taller	100	288442	8667641	288535	8667678
PS-27		Patio Taller	100	288705	8667802	288668	8667895
PS-28		Patio Taller	100	288424	8667903	288515	8667944

**Tabla 16: Perfiles sísmicos MASW realizados en la Etapa 1A.**

TOMOGRFÍA ELÉCTRICA	UBICACIÓN	COORDENADAS			
		INICIO		FIN	
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
RE1	E. Mercado Santa Anita	288667	8667728	288858	8667800
RE2	E. La Cultura	288033	8667454	288179	8667517
RE3	E. Colectora Industrial	286886	8666964	287021	8667024
RE4	E. Ovalo Santa Anita	285952	8666548	286092	8666610
RE5	E. Evitamiento	285022	8666105	285153	8666170

**Tabla 17: Ensayos de resistividad eléctrica realizados en la Etapa 1A.**

**2.4 CAMPAÑA REALIZADA POR PROINVERSIÓN "PRIORIDAD 2".**

000630

Adicionalmente a la campaña realizada por Proinversión en la Primera Etapa A se ha llevado a cabo una campaña de reconocimientos en el resto de la línea 2 del Metro de Lima y Callao, correspondientes a la Etapas 1B y 2 de la línea 2 y Etapa 2 de la línea 4. Esta campaña ha sido denominada "Prioridad 2". La campaña ha consistido en la realización de los siguientes reconocimientos geotécnicos:

- 20 calicatas manuales profundas, de entre 13 y 30 m de profundidad final; con 129 muestras ensayadas en laboratorio (78 granulometrías globales y clasificaciones SUCS, y 14 ensayos específicos de materiales), 78 ensayos de densidad en campo y 78 ensayos de permeabilidad (método Porchet).
- 8 calicatas manuales especiales de entre 7,5 y 15 m de profundidad, con 15 ensayos de granulometría global y clasificación SUCS, 16 ensayos de placa de carga horizontal y 14 ensayos de densidad de campo.
- 9 perforaciones diamantinas de entre 35 y 49,8 m de profundidad, con la realización de 14 ensayos dilatométricos, 54 ensayos de permeabilidad y 14 ensayo.
- 2 ensayos geofísicos Down-Hole en sendas perforaciones diamantinas.
- 33 perfiles de sísmica de refracción y 24 perfiles de sísmica MASW.
- 8 ensayos de resistividad eléctrica (tomografías eléctricas) en estaciones.

En la **Tabla 18**, incluida a continuación, se muestran las calicatas manuales profundas realizadas por Proinversión en Prioridad 2.

Etapa	Código	Progresiva	Prof. (m)	Lado	Norte	Este	Nivel Freático	Tipo de	Tipo de Estructura
		(km)						exploración	
ETAPA 1B	CP - 22	5+680	18,50	Izquierdo	8 665 964	281576	NA	Calicata	Túnel
ETAPA 2	CP - 23	3+641	13	Izquierdo	8 666 386	270 238	13	Calicata	Pozo
ETAPA 2	CP - 24	4+900	23,5	Derecha	8 666 644	271478	23,5	Calicata	Estación
ETAPA 2	CP - 25	5+420	28	Derecho	8 666 713	271985	27,7	Calicata	Pozo
ETAPA 2	CP - 26	6+481	28	Izquierdo	8 666 766	273 032	NA	Calicata	Pozo
ETAPA 2	CP - 27	6+900	30	Derecha	8 666 473	273 330	NA	Calicata	Estación
ETAPA 2	CP - 28	7+900	30	Derecho	8 666 029	274 094	NA	Calicata	Estación
ETAPA 2	CP - 29	8+670	30	Derecho	8 666 182	274 845	N.P	Calicata	Estación
ETAPA 2	CP - 30	11+340	30	Izquierdo	8 666 073	277 440	NA	Calicata	Estación
ETAPA 1B	CP - 31	13+470	28	Derecha	8 665 667	284 270	NA	Calicata	Túnel
ETAPA 1B	CP - 32	15+290	28	Izquierdo	8 665 945	281178	NA	Calicata	Pozo
ETAPA 1B	CP - 33	16+280	17,7	Derecho	8 665 637	282 085	NA	Calicata	Pozo
ETAPA 1B	CP - 34	18+750	19	Izquierdo	8665923	284449	NA	Calicata	Estación
ETAPA 1B	CP - 35	24+590	30	Derecho	8666430	289666	NA	Calicata	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CP - 36	4+350	13,2	Derecho	8 669 609	271002	13,2	Calicata	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CP - 37	5+310	19	Derecho	8 668 732	271390	19	Calicata	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CP - 38	6+905	23,5	Izquierdo	8 667 151	271571	23,5	Calicata	Pozo
ETAPA 1B	CP - 40	16+350	28	Izquierdo	8 665 664	282 156	NA	Calicata	Túnel
ETAPA 1B	CP - 41	17+620	30	Derecho	8 665 522	283 427	NA	Calicata	Estación
ETAPA 1B	CP - 44	18+365	24,40	Izquierdo	8 665 694	284 151	NA	Calicata	Túnel

**Tabla 18: Calicatas profundas realizadas en la campaña Prioridad 2.**

En la **Tabla 19**, incluida a continuación, se muestran las calicatas especiales realizadas por Proinversión en Prioridad 2.

000631

Etapa	Código	Progresiva	Prof. (m)	Lado	Norte	Este	Nivel Freático	Tipo de	Tipo de Estructura
		(km)						exploración	
ETAPA 2	CC - 06	3+990	10	Derecho	8666420	270590	NA	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2	CC - 07	5+830	10	Derecho	8666786	272391	NA	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2	CC - 08	7+970	15	Derecho	8666439	273386	NA	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2	CC - 09	8+710	15	Derecho	8666185	274884	NA	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CC - 10	1+890	7.5	Izquierdo	8671803	269895	7.5	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CC - 11	3+540	9.2	Derecho	8670323	270638	9.2	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CC - 12	4+480	10	Izquierdo	8669487	271064	NA	Calicata Especial	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	CC - 13	5+350	10	Derecho	8668690	271400	NA	Calicata Especial	Estación

**Tabla 19: Calicatas especiales realizadas en la campaña Prioridad 2.**

La **Tabla 20**, incluida a continuación, se muestra la relación de las perforaciones diamantinas realizadas por Proinversión en Prioridad 2.

Etapa	Código	Progresiva	Prof. (m)	Lado	Norte	Este	Nivel Freático	Tipo de	Tipo de Estructura
		(km)						exploración	
ETAPA 2	P - 04	26+790	35.2	Derecho	8669920	291228	NA	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 11	0+317	40	Izquierdo	8666805	267136	3,70m	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 12	1+943	40	Izquierdo	8666058	268560	5,00m	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 13	3+064	40	Izquierdo	8666250	269673	9,00m	Sondeo	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	P - 15	0+270	35	Derecho	8672784	268735	3,75m	Sondeo	Estación
ETAPA 2 - Línea 4	P - 16	1+370	35	Izquierdo	8672260	269674	6,10	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 17	26+475	40	Derecho	8669791	290948	13,2m	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 18	18+202	40	Derecho	8665615	281987	24,5m	Sondeo	Estación
ETAPA 2	P - 19	17+860	49,8	Derecho	8665536	283676	NA	Sondeo	Estación

**Tabla 20: Perforaciones diamantinas realizadas en la campaña Prioridad 2.**

En las **Tablas 21, 22 y 23**, incluidas a continuación, se muestran los reconocimientos geofísicos realizados por Proinversión en Prioridad 2.

000632

ETAPA	CODIGO	UBICACION	LONG m	COORDENADAS			
				INICIO		FINAL	
				ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
ETAPA 2	LS-32	E. Puerto del Callao	120	267093	8666796	267196	8666745
	LS-33		120	267081	8666786	267171	8666714
	LS-34	E. Buenos Aires	120	268506	8666046	268643	8666061
	LS-35		120	268507	8666036	268644	8666052
	LS-36	E. Juan Pablo II	120	269577	8666209	269711	8666240
	LS-37		120	269582	8666197	269717	8666227
ETAPA 1B	LS-38	E. 28 de Julio	120	280617	8665854	280731	8665869
	LS-39		120	280746	8665869	280859	8665885
	LS-40	E. N. Ayllon	120	281680	8665877	281795	8665802
	LS-41		120	281697	8665848	281793	8665784
	LS-42	E. Circunvalacion	120	282401	8665637	282516	8665627
	LS-43		120	282433	8665606	282547	8665596
ETAPA 2 - Línea 4	LS-44	E. Gambeta	120	268738	8672776	268846	8672737
	LS-45		120	268720	8672762	268850	8672715
	LS-46	E. Canta Callao	120	269648	8672295	269698	8672192
	LS-47		120	269629	8672290	269690	8672166
ETAPA 1B	LS-48	E. N. Ayllon	115	281598	8666014	281646	8665941
	LS-49		115	281547	8665988	281637	8665926
	LS-51		115	281506	8665960	281601	8665896
	LS-52	PV17	115	281905	8665751	282012	8665708
	LS-53		115	281816	8665769	281923	8665727
	LS-54		115	281966	8665586	282027	8665684
	LS-55		115	282020	8665707	282129	8665670
	LS-56		115	282103	8665656	282216	8665634
	LS-57	17+850	115	283548	8665574	283661	8665596
	LS-58		115	283662	8665445	283684	8665558
	LS-59		115	283673	8665600	283786	8665621
	LS-60	18+450	115	283993	8665657	284106	8665676
	LS-61		115	284309	8665745	284404	8665811
	LS-62	26+400	115	290724	8669691	290821	8669753
	LS-63		115	290718	8669662	290817	8669722
LS-64	115		290860	8669782	290959	8669841	
LS-65	115		290983	8669785	291097	8669772	

Tabla 21: Líneas sísmicas de refracción realizadas en la campaña Prioridad 2.

ETAPA	CODIGO	UBICACION	LONG	COORDENADAS PUNTO MEDIO	
				ESTE	NORTE
ETAPA 2	PS-32	E. Puerto del Callao	50	267105	8666797
	PS-33			267135	8666780
	PS-34			267176	8666742
	PS-35	E. Buenos Aires	50	268513	8666043
	PS-36			268562	8666050
	PS-37			268611	8666058
	PS-38	E. Juan Pablo II	50	269644	8666235
	PS-39			269691	8666243
PS-40	269743			8666252	
ETAPA 1B	PS-41	E. 28 de Julio	50	280837	8665887
	PS-42			280787	8665879
	PS-43			280738	8665870
	PS-44	E. N. Ayllon	50	281670	8665900
	PS-45			281713	8665869
	PS-46			281742	8665842
	PS-47	E. Circunvalacion	50	282433	8665631
	PS-48			282481	8665631
PS-49	282526			8665622	
ETAPA 2 - Línea 4	PS-50	E. Gambeta	50	268763	8672768
	PS-51			268809	8672748
	PS-52	E. Canta Callao	50	268873	8672726
	PS-53			269642	8672282
	PS-54			269667	8672239
PS-55			269689	8672192	

Tabla 22: Perfiles sísmicos MASW realizados en la campaña Prioridad 2.



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000633

ETAPA	CODIGO	UBICACION	LONG	COORDENADAS			
				INICIO		FINAL	
				ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
ETAPA 1B	RE6	E. Circunvalacion	145	282410	8665628	282548	8665623
	RE7	E. N. Ayllon	145	281642	8665925	281763	8665829
	RE8	E. 28 de Julio	150	280704	8665876	280841	8665895
ETAPA 2	RE9	E. Juan Pablo II	150	269612	8666218	269747	8666249
	RE10	E. Buenos Aires	150	268504	8666041	268643	8666058
	RE11	E. Puerto del Callao	120	267087	8666790	267206	8666718
	RE12	E. Gambeta	195	268714	8672785	268840	8672738
	RE13	E. Canta Callao	195	269649	8672294	269709	8672174

Tabla 23: Ensayos de resistividad eléctrica realizados en la campaña Prioridad 2.

### 3 GEOLOGÍA

La geología de Lima se encuentra descrita ampliamente en la bibliografía existente, incluyendo en este documento una reseña de la misma y centrándose en la estratigrafía de detalle del área afectada por los trazados de las líneas 2 y el ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

A grandes rasgos, los trazados en estudio afectarán mayoritariamente a los materiales granulares gruesos que constituyen el Aglomerado de Lima. Estos depósitos cuaternarios aluviales del cono defectivo del río Rimac se encuentran formados por cantos rodados (gravas subredondeadas de naturaleza ígnea y volcánica), arenas y, en menor medida, arcillas y limos, dispuestos de forma desordenada. Superpuestos a estos materiales se encuentran los depósitos de terraza más modernos del río Rimac, los cuales aparecen con las mismas granulometría pero con un mayor orden interno. Sobre estos materiales groseros se encuentran niveles métricos de arcillas y limos, sin gravas, con relativa plasticidad y poco consistentes. Superficialmente se pueden encontrar rellenos de origen antrópico contaminado de espesor variable entre 1 y 5 m.

Bajo los materiales del Cuaternario se encuentran formaciones correspondientes a la cuenca sedimentaria de Lima, con edades del Jurásico al Cretácico Superior. Estos materiales se encuentran constituidos por facies volcánico-sedimentaria de la formación Arahua, el Grupo Puente de Piedra de origen volcánico, la formación volcánica Yangas y los sedimentos de la formación Pamplona y Atacongo. Posteriormente se emplazaron los materiales magmáticos del grupo Casma, la intrusión del Batolito de la Costa y diques andesíticos asociados a los dos últimos episodios. Así pues, *entre los pp.kk. 15+400 - 19+125 y localmente en el p.k. 26+640 del trazado de la línea 2, se ha reconocido el basamento rocoso, habiendo detectado rocas ígneas de tipo plutónicas (dioritas y tonalitas) que pudieran corresponder al Batolito de la Costa, anteriormente citado.*

Un aspecto destacable es la existencia de niveles freáticos en los trazados previstos, habiendo podido considerar la existencia de un nivel o napa freática en el inicio de la línea 2 (pp.kk. 0+000 - 5+200) y en la totalidad de la línea 4 (pp.kk. 0+000 - 7+643). El nivel freático se encuentra relacionado con la conexión hidráulica de la línea de costa y la pérdida del río Rimac, habiéndose representada la napa freática en los perfiles geológico-geotécnicos elaborados.

#### 3.1 **ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL**

La zona objeto de estudio se encuentra entre la unidad morfoestructural de la llanura preandina y la Cordillera Occidental. La llanura preandina constituye una faja angosta y desértica formada por una cobertera de terrazas marinas, depósitos aluviales y acumulaciones eólicas que cubren rocas volcano-sedimentarias de edad cretácica, intrusivos del batolito de la Costa y secuencias marinas y continentales del Paleógeno-Neógeno. En cambio la cordillera Occidental forma la cordillera más elevada del sistema Andino con una línea de cumbres paralela a la costa. Litológicamente está constituida principalmente por sedimentos mesozoicos sobre un basamento paleozoico, la prolongación del batolito de la Costa, el batolito de la Cordillera Blanca y por secuencias volcano-sedimentarias y volcánicas del Cenozoico, tal y como se puede observar en la **Figura 2**, mostrada a continuación.

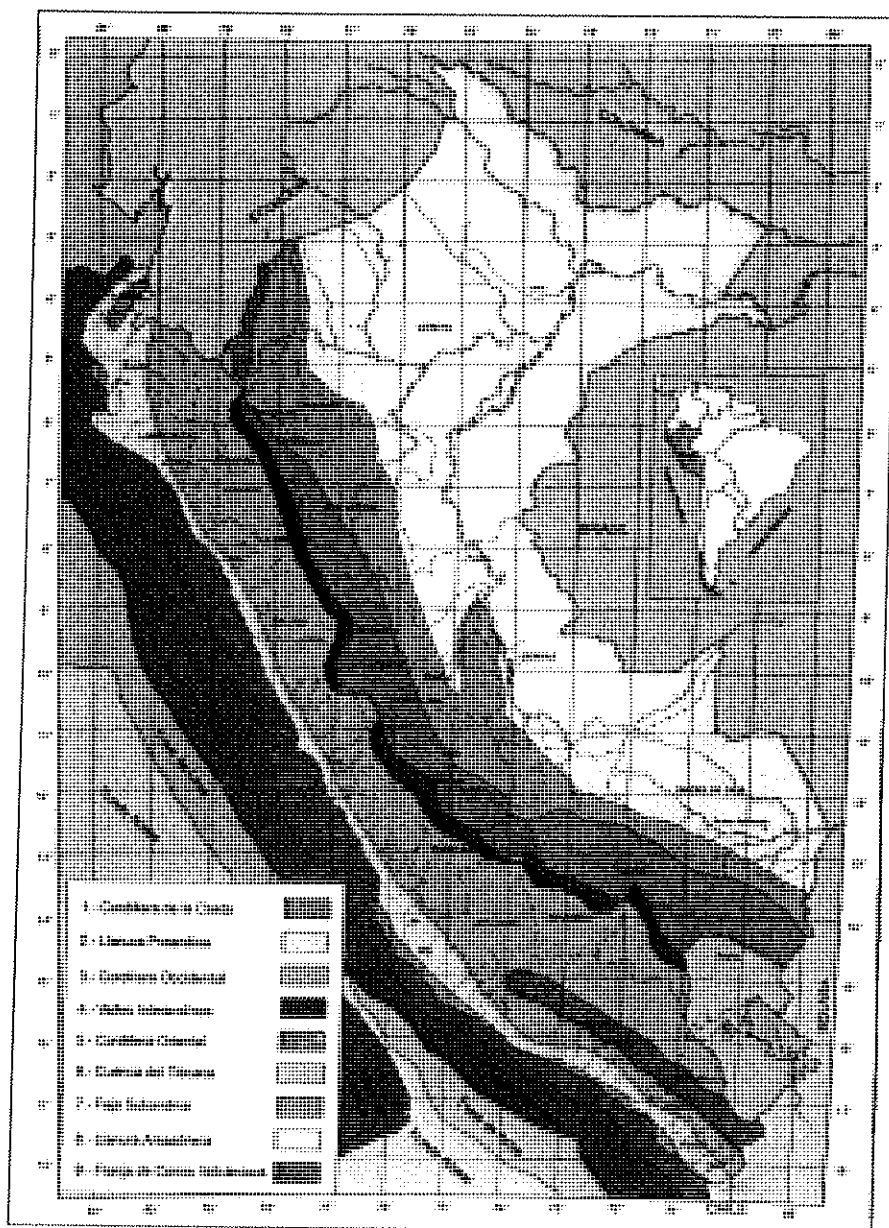
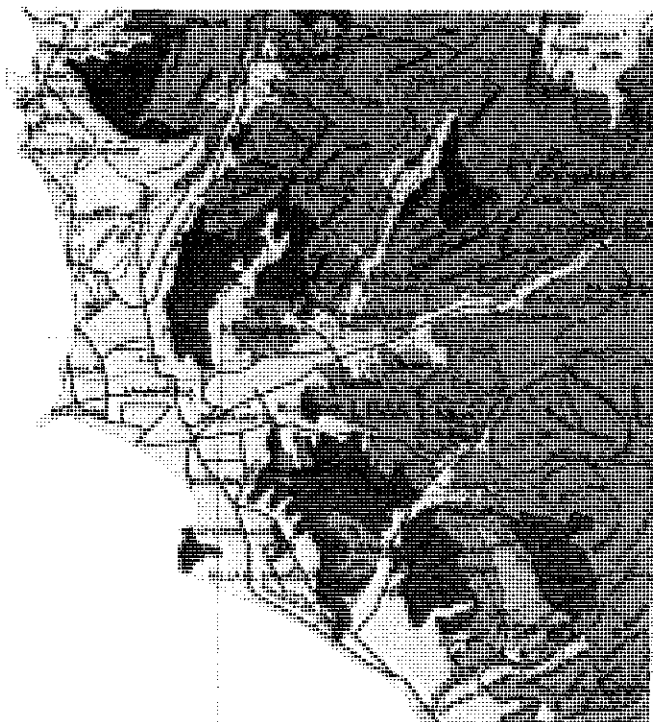


Figura 2: Mapa de unidades morfoestructurales del Perú. Memoria Explicativa del mapa geológico del Perú 1.000.000. INGEMMET, 1999.

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

La secuencia estratigráfica de la zona está formada, en la base, por rocas volcano-sedimentarias del Grupo Puente Piedra cuyos focos de emisión estuvieron en la cuenca del Pacífico en tiempos del Jurásico Terminal y la base del Cretácico Inferior. Continúa la secuencia con las unidades siliciclásticas de ambiente continental (Grupo Morro Solar) y secuencias marinas de las formaciones Pamplona y Atocongo (Valanginiano Terminal-Aptiano) y se encuentran cubiertas de rocas volcánicas marinas con ciclos sedimentarios depositados en el intervalo Albiano – Cenomaniano (Grupo Casma). En la **Figura 3** se muestra la distribución estratigráfica de la zona de estudio.

000636



**Figura 3: Mapa geológico del Perú 500,000. INGEMMET, 1999.**

Complementariamente las rocas ígneas tomaron relevancia debido al plutonismo de la región. Éstos constituyen la mayoría de los afloramientos rocosos de la zona, que corresponden a intrusiones múltiples y complejas formadas predominantemente de tonalitas y granodioritas pertenecientes al Batolito de la Costa (segmento Lima) y con una evolución geoquímica de dos tipos de ritmo: básico-ácido, uno superpuesto al otro que se caracterizan por su carácter calcoalcalino.

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

### 3.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este apartado se realiza un análisis de las características geológicas de los distintos tipos de materiales que componen las formaciones geológicas existentes a lo largo del trazado y que tienen representación en cartográfica. De ellos se ofrece una descripción de los aspectos litoestratigráficos, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos más relevantes.

### 3.3 LITOESTRATIGRAFÍA

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

000637

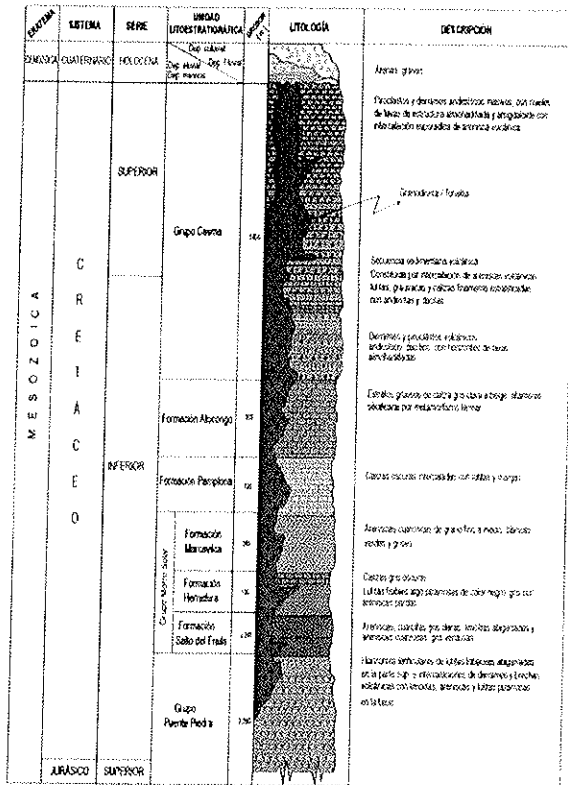


Figura 4: Columna estratigráfica de la región Chancay- Lima – Mala. Memoria explicativa del mapa geológico del Perú 1,000,000. INGEMMET, 1999.

A continuación, durante el Terciario, se producen varios episodios compresivos en un área ya emergida para posteriormente iniciarse un intenso proceso erosivo que continúa hasta la actualidad. Durante este período erosivo se produce la denudación de las cordilleras de la región y se configura la actual red de drenaje. Con ella se forma los valles profundos de las cuencas alta y media del río Rimac y Chillón y se interdigitan en forma de abanicos aluviales bajo la ciudad de Lima formando una gran secuencia aluvial denominada "conglomerado de Lima" que constituye la formación principal por donde discurrirá el trazado previsto.

Por tanto, desde el punto de vista litoestratigráfico, se pueden diferenciar dos grandes grupos de materiales dentro de la zona estudiada:

- Rocas intrusivas
  - Jurásico. Corresponde al basamento de la región y lo constituyen gabrodoritas de la superunidad Patap. Se localiza al Norte de Huachipa, por lo que no afectará los trazados proyectados y no será objeto de un estudio detallado.
  - Cretácico. Lo constituyen las unidades plutónicas de la superunidad Santa Rosa formadas mayoritariamente por tonalitas y dioritas. Este grupo de materiales afectan al trazado previsto de la línea 2 (pp.kk. 15+400 y 19+125).
- Depósitos sedimentarios
  - Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno. Bajo esta denominación se tratarán a los depósitos aluviales en general que son los materiales sobre los cuales se emplaza principalmente el Proyecto. Se pueden diferenciar dentro de este grupo depósitos aluviales finos y groseros. Son los materiales con mayor presencia en el tramo estudiado.

A continuación se procede a describir de forma más detallada las formaciones sedimentarias cuaternarias afectadas por el trazado previsto, comenzando por las de mayor edad. 000638

Estos sedimentos aparecen a lo largo de todo el trazado, correspondiendo en su mayor parte a sedimentos fluviales asociados al río Rimac. Otros depósitos cuaternarios que serán afectados corresponden a una importante acumulación de rellenos antrópicos, debidos fundamentalmente a la intensa actividad humana sobre los márgenes del río Rimac cuyo objetivo principal además de favorecer líneas de comunicación es la protección frente a las crecidas del río. A continuación se describen las distintas unidades afectadas:

- Depósitos aluviales pleistocenos (GP-S)

Corresponden a los depósitos antiguos del río Rimac provenientes de la denudación de la Cordillera Occidental y Batolito Costero. Estos forman el cono deyectivo del Rimac, el cual alcanza, según estudios geofísicos los 400 m de potencia en zonas centrales.

Son sedimentos depositados por la acción de un río del tipo trenzado (braided-river channels), aunque actualmente se encuentra muy encauzado, todavía pueden verse retazos de esta actividad al Norte del trazado, donde los canales se entrelazaban, colmatan y migran lateralmente. De estos canales se depositan principalmente gravas de textura clasto – soportada mostrando una imbricación clara, en ciertos sectores. Hacia los bordes de los distintos canales se depositan los sedimentos más finos, en un ambiente de llanura de inundación donde se generan grietas de desecación y arenas gruesas de laminación plana oblicua.

La mayor parte del trazado muestra materiales poco consolidados de naturaleza conglomerática, constituidos por gravas y gravillas, de forma subredondeada a redondeada de naturaleza intrusiva y volcánica, en matriz limo–arenosa, no plástica, con intercalaciones de horizontes lenticulares de material areno–limoso correspondientes, como se ha indicado antes, a depósitos de canales. No obstante, en algunos sectores, sobre todo en la zona central del trazado se han detectado niveles de granulometría más fina correspondientes a antiguas llanuras de inundación del Rimac.

- Depósitos aluviales recientes

Son los sedimentos aluvionares que ocupan el curso actual del río Rimac, que no se afectan en el trazado de la línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

El curso del río Rimac se caracteriza por presentar corrientes del tipo braided (trenzadas, entrecruzadas o entrelazadas). Éstas se definen como ríos con canales-láminas de aguas múltiples con baja sinuosidad y con una alta capacidad de carga-sedimentación, formando grandes llanuras aluviales y rellenos de cuencas. Son fenómenos debidos al solape-coalescencia de barras o médanos aluvionares (llamadas de barras o de canal), tanto marginales como interiores a la corriente y longitudinales o transversales. Su funcionamiento comprende erosión en un flanco y sedimentación en el opuesto de cada lazo o trenza. En cualquier caso, presenta una alta competencia, con carga de granulometría gruesa o muy gruesa (grava y bloques), llegando a arrastrar grandes bloques. Éstos presentan una alta esfericidad y redondeamiento y usualmente carecen de matriz o son granosoportados.

- Rellenos antrópicos

Se consideran como tales todos los depósitos originados por la acción del hombre sobre el medio. Por un lado, materiales naturales mezclados con escombros, vertidos y basura, y por otro los rellenos asociados a las vías de comunicación. Debido a sus diferentes condiciones de compactación, se han diferenciado en la cartografía geológica (con tramas y simbología diferentes).

- Rellenos vertidos (RV): Estos rellenos son producto de la actividad humana, ligados a rellenos no compactados, correspondientes a vertidos, derrames de



En este periodo se ha ido formando la estructura más importante de la zona, el anticlinal de Lima. Asimismo contemporáneo a este plegamiento se observa un fallamiento longitudinal, ligeramente oblicuo a la dirección de los pliegues, haciéndolo más notable en la falla de Pueblo Viejo, ubicada en el flanco Nororiental del anticlinal. 000641

### Fase del Terciario Inferior

Se caracteriza por un fracturamiento transversal a la estructuración andina y que obedece a un sistema compuesto por dos familias de fracturas cuyo rumbo es: E-O a NE-SO de movimiento sinistral y NNE-SSW de movimiento dextral. Igualmente ha reactivado antiguas discontinuidades y ha generado abundantes fallas conjugadas.

También se han producido durante esta fase, un sistema de diques de dirección NE-SO a E-O controlados por fracturas de extensión en echelón y que pueden verse en las rocas del Batolito de la Costa. No obstante, no se formaron pliegues durante esta fase, sin embargo el rumbo de cizallamiento presenta la misma dirección que la fase anterior.

### Fase del Terciario Superior

Esta fase da lugar a la generación de un fallamiento longitudinal de gran extensión de dirección N10°E a N100° dado el carácter compresivo de la misma. Igualmente incluye microfracturas de tensión, microfallas inversas y microfallas de rumbo conjugado, asociados a las mismas y con una dirección de N70°E a E-O. También diques andesíticos de dirección N150°E a N-S afectando a las rocas mesozoicas y al batolito de la Costa. Igualmente se han generado reajustes en las estructuras anteriores.

El análisis microtectónico manifiesta una compresión N10°O a N-S y una extensión de N80°E a E-O.

### Fase cuaternaria

No existen pruebas claras sobre los movimientos durante el Cuaternario, no obstante, durante el Pleistoceno debieron ocurrir levantamientos análogos con la orogenia andina. Se observan terrazas fluviales levantadas hasta 30-40 m.

Igualmente es probable el hundimiento subsidente al Noreste de Lima debido al peso de los materiales que acarrea el río Rimac.

### 3.4.1 Zonificación Tectónica

La deformación cuaternaria de la corteza tiene su origen en la subducción de la placa de Nazca debajo de la Sudamericana, teniendo como máxima expresión superficial a la cadena Andina. Los Andes Peruanos se ubican en la zona central de la Cordillera de los Andes, que se extiende desde el Golfo de Guayaquil (4°S) hasta el Golfo de Penas en Chile (46.5° S).

Según Macharé et al (2003), en los Andes Peruanos se distingue la existencia de dos zonas en función a la geometría de la subducción, llamadas Zona Norte y Zona Central. Durante el Mesozoico temprano, el Sector Norte (4°S a 14°S), fue dominado por un tectonismo extensional y la subducción de tipo plano y poco profundo, produjo la deformación continental con la formación de los Andes y su engrosamiento dio origen, por ejemplo, a la Cordillera Blanca donde se presenta un número significativo de fallas normales activas, así como también a una importante actividad sísmica superficial sobre la Cordillera Oriental y a la zona Subandina, lugares dominados por fallas inversas derivadas de estructuras en plegamiento. Un comportamiento atípico de esta zona es la falta de actividad volcánica. En la zona central (14°S a 27°S), el proceso de subducción se presenta de manera continua hasta profundidades de 300 km con un ángulo de 30° facilitando la formación del arco volcánico activo. En esta zona, el



cambio brusco en el ángulo de subducción es debido a la presencia de la Dorsal de Nazca que también subduce bajo la placa Sudamericana.

Los principales procesos orogénicos que se desarrollan en el continente debido a la colisión de la placa de Nazca con la placa continental Sudamericana se encuentran los siguientes (Bernal y Tavera, 2002):

##### La Fosa Marina

La Fosa Marina peruano-chilena se encuentra paralela a línea de costa a distancias medias de 90 a 200 km indicando el límite de contacto entre la placa oceánica y la placa continental. Esta fosa alcanza profundidades de hasta 8,000 m y se encuentra formada por sedimentos que han sido depositados sobre rocas pre-existentes.

##### La Cordillera Andina

La Cordillera Andina se ha formado como producto del proceso de compresión entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana en diferentes procesos orogénicos. Esta cordillera está conformada en general por rocas ígneas plutónicas que afloraron a la superficie terrestre por procesos tectónicos. La Cordillera Andina se distribuye en el Perú de Norte a Sur, alcanzando un ancho de 50 km aproximadamente en las regiones norte y centro, y hasta de 300 km en la región sur. Así mismo, se orienta en promedio en dirección NW-SE, aunque a la altura de la latitud 5°S se orienta en dirección NE-SO debido a la deflexión de Huancabamba y a la altura de la latitud de 13°S en dirección E-W a lo largo de la deflexión de Abancay.

##### Los Sistemas de Fallas

Los diferentes sistemas de fallas que se distribuyen en la zona continental se han formado como un efecto secundario de la colisión de la placa oceánica con la placa continental. Este proceso generó la presencia de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre. Los sistemas de fallas mayormente se localizan en el altiplano y en la región Subandina de Norte a Sur, así como también en los pies de las cordilleras o nevados y entre los límites de la Cordillera Occidental y la zona costera.

##### La Dorsal de Nazca

Esta cadena montañosa o cordillera se encuentra en el océano Pacífico entre las latitudes 15°S y 19°S, y tiene su origen en el proceso de distensión de la corteza oceánica hace 5 a 10 millones de años. Esta dorsal tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica de la parte occidental del continente, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de varios rasgos tectónicos. En la parte oceánica, la Dorsal de Nazca divide la Fosa Oceánica en la Fosa de Lima y la Fosa de Arica.

##### Sistemas de Fallas en la Región Central del Perú

Las fallas son producidas por la ruptura de una parte de la corteza, lo que ocasiona una discontinuidad en la estructura geológica. Existen tres tipos de fallas en función de su geometría: fallas normales, que indican alargamiento de la corteza; fallas inversas, que indican acortamiento de la corteza; y fallas transcurrentes, que indican desplazamiento predominantemente horizontal. Debido a la estrecha relación entre la actividad sísmica y la tectónica, se describen a continuación los sistemas de fallas que tienen influencia sobre la zona del proyecto.

De acuerdo al trabajo desarrollado por Macharé et al (2003), en la región de estudio se ha identificado la presencia de los siguientes sistemas de fallas:

##### Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca (PE-06)

Es el mayor sistema de fallas activas de la zona Norte del Perú, se extiende desde la localidad de Corongo hasta Chiquian, al norte y sur de Huaraz, a lo largo del Callejón de Huaylas. Esta falla es de tipo normal, tiene una longitud de cerca de 210 km y exhibe evidencias geomorfológicas continuas de desplazamientos verticales repetidos en el Pleistoceno y Holoceno, a razón de 1 mm/año. Según su geometría y características estructurales se han identificado cuatro secciones: La Sección A, de 42.9 km de longitud, localizada en el extremo norte del Sistema, la Sección B de 76.8 km, la Sección C de 54.4 km y la Sección D localizada en el extremo Sur del sistema, de 32.4 km de longitud. El movimiento más reciente de estas fallas se estima que ha ocurrido en el Holoceno o en la época post-glacial.

##### Falla de Cayesh (PE-07)

Esta falla se ubica al Este de la localidad de Cayesh, en la Cordillera Oriental de la región centro del Perú, en la parte Noreste del cuadrángulo de Tarma. Esta falla tiene un trazo casi continuo al Norte y Sur de Cayesh, con una longitud total de 60 km y sentido normal. Entre la Laguna Tingo y la Laguna Capacocha el trazo de la falla es discontinuo y existen varias escarpas de fallas perpendiculares al trazo principal de la falla. Cerca al extremo Sur de la falla, al Sur de la Laguna Capacocha, la falla presenta una geometría de "cola de caballo". Su movimiento más reciente corresponde al Holoceno o época post-glacial.

##### Falla San Lorenzo

Según Sebrier et al (1982), a pocos kilómetros y frente a la ciudad de Lima, existe una falla conocida como San Lorenzo, con posible origen durante el Cuaternario. La existencia de esta falla ha sido deducida de la diferencia de comportamientos verticales existente entre el continente y la isla San Lorenzo; es decir, la costa central del Perú ha estado sometida a un régimen de hundimiento durante todo el Cuaternario; mientras que el bloque Oeste se levantaba. De la comparación de las alturas a que se hallan los niveles holocenos, tal falla habría actuado como máximo en el Pleistoceno Superior y por lo tanto, no tiene las características de una falla activa pese a ser reciente. El perfil batimétrico entre el Callao y San Lorenzo muestra la presencia de una depresión denominada El Boquerón, que posiblemente indica la traza de la mencionada falla, cuya longitud se podría estimar en 30 km.

En cuanto a la neotectónica de la región, entendiéndose por tal la que describe el estudio de procesos y estructuras que se han propagado o reactivado dentro del campo de esfuerzos de deformación que aún están en actividad, cabe destacar en primer lugar la zona de subducción de Nazca que se encuentra en alta mar, a unos 150 km al oeste de la zona de estudio y que se extiende de norte a sur a lo largo de toda la costa occidental de América del Sur. Su tasa de movimiento es elevada, mayor a 0,6 mm/año y es la responsable de la mayoría de los grandes sismos ocurridos en las costas occidentales de Sudamérica. Algunos de ellos son el de 1906 (Ecuador), 1960 (Chile) y 2001-2007 (Perú), con magnitudes de M8, M9.5, M8.2 y M7.9 respectivamente.

Así mismo es de destacar por su proximidad los lineamientos de la zona de Casta y Huanza y la falla de Montejato ubicada al sureste del distrito de San Vicente de Cañete región Lima. Se trata de una falla normal que afecta depósitos de la formación Cañete del Cuaternario superior y depósitos de la formación Pisco (Plioceno). Las estrías son normales y posteriores a unas inversas con tendencias este-oeste. El salto vertical en algunos casos llega a los 7 m, la edad de reactivación de estas fallas corresponde al Cuaternario inferior a medio.

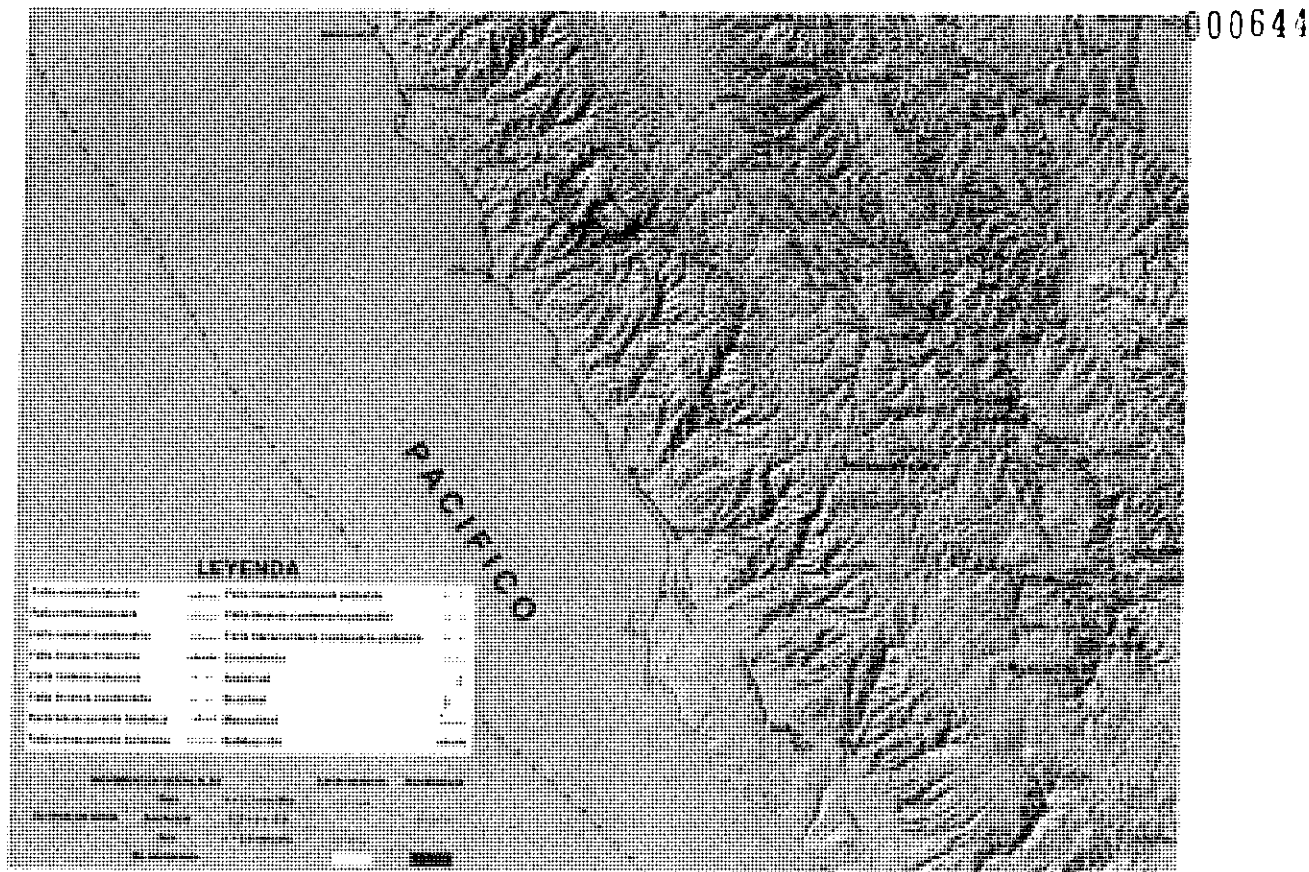


Figura 6: Recorte del mapa Neotectónico del Perú. INGEMMET (2008).

**3.4.2 Sismicidad y peligro sísmico**

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada fue dada por la UNDR0 (1980), según la cual la peligrosidad H (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, X, en un emplazamiento S, mediante la siguiente expresión:

$$H = P [X(S) \geq X_0; t];$$

P representa entonces la probabilidad de superación de un valor umbral X<sub>0</sub> del parámetro elegido durante un tiempo t.

Dado que los parámetros inherentes al movimiento son el desplazamiento, la velocidad y la aceleración, la peligrosidad es a menudo estimada en función de los valores máximos de estos parámetros, denominados habitualmente PGD, PGV y PGA (Peak ground displacement, PGD; Peak ground velocity, PGV; Peak ground acceleration, PGA), pero también es habitual su expresión en términos de Intensidad macrosísmica, relacionada con la destructividad del terremoto. La elección del parámetro depende de los condicionantes propios de la evaluación y de la aplicación a la que ésta vaya dirigida.

Los métodos de evaluación de la peligrosidad se clasifican en dos grandes grupos:

- Deterministas. Asumen la hipótesis de estacionariedad de la sismicidad, considerando que los sismos futuros se producirán análogamente a como lo hicieron en el pasado y conducen a la estimación de la energía máxima, expresada por los valores máximos del

parámetro empleado para su descripción. Éstos concluyen normalmente, con una intensidad o magnitud máxima esperada en el emplazamiento, que se interpreta como la mayor intensidad/magnitud que se va a sentir en el mismo como consecuencia de cualquier terremoto en la zona circundante.

- o Probabilistas.- Deducen las relaciones de recurrencia de los fenómenos sísmicos de una zona a partir de la información existente en la misma y con ellas obtienen las funciones de probabilidad de los parámetros buscados. Estas funciones asocian a cada valor del parámetro una probabilidad anual de excedencia, o bien un periodo de retorno, que se define como el valor inverso de esa probabilidad. Así un posible resultado sería una intensidad VIII en el emplazamiento con probabilidad anual de ser superada de 0,002, o bien esa misma intensidad con periodo de retorno de 500 años. El periodo de retorno indica el periodo en años en el que se espera que la intensidad del movimiento sobrepase el nivel de referencia (en el ejemplo VIII), con probabilidad del 64 %.

Los resultados del análisis dependen, por tanto, del método elegido, así como de la extensión del estudio.

La predicción del movimiento en un emplazamiento dado requiere agregar la contribución de los tres factores que intervienen: radiación generada en la fuente, propagación a través del medio y efecto local del suelo en el emplazamiento en cuestión. El problema, de gran complejidad, es necesariamente simplificado en estudios de peligrosidad, sobre todo cuando éstos se realizan a escala regional.

Así, para tener en cuenta el término fuente se analiza la sismicidad de la región de influencia para un emplazamiento dado, se identifican las fallas activas en la misma y las zonas sismogénicas, y éstas se caracterizan por las leyes de recurrencia de la sismicidad asociada o por los máximos sismos potenciales. De esta forma se contempla la actividad de las fuentes que pueden generar movimiento en un emplazamiento dado: caracterizando tanto el tamaño como la distribución espacio-temporal de los sismos que ocurren en ellas.

El segundo aspecto que contribuye al movimiento es la propagación de las ondas a través de la trayectoria, desde la fuente hasta el emplazamiento donde se realiza la predicción. En el trayecto la energía se atenúa, más o menos dependiendo del medio, y por ello es conveniente contemplar este hecho estimando leyes de atenuación específicas para cada zona.

Aplicando las leyes de atenuación con la distancia a los movimientos generados en las zonas fuente de los terremotos, es posible determinar el movimiento esperado en un cierto emplazamiento y a cierta distancia de la fuente; siempre que éste se localice en roca o suelo duro y no se encuentre en una irregularidad topográfica, en cuyo caso el propio emplazamiento no introduce una amplificación local al movimiento.

Si la composición del suelo bajo el emplazamiento es diferente a roca o existe una topografía irregular, para realizar una predicción realista del movimiento hay que considerar el tercer factor integrante de la agitación, es decir el efecto local, que puede amplificar o desamplificar notablemente la radiación incidente en la base rocosa.

### 3.4.2.1 Sismicidad del área de influencia

El conocimiento de la sismicidad de la región donde se quiere predecir el movimiento es el primer paso a seguir en todo estudio de peligrosidad; es necesario conocer bien la ocurrencia de terremotos en el pasado, para poder predecirla en el futuro. Previamente hay que definir la extensión de la zona cuya sismicidad puede afectar a un emplazamiento dado. Normalmente se establece como área de influencia un círculo de radio 200 Km alrededor del punto a estudiar e imponer el análisis de la sismicidad en la región comprendida dentro del mismo. A continuación, se presenta en la **Figura 3** la localización del proyecto.

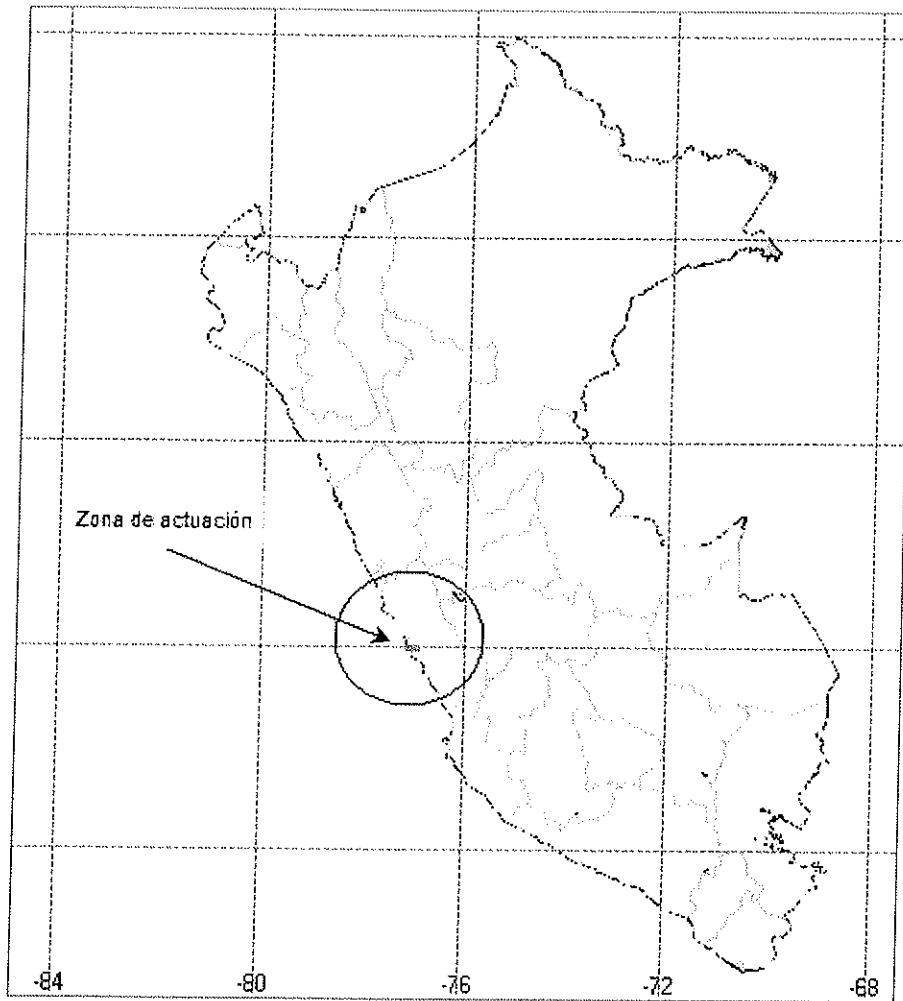


Figura 7: Zona de actuación.

### 3.4.2.2 Zonificación sismogénica

Las zonas fuentes son volúmenes de litosfera asociados a ciertas características tectónicas donde se presume que pueden ocurrir sismos con origen tectónico similar. Estas zonas se determinan en base a la sismicidad registrada e histórica y a la geología y tectónica.

En este estudio se han considerado siete fuentes sismogénicas de subducción divididas por mecanismos de interfase, de intraplaca o intermedias. Las fuentes de interfase se han denominado fuentes F3 y F4, las de intraplaca se han denominado F8 y F9 y las intermedias F12, F13 y F14. En la **Figura 8** puede observarse la distribución espacial de las distintas fuentes de subducción.

Por otro lado también se han considerado seis fuentes corticales, denominadas F15, F16, F17, F18, F19 y F20 las cuales se muestran en la **Figura 9**.

### 3.4.2.3 Base de datos sísmicos

La base de datos empleada en este estudio se ha generado a partir de los catálogos locales del Instituto Geofísico del Perú (IGP), el catálogo del International Seismological Centre (ISC) y del National Earthquake Center (NEIC) para el periodo 1963-2012 y para la zona de estudio con magnitudes momento  $M_w$  comprendidas entre 4 y 8,8.

En la **Figura 10**, mostrada a continuación, se recoge la distribución espacial de los hipocentros.



- o Pto 4: Cruce Vía de Evitamiento con Av. Carretera Central. P.K. 19+500 L2. Cerca de la estación de Evitamiento. Punto intermedio L2, Etapa 1A y presencia de relieves de macizos rocosos.
- o Pto 5: Cruce Av. Prolongación Javier Prado con Av. Carretera Central. P.K. 25+500 L2. Cerca de la estación Prolongación Javier Prado. Tramo final L2 y presencia de relieves de macizos rocosos.

Por tanto y de acuerdo a la tabla anterior, se establecen los distintos perfiles de suelo para las distintas zonas de actuación consideradas en los trazados de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del Metro de Lima y Callao, en base a la campaña geotécnica existente.

Zona de estudio		Coordenadas geográficas		Prospección	Vs <sub>30</sub> (m/s)	Clasificación del sitio (AASHTO, 2011)
		Latitud (S°)	Longitud (W°)			
Pto 1 Inicio L2	P.K. 1+800 L2	-77.128	360-760	PS-1/L2	360-760	C
Pto 2 Inicio L4	P.K. 1+150 L4	-77.117	360-760	PS-1/L4	360-760	C
Pto 3 Centro histórico	P.K. 11+700 L2	-77.042	360-760	LS-48	360-760	C
Pto. 4 Etapa 1A	P.K. 19+500 L2	-76.974	360-760	L48, L49	360-760	C
Pto 5 Final L2	P.K. 25+500 L2	-76.927	360-760	L125	360-760	C

Tabla 25: Clasificación del sitio en cada zona de análisis.

A partir de este análisis se han determinado, una aceleraciones promedios máximas de 0'32, 0'42, 0'51 y 0'64g para los periodos de retorno de 200, 475, 1.000 y 2.500 años respectivamente.

Y si tenemos en cuenta los emplazamientos seleccionados y las condiciones locales se estiman las siguientes aceleraciones máximas:

Zonas de estudio		Perfil de suelo	Factor Fa	Aceleración horizontal máxima (g) para periodos de retorno			
				200	475	1.000	2.500
Pto 1 Inicio L2	P.K. 1+800 L2	C	1,00	0,33	0,430	0,526	0,659
Pto 2 Inicio L4	P.K. 1+150 L4	C	1,00	0,326	0,423	0,517	0,655
Pto 3 Centro histórico	P.K. 11+700 L2	C	1,00	0,321	0,417	0,509	0,643
Pto. 4 Etapa 1A	P.K. 19+500 L2	C	1,00	0,314	0,409	0,499	0,634
Pto 5 Final L2	P.K. 25+500 L2.	C	1,00	0,309	0,402	0,489	0,619

Tabla 26: Aceleraciones máximas para los distintos emplazamientos analizados y los periodos de retorno considerados.

Por último, en el caso de considerar métodos pseudo-estáticos para el diseño de los taludes, se sugiere un factor equivalente igual a 0,50 según las recomendaciones de del Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos (U.S. Army corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), por lo que los coeficientes sísmicos horizontales para un periodo de retorno de 475 años en los distintos emplazamientos serían de 0,22g para el Punto 1, 0,21g para los puntos 2 y 3, 0,20g para los puntos 4 y 5.

000637

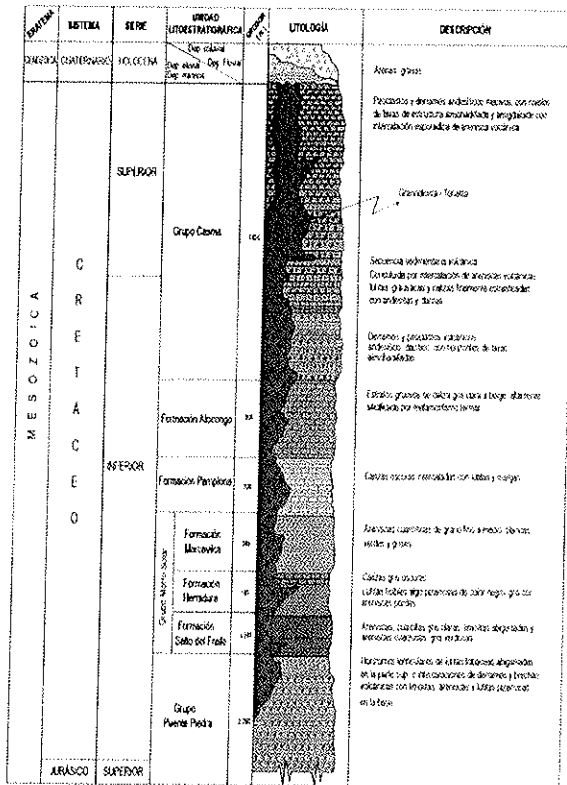


Figura 4: Columna estratigráfica de la región Chancay- Lima – Mala. Memoria explicativa del mapa geológico del Perú 1,000,000. INGEMMET, 1999.

A continuación, durante el Terciario, se producen varios episodios compresivos en un área ya emergida para posteriormente iniciarse un intenso proceso erosivo que continúa hasta la actualidad. Durante este periodo erosivo se produce la denudación de las cordilleras de la región y se configura la actual red de drenaje. Con ella se forma los valles profundos de las cuencas alta y media del río Rimac y Chillón y se interdigitan en forma de abanicos aluviales bajo la ciudad de Lima formando una gran secuencia aluvial denominada "conglomerado de Lima" que constituye la formación principal por donde discurrirá el trazado previsto.

Por tanto, desde el punto de vista litoestratigráfico, se pueden diferenciar dos grandes grupos de materiales dentro de la zona estudiada:

- Rocas intrusivas
  - Jurásico. Corresponde al basamento de la región y lo constituyen gabro-dioritas de la superunidad Patap. Se localiza al Norte de Huachipa, por lo que no afectará los trazados proyectados y no será objeto de un estudio detallado.
  - Cretácico. Lo constituyen las unidades plutónicas de la superunidad Santa Rosa formadas mayoritariamente por tonalitas y dioritas. Este grupo de materiales afectan al trazado previsto de la línea 2 (pp.kk. 15+400 y 19+125).
- Depósitos sedimentarios
  - Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno. Bajo esta denominación se tratarán a los depósitos aluviales en general que son los materiales sobre los cuales se emplaza principalmente el Proyecto. Se pueden diferenciar dentro de este grupo depósitos aluviales finos y groseros. Son los materiales con mayor presencia en el tramo estudiado.

A continuación se procede a describir de forma más detallada las formaciones sedimentarias cuaternarias afectadas por el trazado previsto, comenzando por las de mayor edad. 000638

Estos sedimentos aparecen a lo largo de todo el trazado, correspondiendo en su mayor parte a sedimentos fluviales asociados al río Rimac. Otros depósitos cuaternarios que serán afectados corresponden a una importante acumulación de rellenos antrópicos, debidos fundamentalmente a la intensa actividad humana sobre los márgenes del río Rimac cuyo objetivo principal además de favorecer líneas de comunicación es la protección frente a las crecidas del río. A continuación se describen las distintas unidades afectadas:

- Depósitos aluviales pleistocenos (GP-S)

Corresponden a los depósitos antiguos del río Rimac provenientes de la denudación de la Cordillera Occidental y Batolito Costero. Estos forman el cono deyectivo del Rimac, el cual alcanza, según estudios geofísicos los 400 m de potencia en zonas centrales.

Son sedimentos depositados por la acción de un río del tipo trenzado (braided-river channels), aunque actualmente se encuentra muy encauzado, todavía pueden verse retazos de esta actividad al Norte del trazado, donde los canales se entrelazaban, colmatan y migran lateralmente. De estos canales se depositan principalmente gravas de textura clasto – soportada mostrando una imbricación clara, en ciertos sectores. Hacia los bordes de los distintos canales se depositan los sedimentos más finos, en un ambiente de llanura de inundación donde se generan grietas de desecación y arenas gruesas de laminación plana oblicua.

La mayor parte del trazado muestra materiales poco consolidados de naturaleza conglomerática, constituidos por gravas y gravillas, de forma subredondeada a redondeada de naturaleza intrusiva y volcánica, en matriz limo–arenosa, no plástica, con intercalaciones de horizontes lenticulares de material areno–limoso correspondientes, como se ha indicado antes, a depósitos de canales. No obstante, en algunos sectores, sobre todo en la zona central del trazado se han detectado niveles de granulometría más fina correspondientes a antiguas llanuras de inundación del Rimac.

- Depósitos aluviales recientes

Son los sedimentos aluvionares que ocupan el curso actual del río Rimac, que no se afectan en el trazado de la línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

El curso del río Rimac se caracteriza por presentar corrientes del tipo braided (trenzadas, entrecruzadas o entrelazadas). Éstas se definen como ríos con canales-láminas de aguas múltiples con baja sinuosidad y con una alta capacidad de carga-sedimentación, formando grandes llanuras aluviales y rellenos de cuencas. Son fenómenos debidos al solape-coalescencia de barras o médanos aluvionares (llamadas de barras o de canal), tanto marginales como interiores a la corriente y longitudinales o transversales. Su funcionamiento comprende erosión en un flanco y sedimentación en el opuesto de cada lazo o trenza. En cualquier caso, presenta una alta competencia, con carga de granulometría gruesa o muy gruesa (grava y bloques), llegando a arrastrar grandes bloques. Éstos presentan una alta esfericidad y redondeamiento y usualmente carecen de matriz o son granosoportados.

- Rellenos antrópicos

Se consideran como tales todos los depósitos originados por la acción del hombre sobre el medio. Por un lado, materiales naturales mezclados con escombros, vertidos y basura, y por otro los rellenos asociados a las vías de comunicación. Debido a sus diferentes condiciones de compactación, se han diferenciado en la cartografía geológica (con tramas y simbología diferentes).

- Rellenos vertidos (RV): Estos rellenos son producto de la actividad humana, ligados a rellenos no compactados, correspondientes a vertidos, derrames de



tierras, diques de contención de avenidas, etc. Son depósitos de arena heterogénea, donde encontramos arenas, limos y arcillas con cantos y bolos, además de fragmentos de ladrillos, hormigón, etc. Se encuentran repartidos a lo largo de toda la zona de estudio de forma dispersa.

- o Rellenos compactados (RC): Estos rellenos son producto de la actividad humana y están ligados a infraestructuras lineales (carreteras y ferrocarril). Generalmente se corresponden con arenas-limosas con bolos de naturaleza variada. Suelen estar coronados por material granular. Rellenos compactados se encuentran a lo largo de toda la zona de estudio, ligados a infraestructuras lineales menores.

### 3.4 TECTÓNICA Y SISMICIDAD

El Perú se encuentra en el borde occidental del continente sudamericano y en cuyo territorio se emplaza longitudinalmente los Andes Centrales. Esta cadena montañosa se ubica sobre límites de placas convergentes la cual se caracteriza principalmente por la presencia de una zona de subducción. Por tanto, la deformación continental en el Perú se asocia, en general, a la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa Sudamericana o continental. Esta deformación se traduce en fallas con diferentes geometrías y cinemáticas, que a su vez son consecuencias de diversos regímenes tectónicos (extensión, compresión, tracción o transpresión).

Más concretamente, la zona de estudio se enclava en el dominio geotectónico de Casma según se desprende del mapa de dominios geotectónicos del Perú (**Figura 5**) el cual está caracterizado por su propia evolución sedimentaria, tectónica y magmática. Éste se sitúa en la costa y su límite oriental es el borde oeste de la Cordillera Occidental del Perú. Afloran unidades volcánicas, plutónicas y sedimentarias que son parte del sistema volcánico de arcos a arco continental, que es activo desde el Jurásico terminal como parte de la cuenca occidental y rellenada con secuencias volcano-sedimentarias de edad cretácica. Las rocas plutónicas corresponden al Batolito de la Costa. La actividad magmática más importante data de entre 120 y 110 M.a. donde se depositan más de 1,000 m de materiales volcánicos (Grupo Casma). Por las características mantélicas de los magmas y el volumen de emplazamiento de las unidades se estima que este dominio está constituido por una de las mayores adiciones de magma hacia la corteza. Los límites corresponden a los sistemas de fallas Conchao-Cocachacra e Ica que jugaron como normales en el Cretácico.

Esta tectónica se dio en fases sucesivas que devienen desde el Cretácico y continúan en el terciario inferior y Superior hasta posiblemente el Cuaternario. A continuación se detallan las distintas fases acontecidas:

#### Fase Cretácica

Corresponde con la primera manifestación tectónica desarrollada con posterioridad a la deposición de la pila sedimentaria marina, habiendo tenido durante el Cretácico inferior movimientos precursores oscilatorios en la cuenca, antes de llegar al levantamiento general de la región. Se trata de una fase compresiva con sus ejes de acortamientos dirección NE-SO.

Esta fase ocurre después del depósito del Grupo Casma y antes del Batolito de la Costa puesto que los cuerpos dioríticos de la Unidad Patap cortan en contactos francos las estructuras desarrolladas durante esta fase.

Durante esta fase se desarrollan pliegues plurikilométricos de amplio radio, asimétricos, isopacos y de dirección NNO-SSE. Igualmente se han desarrollado sistemas de fracturas transversales de rumbos conjugados, es decir NNE-SSO y ONO-ESE, respectivamente.

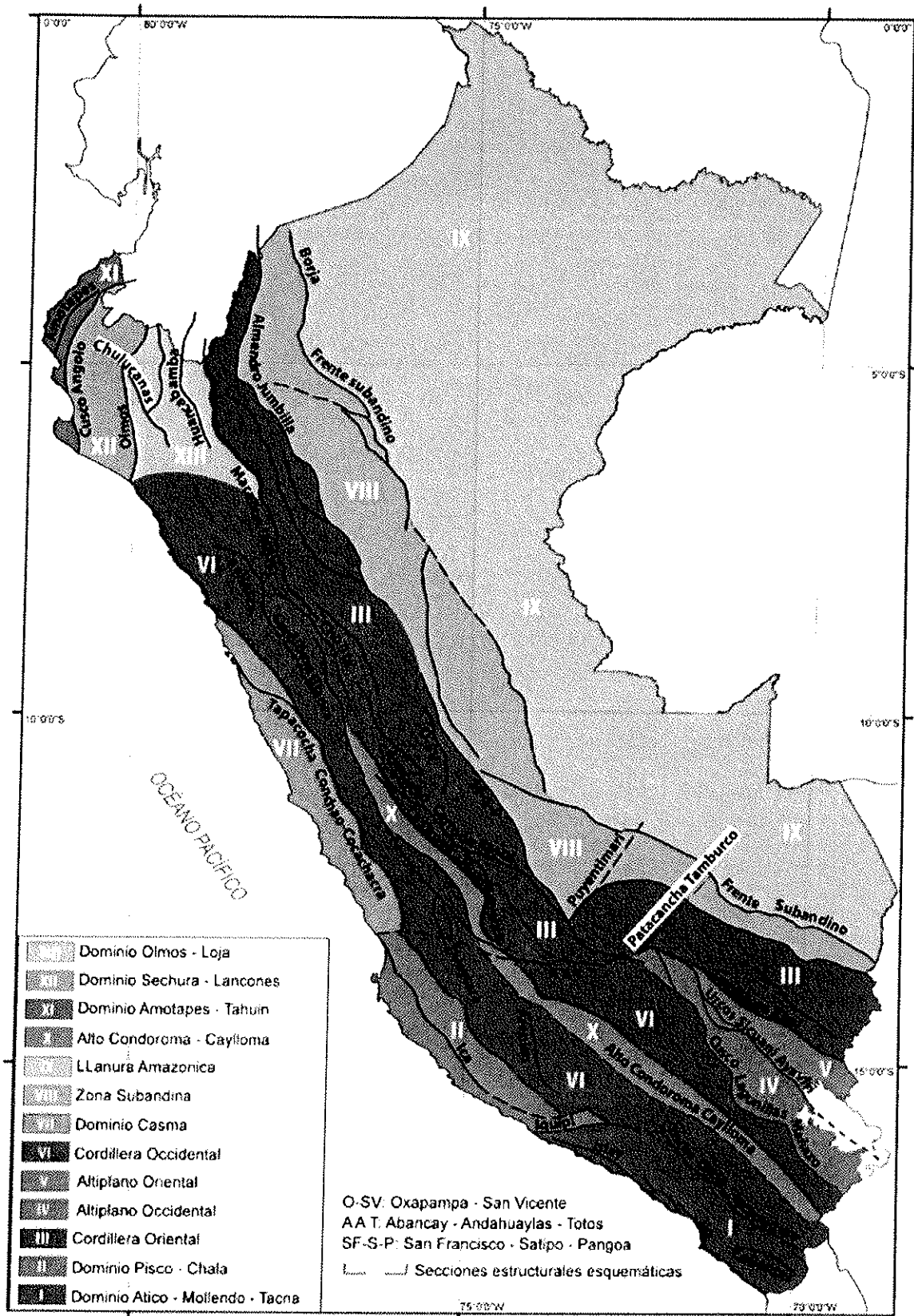


Figura 5: Mapa de dominios geotectónicos del Perú. (Carlotto et al., 2009).

En este periodo se ha ido formando la estructura más importante de la zona, el anticlinal de Lima. Asimismo contemporáneo a este plegamiento se observa un fallamiento longitudinal, ligeramente oblicuo a la dirección de los pliegues, haciéndolo más notable en la falla de Pueblo Viejo, ubicada en el flanco Nororiental del anticlinal. 000641

##### Fase del Terciario Inferior

Se caracteriza por un fracturamiento transversal a la estructuración andina y que obedece a un sistema compuesto por dos familias de fracturas cuyo rumbo es: E-O a NE-SO de movimiento sinistral y NNE-SSW de movimiento dextral. Igualmente ha reactivado antiguas discontinuidades y ha generado abundantes fallas conjugadas.

También se han producido durante esta fase, un sistema de diques de dirección NE-SO a E-O controlados por fracturas de extensión en echelón y que pueden verse en las rocas del Batolito de la Costa. No obstante, no se formaron pliegues durante esta fase, sin embargo el rumbo de cizallamiento presenta la misma dirección que la fase anterior.

##### Fase del Terciario Superior

Esta fase da lugar a la generación de un fallamiento longitudinal de gran extensión de dirección N10°E a N100° dado el carácter compresivo de la misma. Igualmente incluye microfracturas de tensión, microfallas inversas y microfallas de rumbo conjugado, asociados a las mismas y con una dirección de N70°E a E-O. También diques andesíticos de dirección N150°E a N-S afectando a las rocas mesozoicas y al batolito de la Costa. Igualmente se han generado reajustes en las estructuras anteriores.

El análisis microtectónico manifiesta una compresión N10°O a N-S y una extensión de N80°E a E-O.

##### Fase cuaternaria

No existen pruebas claras sobre los movimientos durante el Cuaternario, no obstante, durante el Pleistoceno debieron ocurrir levantamientos análogos con la orogenia andina. Se observan terrazas fluviales levantadas hasta 30-40 m.

Igualmente es probable el hundimiento subsidente al Noreste de Lima debido al peso de los materiales que acarrea el río Rimac.

#### 3.4.1 Zonificación Tectónica

La deformación cuaternaria de la corteza tiene su origen en la subducción de la placa de Nazca debajo de la Sudamericana, teniendo como máxima expresión superficial a la cadena Andina. Los Andes Peruanos se ubican en la zona central de la Cordillera de los Andes, que se extiende desde el Golfo de Guayaquil (4°S) hasta el Golfo de Penas en Chile (46.5° S).

Según Macharé et al (2003), en los Andes Peruanos se distingue la existencia de dos zonas en función a la geometría de la subducción, llamadas Zona Norte y Zona Central. Durante el Mesozoico temprano, el Sector Norte (4°S a 14°S), fue dominado por un tectonismo extensional y la subducción de tipo plano y poco profundo, produjo la deformación continental con la formación de los Andes y su engrosamiento dio origen, por ejemplo, a la Cordillera Blanca donde se presenta un número significativo de fallas normales activas, así como también a una importante actividad sísmica superficial sobre la Cordillera Oriental y a la zona Subandina, lugares dominados por fallas inversas derivadas de estructuras en plegamiento. Un comportamiento atípico de esta zona es la falta de actividad volcánica. En la zona central (14°S a 27°S), el proceso de subducción se presenta de manera continua hasta profundidades de 300 km con un ángulo de 30° facilitando la formación del arco volcánico activo. En esta zona, el

cambio brusco en el ángulo de subducción es debido a la presencia de la Dorsal de Nazca que también subduce bajo la placa Sudamericana.

Los principales procesos orogénicos que se desarrollan en el continente debido a la colisión de la placa de Nazca con la placa continental Sudamericana se encuentran los siguientes (Bernal y Tavera, 2002):

##### La Fosa Marina

La Fosa Marina peruano-chilena se encuentra paralela a línea de costa a distancias medias de 90 a 200 km indicando el límite de contacto entre la placa oceánica y la placa continental. Esta fosa alcanza profundidades de hasta 8,000 m y se encuentra formada por sedimentos que han sido depositados sobre rocas pre-existentes.

##### La Cordillera Andina

La Cordillera Andina se ha formado como producto del proceso de compresión entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana en diferentes procesos orogénicos. Esta cordillera está conformada en general por rocas ígneas plutónicas que afloraron a la superficie terrestre por procesos tectónicos. La Cordillera Andina se distribuye en el Perú de Norte a Sur, alcanzando un ancho de 50 km aproximadamente en las regiones norte y centro, y hasta de 300 km en la región sur. Así mismo, se orienta en promedio en dirección NW-SE, aunque a la altura de la latitud 5°S se orienta en dirección NE-SO debido a la deflexión de Huancabamba y a la altura de la latitud de 13°S en dirección E-W a lo largo de la deflexión de Abancay.

##### Los Sistemas de Fallas

Los diferentes sistemas de fallas que se distribuyen en la zona continental se han formado como un efecto secundario de la colisión de la placa oceánica con la placa continental. Este proceso generó la presencia de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre. Los sistemas de fallas mayormente se localizan en el altiplano y en la región Subandina de Norte a Sur, así como también en los pies de las cordilleras o nevados y entre los límites de la Cordillera Occidental y la zona costera.

##### La Dorsal de Nazca

Esta cadena montañosa o cordillera se encuentra en el océano Pacífico entre las latitudes 15°S y 19°S, y tiene su origen en el proceso de distensión de la corteza oceánica hace 5 a 10 millones de años. Esta dorsal tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica de la parte occidental del continente, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de varios rasgos tectónicos. En la parte oceánica, la Dorsal de Nazca divide la Fosa Oceánica en la Fosa de Lima y la Fosa de Arica.

##### Sistemas de Fallas en la Región Central del Perú

Las fallas son producidas por la ruptura de una parte de la corteza, lo que ocasiona una discontinuidad en la estructura geológica. Existen tres tipos de fallas en función de su geometría: fallas normales, que indican alargamiento de la corteza; fallas inversas, que indican acortamiento de la corteza; y fallas transcurrentes, que indican desplazamiento predominantemente horizontal. Debido a la estrecha relación entre la actividad sísmica y la tectónica, se describen a continuación los sistemas de fallas que tienen influencia sobre la zona del proyecto.

De acuerdo al trabajo desarrollado por Macharé et al (2003), en la región de estudio se ha identificado la presencia de los siguientes sistemas de fallas:

### Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca (PE-06)

Es el mayor sistema de fallas activas de la zona Norte del Perú, se extiende desde la localidad de Corongo hasta Chiquian, al norte y sur de Huaraz, a lo largo del Callejón de Huaylas. Esta falla es de tipo normal, tiene una longitud de cerca de 210 km y exhibe evidencias geomorfológicas continuas de desplazamientos verticales repetidos en el Pleistoceno y Holoceno, a razón de 1 mm/año. Según su geometría y características estructurales se han identificado cuatro secciones: La Sección A, de 42.9 km de longitud, localizada en el extremo norte del Sistema, la Sección B de 76.8 km, la Sección C de 54.4 km y la Sección D localizada en el extremo Sur del sistema, de 32.4 km de longitud. El movimiento más reciente de estas fallas se estima que ha ocurrido en el Holoceno o en la época post-glacial.

### Falla de Cayesh (PE-07)

Esta falla se ubica al Este de la localidad de Cayesh, en la Cordillera Oriental de la región centro del Perú, en la parte Noreste del cuadrángulo de Tarma. Esta falla tiene un trazo casi continuo al Norte y Sur de Cayesh, con una longitud total de 60 km y sentido normal. Entre la Laguna Tingo y la Laguna Capacocha el trazo de la falla es discontinuo y existen varias escarpas de fallas perpendiculares al trazo principal de la falla. Cerca al extremo Sur de la falla, al Sur de la Laguna Capacocha, la falla presenta una geometría de "cola de caballo". Su movimiento más reciente corresponde al Holoceno o época post-glacial.

### Falla San Lorenzo

Según Sebrier et al (1982), a pocos kilómetros y frente a la ciudad de Lima, existe una falla conocida como San Lorenzo, con posible origen durante el Cuaternario. La existencia de esta falla ha sido deducida de la diferencia de comportamientos verticales existente entre el continente y la isla San Lorenzo; es decir, la costa central del Perú ha estado sometida a un régimen de hundimiento durante todo el Cuaternario; mientras que el bloque Oeste se levantaba. De la comparación de las alturas a que se hallan los niveles holocenos, tal falla habría actuado como máximo en el Pleistoceno Superior y por lo tanto, no tiene las características de una falla activa pese a ser reciente. El perfil batimétrico entre el Callao y San Lorenzo muestra la presencia de una depresión denominada El Boquerón, que posiblemente indica la traza de la mencionada falla, cuya longitud se podría estimar en 30 km.

En cuanto a la neotectónica de la región, entendiéndose por tal la que describe el estudio de procesos y estructuras que se han propagado o reactivado dentro del campo de esfuerzos de deformación que aún están en actividad, cabe destacar en primer lugar la zona de subducción de Nazca que se encuentra en alta mar, a unos 150 km al oeste de la zona de estudio y que se extiende de norte a sur a lo largo de toda la costa occidental de América del Sur. Su tasa de movimiento es elevada, mayor a 0,6 mm/año y es la responsable de la mayoría de los grandes sismos ocurridos en las costas occidentales de Sudamérica. Algunos de ellos son el de 1906 (Ecuador), 1960 (Chile) y 2001-2007 (Perú), con magnitudes de M8, M9.5, M8.2 y M7.9 respectivamente.

Así mismo es de destacar por su proximidad los lineamientos de la zona de Casta y Huanza y la falla de Montejato ubicada al sureste del distrito de San Vicente de Cañete región Lima. Se trata de una falla normal que afecta depósitos de la formación Cañete del Cuaternario superior y depósitos de la formación Pisco (Plioceno). Las estrías son normales y posteriores a unas inversas con tendencias este-oeste. El salto vertical en algunos casos llega a los 7 m, la edad de reactivación de estas fallas corresponde al Cuaternario inferior a medio.

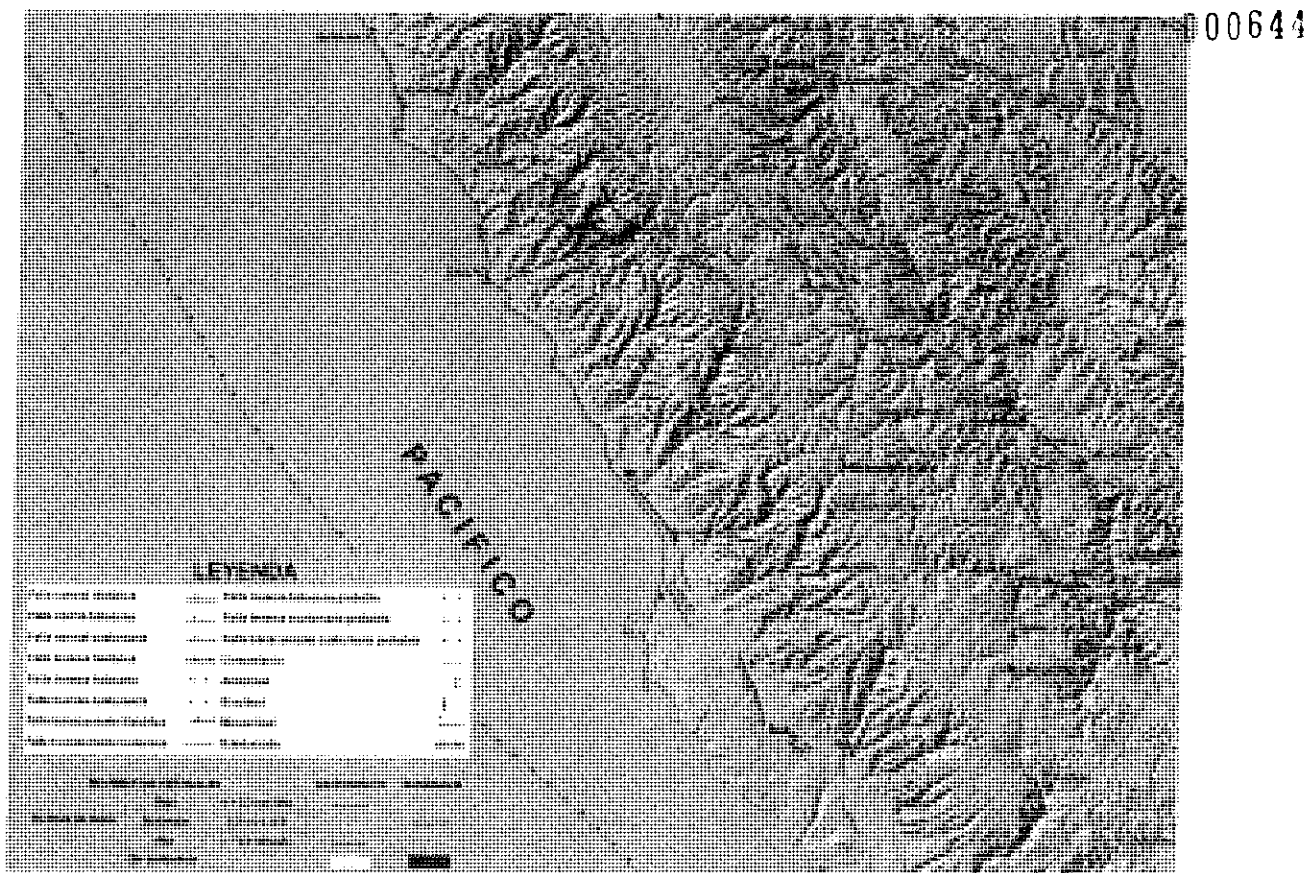


Figura 6: Recorte del mapa Neotectónico del Perú. INGEMMET (2008).

3.4.2 Sismicidad y peligro sísmico

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada fue dada por la UNDR0 (1980), según la cual la peligrosidad H (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, X, en un emplazamiento S, mediante la siguiente expresión:

$$H = P [X(S) \geq X_0; t];$$

P representa entonces la probabilidad de superación de un valor umbral X0 del parámetro elegido durante un tiempo t.

Dado que los parámetros inherentes al movimiento son el desplazamiento, la velocidad y la aceleración, la peligrosidad es a menudo estimada en función de los valores máximos de estos parámetros, denominados habitualmente PGD, PGV y PGA (Peak ground displacement, PGD; Peak ground velocity, PGV; Peak ground acceleration, PGA), pero también es habitual su expresión en términos de Intensidad macrosísmica, relacionada con la destructividad del terremoto. La elección del parámetro depende de los condicionantes propios de la evaluación y de la aplicación a la que ésta vaya dirigida.

Los métodos de evaluación de la peligrosidad se clasifican en dos grandes grupos:

- o Deterministas. Asumen la hipótesis de estacionariedad de la sismicidad, considerando que los sismos futuros se producirán análogamente a como lo hicieron en el pasado y conducen a la estimación de la energía máxima, expresada por los valores máximos del

parámetro empleado para su descripción. Éstos concluyen normalmente, con una intensidad o magnitud máxima esperada en el emplazamiento, que se interpreta como la mayor intensidad/magnitud que se va a sentir en el mismo como consecuencia de cualquier terremoto en la zona circundante.

- o Probabilistas.- Deducen las relaciones de recurrencia de los fenómenos sísmicos de una zona a partir de la información existente en la misma y con ellas obtienen las funciones de probabilidad de los parámetros buscados. Estas funciones asocian a cada valor del parámetro una probabilidad anual de excedencia, o bien un periodo de retorno, que se define como el valor inverso de esa probabilidad. Así un posible resultado sería una intensidad VIII en el emplazamiento con probabilidad anual de ser superada de 0,002, o bien esa misma intensidad con periodo de retorno de 500 años. El periodo de retorno indica el periodo en años en el que se espera que la intensidad del movimiento sobrepase el nivel de referencia (en el ejemplo VIII), con probabilidad del 64 %.

Los resultados del análisis dependen, por tanto, del método elegido, así como de la extensión del estudio.

La predicción del movimiento en un emplazamiento dado requiere agregar la contribución de los tres factores que intervienen: radiación generada en la fuente, propagación a través del medio y efecto local del suelo en el emplazamiento en cuestión. El problema, de gran complejidad, es necesariamente simplificado en estudios de peligrosidad, sobre todo cuando éstos se realizan a escala regional.

Así, para tener en cuenta el término fuente se analiza la sismicidad de la región de influencia para un emplazamiento dado, se identifican las fallas activas en la misma y las zonas sismogénicas, y éstas se caracterizan por las leyes de recurrencia de la sismicidad asociada o por los máximos sismos potenciales. De esta forma se contempla la actividad de las fuentes que pueden generar movimiento en un emplazamiento dado: caracterizando tanto el tamaño como la distribución espacio-temporal de los sismos que ocurren en ellas.

El segundo aspecto que contribuye al movimiento es la propagación de las ondas a través de la trayectoria, desde la fuente hasta el emplazamiento donde se realiza la predicción. En el trayecto la energía se atenúa, más o menos dependiendo del medio, y por ello es conveniente contemplar este hecho estimando leyes de atenuación específicas para cada zona.

Aplicando las leyes de atenuación con la distancia a los movimientos generados en las zonas fuente de los terremotos, es posible determinar el movimiento esperado en un cierto emplazamiento y a cierta distancia de la fuente; siempre que éste se localice en roca o suelo duro y no se encuentre en una irregularidad topográfica, en cuyo caso el propio emplazamiento no introduce una amplificación local al movimiento.

Si la composición del suelo bajo el emplazamiento es diferente a roca o existe una topografía irregular, para realizar una predicción realista del movimiento hay que considerar el tercer factor integrante de la agitación, es decir el efecto local, que puede amplificar o desamplificar notablemente la radiación incidente en la base rocosa.

#### 3.4.2.1 Sismicidad del área de influencia

El conocimiento de la sismicidad de la región donde se quiere predecir el movimiento es el primer paso a seguir en todo estudio de peligrosidad; es necesario conocer bien la ocurrencia de terremotos en el pasado, para poder predecirla en el futuro. Previamente hay que definir la extensión de la zona cuya sismicidad puede afectar a un emplazamiento dado. Normalmente se establece como área de influencia un círculo de radio 200 Km alrededor del punto a estudiar e imponer el análisis de la sismicidad en la región comprendida dentro del mismo. A continuación, se presenta en la **Figura 3** la localización del proyecto.

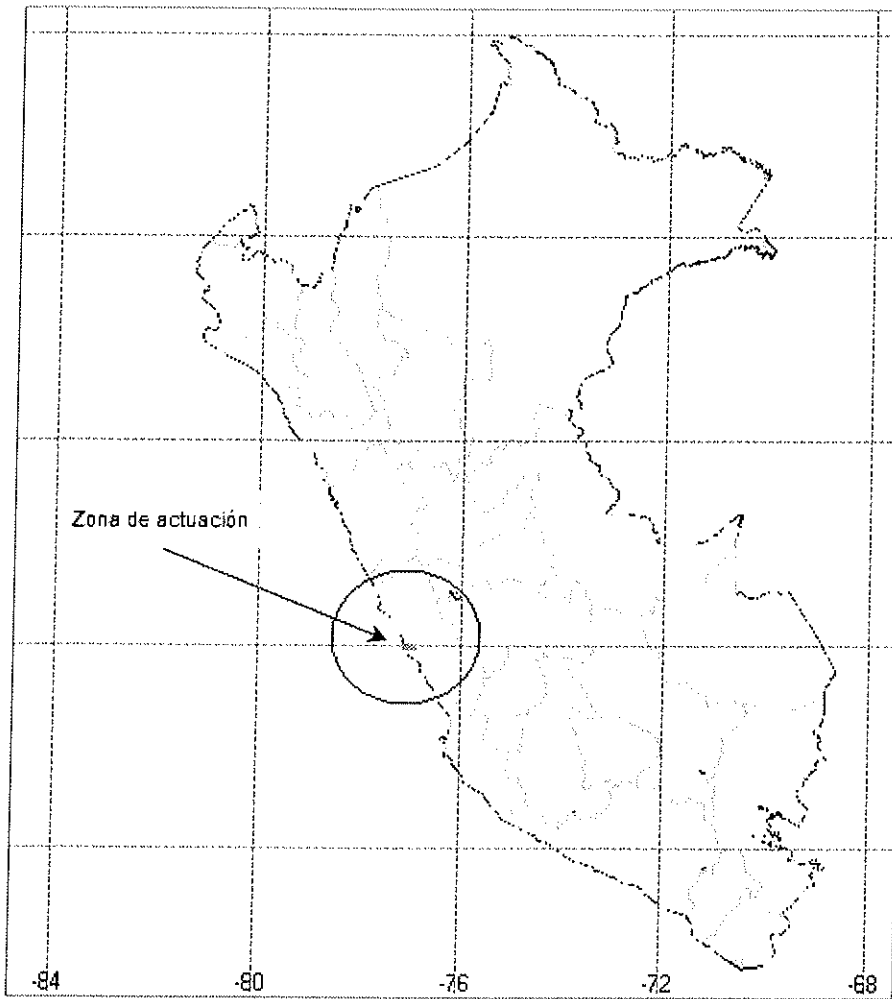


Figura 7: Zona de actuación.

### 3.4.2.2 Zonificación sismogénica

Las zonas fuentes son volúmenes de litosfera asociados a ciertas características tectónicas donde se presume que pueden ocurrir sismos con origen tectónico similar. Estas zonas se determinan en base a la sismicidad registrada e histórica y a la geología y tectónica.

En este estudio se han considerado siete fuentes sismogénicas de subducción divididas por mecanismos de interfase, de intraplaca o intermedias. Las fuentes de interfase se han denominado fuentes F3 y F4, las de intraplaca se han denominado F8 y F9 y las intermedias F12, F13 y F14. En la **Figura 8** puede observarse la distribución espacial de las distintas fuentes de subducción.

Por otro lado también se han considerado seis fuentes corticales, denominadas F15, F16, F17, F18, F19 y F20 las cuales se muestran en la **Figura 9**.

### 3.4.2.3 Base de datos sísmicos

La base de datos empleada en este estudio se ha generado a partir de los catálogos locales del Instituto Geofísico del Perú (IGP), el catálogo del International Seismological Centre (ISC) y del National Earthquake Center (NEIC) para el periodo 1963-2012 y para la zona de estudio con magnitudes momento  $M_w$  comprendidas entre 4 y 8,8.

En la **Figura 10**, mostrada a continuación, se recoge la distribución espacial de los hipocentros.



000647

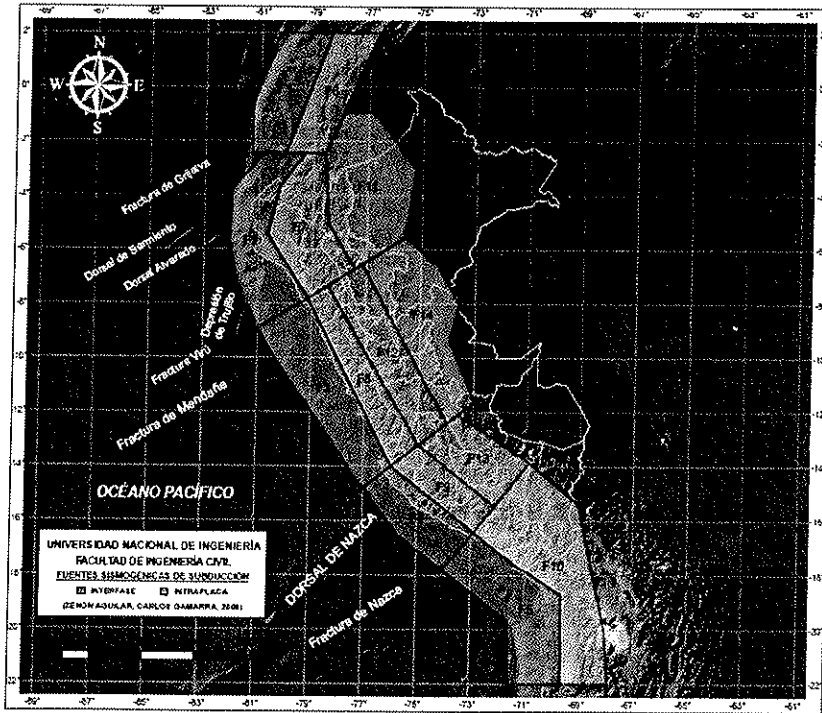


Figura 8: Fuentes sísmicas de subducción. En rojo las de interfase y en verde las de intraplaca. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Aguilar y Gamarra, 2009.

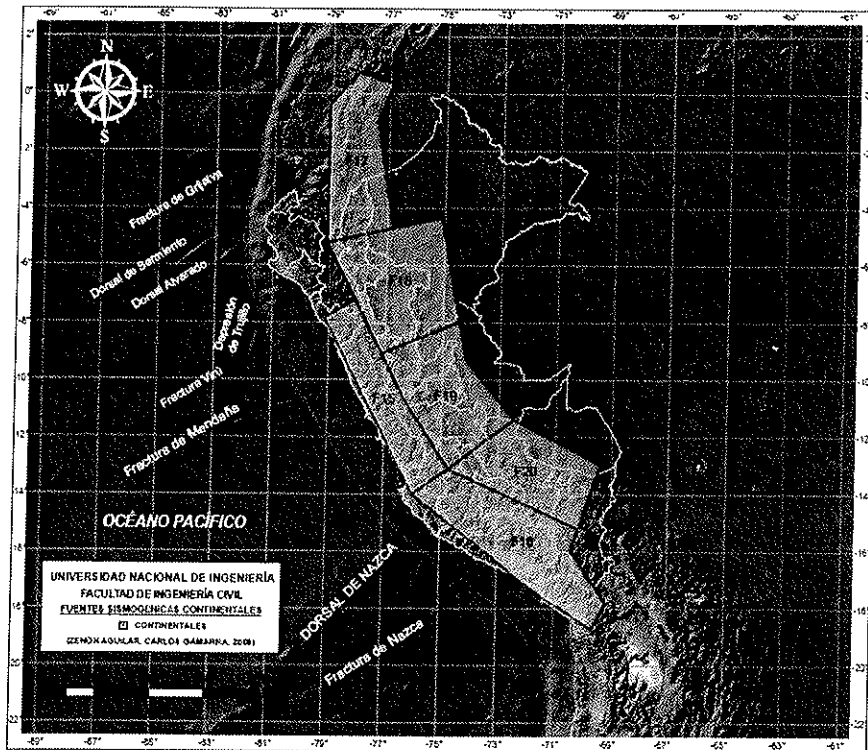


Figura 9: Fuentes sísmicas corticales. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Aguilar y Gamarra, 2009.

000648

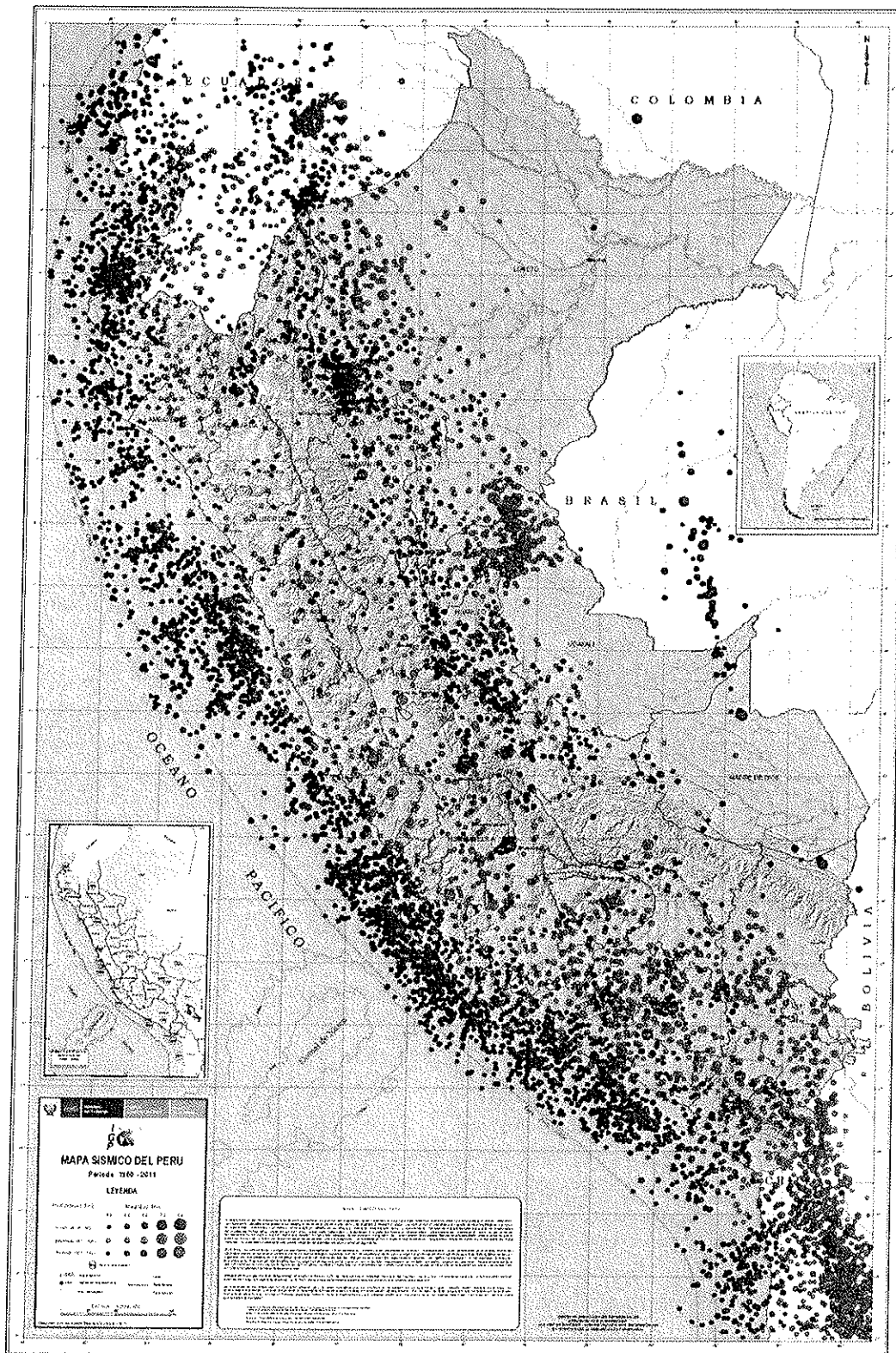


Figura 10: Mapa sísmico del Perú donde puede observarse la distribución espacial de los sismos así como su magnitud relativa y la profundidad.

**3.4.3 Evaluación de la Peligrosidad Sísmica**

000649

Previo a la determinación de los parámetros sísmicos en cada zona sismogénica es preciso realizar un proceso de depuración y homogenización de la base de datos.

Posteriormente se determina la tasa anual acumulada, el cual es uno de los parámetros característicos de la sismicidad de cada zona, necesarios para el cálculo de peligrosidad. Para determinar este parámetro es necesario corregir la falta de completitud del catálogo sísmico debida a la pérdida de información de intensidades/magnitudes menores a medida que nos remontamos en el tiempo.

Finalmente, y antes de realizar los estudios deterministas y probabilista, se definen las leyes de atenuación, las cuales son expresiones que relacionan magnitud-distancia-intensidad sísmica. Entendiéndose por esta última palabra a la aceleración, velocidad, desplazamiento e intensidad propiamente dicha de eventos sísmicos; estas relaciones se obtienen de los datos que existen sobre los parámetros mencionados.

El estudio determinista es un método que se basa en que la sismicidad es aleatoria en cada zona y el máximo sismo podría ocurrir en cualquier lugar de la misma. Presenta la ventaja de una aplicación sencilla. Los inconvenientes son el desconocimiento de la probabilidad asociada a ese máximo movimiento, así como la caracterización de las fuentes sísmicas únicamente por el mayor terremoto, sin intervenir su ley de recurrencia.

En este método se procede a realizar un cálculo siguiendo los pasos siguientes:

- Paso 1: Definición de áreas de influencia en el emplazamiento e identificación de las fuentes sísmicas o estructuras de fallas englobadas en ellas.
- Paso 2: Estimación de los máximos terremotos ocurridos en el área de influencia o en cada una de las zonas fuente.
- Paso 3: Estimación de la acción sísmica en el emplazamiento, causada por los máximos sismos potenciales de cada zona o de toda el área.
- Paso 4: Determinación de la peligrosidad en el emplazamiento, tomando el máximo valor de intensidad del movimiento generado por las diferentes zonas, con lo que la peligrosidad queda caracterizada por el límite superior del movimiento en el punto.

En cualquier caso, el estudio determinista es una primera aproximación al estudio de la sismicidad de la zona de estudio. Mediante el estudio probabilista se afinarán las acciones sísmicas para los distintos niveles de desempeño sísmico.

Los métodos probabilistas consideran los efectos de todos los terremotos que pueden afectar a un emplazamiento dado y tienen en cuenta las leyes de recurrencia de los mismos. Dan como resultado estimaciones de la probabilidad de excedencia para cada valor de la intensidad del movimiento esperado en el emplazamiento durante un periodo de tiempo dado, quedando así representada la peligrosidad por curvas de probabilidad.

Estos métodos se clasifican en paramétricos y no paramétricos. Los métodos no paramétricos evalúan la peligrosidad mediante funciones de distribución de valores extremos. Los métodos paramétricos se basan esencialmente en la adopción de un modelo de zonas sismogénicas con las que se realiza una compartimentación del área de influencia, y en el ajuste de la sismicidad de cada zona a un modelo de recurrencia; sumando posteriormente la contribución de todas las fuentes para obtener la función de probabilidad que representa la peligrosidad en el emplazamiento.

Para el presente estudio se ha utilizado un método paramétrico. En este método se procede a realizar un cálculo siguiendo los siguientes pasos:

- Paso 1: Definición de zonas sismogénicas en el área de influencia, con criterios análogos a los mantenidos en el método determinista zonificado.

- Paso 2: Definición de un modelo de recurrencia en cada fuente sismogénica. Se admite que la sismicidad se distribuye aleatoriamente y se ajusta a la ley de Gutenberg-Richter.
- Paso 3: Estimación de la tasa de ocurrencia anual. La cual se define como el número de sismos anuales que pueden ocurrir mayores o iguales a la magnitud mínima:
- Paso 4: Estimación de la probabilidad de ocurrencia (NM).
- Paso 5. Estimación de las magnitudes máximas para los periodos de retorno considerados. En este estudio se han empleado periodos de retorno de 200, 475, 1.000 y 2.500 años.

Las condiciones locales se han determinado según la norma AASHTO, 2011 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011). Esta norma clasifica el suelo en seis clases atendiendo a la velocidad de ondas de corte promedio de un estrato de 30 m de profundidad tal y como se muestra en la tabla siguiente:

TIPO DE SUELO	NOMBRE DE SUELO	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS (SECCIÓN 3.10.3.1 – AASHTO 2011)		
		Velocidad de onda de corte, $V_s$ (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, $N$	Resistencia al corte no drenada, $S_u$ (psf)
A	Roca muy dura	$V_s > 1,500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	$N > 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Suelo rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$	$S_u < 1,000$
E	-	Cualquier perfil de suelo con más de 3 m de espesor de arcilla suave que tenga las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de plasticidad (IP) &gt; 20</li> <li>• Contenido de humedad (w) <math>\geq 40\%</math> y</li> <li>• Resistencia al corte no drenada <math>S_u &lt; 500</math> psf</li> </ul>		
F	-	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbas y/o arcillas altamente orgánicas (H &gt; 3 m de turba y/o arcillas altamente orgánicas, donde H = espesor del suelo)</li> <li>• Arcillas de muy alta plasticidad (H &gt; 7.5 m con índice de plasticidad IP &gt; 75)</li> <li>• Arcillas gruesas suaves a medias (H &gt; 36 m)</li> </ul>		

Nota: 1 libra por pie cuadrado (psf) = 0.0479 kPa. N/A = No aplicable

**Tabla 24: Clasificación del Sitio (Fuente AASHTO, 2011).**

De acuerdo a la **Tabla 24**, se considera una clasificación Tipo B (roca) para velocidades promedio de ondas de corte  $V_s$  entre 760 m/s y 1500 m/s. Esta clasificación es considerada como basamento rocoso, a partir del cual se realizarán los análisis de amplificación sísmica para evaluar las aceleraciones espectrales a nivel de superficie en la zona del proyecto.

Una vez determinada la tasa de actividad de cada una de las fuentes sísmicas y determinadas las fuentes con mayor actividad, es necesario evaluar los efectos que, en términos de intensidad sísmica, produce en la zona de interés. Para ello, se han estimado las acciones sísmicas en cinco puntos considerados representativos (por su situación y características geofísico-geotécnicas) y de interés para el proyecto en estudio, los cuales se muestran a continuación:

- Pto. 1: Cruce Av. Guardia Chalaca con Av. Óscar R. Benavides. P.K. 1+800 L2. Cerca de la estación Buenos Aires. Inicio Línea 2.
- Pto 2: Cruce Av. Elmer Faucett con Av. Canta Callao. P.K. 1+150 L4. Cerca de la estación Canta Callao. Inicio L4 o ramal Av. Faucett – Av. Gambeta.
- Pto 3: Plaza Bolognesi. P.K. 11+700 L2. Entre las estaciones Plaza Bolognesi y Estación Central. Punto intermedio L2, centro histórico Lima.

- o Pto 4: Cruce Vía de Evitamiento con Av. Carretera Central. P.K. 19+500 L2. Cerca de la estación de Evitamiento. Punto intermedio L2, Etapa 1A y presencia de relieves de macizos rocosos.
- o Pto 5: Cruce Av. Prolongación Javier Prado con Av. Carretera Central. P.K. 25+500 L2. Cerca de la estación Prolongación Javier Prado. Tramo final L2 y presencia de relieves de macizos rocosos.

Por tanto y de acuerdo a la tabla anterior, se establecen los distintos perfiles de suelo para las distintas zonas de actuación consideradas en los trazados de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del Metro de Lima y Callao, en base a la campaña geotécnica existente.

Zona de estudio		Coordenadas geográficas		Prospección	Vs <sub>30</sub> (m/s)	Clasificación del sitio (AASHTO, 2011)
		Latitud (S°)	Longitud (W°)			
Pto 1 Inicio L2	P.K. 1+800 L2	-77.128	360-760	PS-1/L2	360-760	C
Pto 2 Inicio L4	P.K. 1+150 L4	-77.117	360-760	PS-1/L4	360-760	C
Pto 3 Centro histórico	P.K. 11+700 L2	-77.042	360-760	LS-48	360-760	C
Pto. 4 Etapa 1A	P.K. 19+500 L2	-76.974	360-760	L48, L49	360-760	C
Pto 5 Final L2	P.K. 25+500 L2	-76.927	360-760	L125	360-760	C

Tabla 25: Clasificación del sitio en cada zona de análisis.

A partir de este análisis se han determinado, una aceleraciones promedios máximas de 0'32, 0'42, 0'51 y 0'64g para los periodos de retorno de 200, 475, 1.000 y 2.500 años respectivamente.

Y si tenemos en cuenta los emplazamientos seleccionados y las condiciones locales se estiman las siguientes aceleraciones máximas:

Zonas de estudio		Perfil de suelo	Factor Fa	Aceleración horizontal máxima (g) para periodos de retorno			
				200	475	1.000	2.500
Pto 1 Inicio L2	P.K. 1+800 L2	C	1,00	0,33	0,430	0,526	0,659
Pto 2 Inicio L4	P.K. 1+150 L4	C	1,00	0,326	0,423	0,517	0,655
Pto 3 Centro histórico	P.K. 11+700 L2	C	1,00	0,321	0,417	0,509	0,643
Pto. 4 Etapa 1A	P.K. 19+500 L2	C	1,00	0,314	0,409	0,499	0,634
Pto 5 Final L2	P.K. 25+500 L2.	C	1,00	0,309	0,402	0,489	0,619

Tabla 26: Aceleraciones máximas para los distintos emplazamientos analizados y los periodos de retorno considerados.

Por último, en el caso de considerar métodos pseudo-estáticos para el diseño de los taludes, se sugiere un factor equivalente igual a 0,50 según las recomendaciones de del Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos (U.S. Army corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), por lo que los coeficientes sísmicos horizontales para un periodo de retorno de 475 años en los distintos emplazamientos serían de 0,22g para el Punto 1, 0,21g para los puntos 2 y 3, 0,20g para los puntos 4 y 5.

### 3.5 GEOMORFOLOGÍA.

Los rasgos morfológicos más relevantes de la zona son el resultado del proceso tectónico y plutónico, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica externa, que han modelado el rasgo morfoestructural de la región.

Entre las zonas que han controlado el modelado de la región cabe destacar el anticlinal de Lima y los bloques fallados como productos del dislocamiento regional. Así como los procesos erosivos y de vertiente asociados al río Rimac. Se han clasificado en unidades y se describen a continuación:

- Conos deyectivos
- Valles y quebradas
- Estribaciones de la Cordillera Occidental

#### 3.5.1 Conos deyectivos

Se localiza sobre prácticamente el subsuelo de todo el trazado y constituye una amplia zona cubierta por gravas y arenas provenientes del transporte y sedimentación del río Rimac. Constituye un cono aluvial cuya potencia se desconoce con certeza aunque algunos estudios atribuyen una potencia en la zona central cercana a los 400 m sobre el que se asienta la ciudad de Lima.

Esta llanura aluvial continua al sur con el cono aluvial del río Lurín interdigitándose sus depósitos por debajo de depósitos eólicos y al norte, se mezcla con la del río Chillón.

#### 3.5.2 Valles y quebradas

Corresponde al valle del río Rimac y las quebradas afluentes, las cuales permanecen secas durante todo prácticamente todo el año, salvo en épocas de fuertes precipitaciones. Debido a ello presentan un piso cubierto por depósitos coluviales y materiales con poco transporte provenientes de las estribaciones de la Cordillera Occidental.

#### 3.5.3 Estribaciones de la Cordillera Occidental

Esta unidad geomorfológica corresponde a las crestas y laderas de la cordillera de topografía abrupta formada por plutones y stocks que han sido disectados por el río Rimac y afluentes formando valles profundos con flancos de fuerte inclinación en donde las crestas más elevadas alcanzan los 3600 m las cuales reflejan la fuerte erosión de los ríos durante el Pleistoceno hasta la actualidad.

#### 4 HIDROGEOLOGÍA

A continuación se realiza una descripción general del acuífero de Lima, para posteriormente indicar los niveles freáticos detectados durante la ejecución de la campaña geotécnica complementaria.

##### 4.1 ENCUADRE HIDROGEOLÓGICO

El reservorio acuífero de la Gran Lima está constituido por depósitos aluviales del Cuaternario reciente de los valles Rímac y Chillón. Estos depósitos están compuestos por cantos rodados, gravas, arenas y arcillas, intercalados en estratos y/o mezclados entre sí. El acuífero tiene un ancho variable, cuyos sectores más estrechos corresponden a las partes altas de los valles, aguas arriba de Vitarte en el Rímac y de Punchauca en el Chillón. En estos lugares los depósitos aluviales tienen anchos aproximados de 1.5 Km.

El sector más amplio se encuentra en la parte baja donde se unen los depósitos aluviales del río Rímac con los del Chillón, alcanzando a 27 Km de ancho en el litoral donde el flujo subterráneo descarga hacia el mar. En total, el reservorio acuífero de la Gran Lima tiene una extensión aproximada de 390 km<sup>2</sup>.

Su espesor saturado en la mayor parte del área varía entre 100 y 300 m, alcanzando mayores espesores (400 a 500 m) en la costa del distrito de La Perla. Sin embargo, todo este espesor saturado no es aprovechable debido a que una parte del acuífero presenta escasa o nula permeabilidad.

Como ya se ha explicado, el cono deyectivo del río Rimac y Chillón forma un gran acuífero sobre la ciudad de Lima con una extensión de 2.600 km<sup>2</sup> bajo el cual se dispone un basamento rocoso impermeable de naturaleza volcánica e intrusiva. Presenta un espesor estimado de 300-400 m en el centro de la cuenca, tal y como se indica en la **Figura 10**.

El río Rimac nace en los nevados de Ticlio a 5.000 msnm. La cuenca total del tiene una extensión aproximada de 3.312 km<sup>2</sup>, de la cual 2.237,2 km<sup>2</sup> es cuenca húmeda, donde caen precipitaciones significativas. A partir de Chosica hacia la desembocadura del río en el Océano Pacífico, se puede considerar como cuenca seca, donde sólo esporádicamente ocurren precipitaciones. La cuenca seca que es donde se encuentra la zona de estudio propia tiene una extensión de 467,2 km<sup>2</sup> y una longitud del curso de agua de 56,9 km. No obstante, La descarga máxima en 24 horas, ocurrida en el río Rímac y registrada en la estación de Chosica asciende a 385 m<sup>3</sup>/seg (año 1.941) y sólo repetida en otra oportunidad con 380 m<sup>3</sup>/seg (año 1.955).

La litología de estos depósitos comprende conglomerados, arenas con diferente granulometrías y en menor proporción limos y arcillas. Todos estos niveles se intercalan formando paquetes groseros y se interdigitan lentejones de limos, arenas y arcillas.

Dado la alta porosidad de las unidades afectadas, la permeabilidad primaria será importante con rangos habituales comprendidos entre los 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-3</sup> m/s. El coeficiente de almacenamiento es bajo del orden del 0,2% en esta zona. En la **Figura 11**, mostrada a continuación, puede observarse el mapa hidrogeológico de la zona de estudio y las unidades implicadas.

Las aguas que componen el acuífero son bicarbonato-sulfatadas cálcicas en el fondo del valle del río Rimac y cloruro-sulfatadas sódicas cálcicas en las quebradas. Superficialmente las aguas son alcalinas con un pH comprendido entre 7,4 y 8,4, dura de 100 a 260 mg/l y con contenidos en aluminio, trazas de hierro, arsénico y plomo.

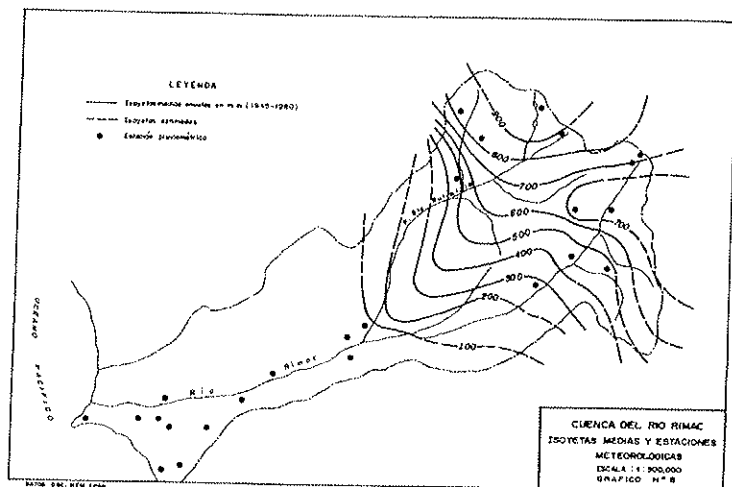
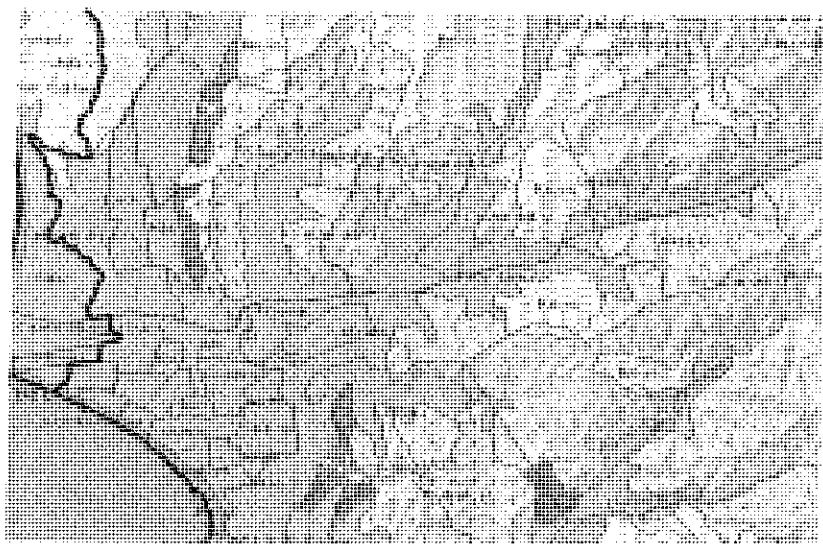


Figura 11: Mapa de isoyetas medias de la cuenca del río Rimac. INGEMMET (1988).



- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Conglomerados, lutitas y lodolitas</li> <li>☒ Acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos moderadamente productivos.</li> <li>☒ Calizas</li> <li>☒ Caliza arenosa</li> <li>☒ Acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada. (Permeabilidad elevada)</li> <li>☒ Areniscas, lutitas yesíferas y conglomerados</li> <li>☒ Andesitas y dacitas</li> <li>☒ Lutitas, intercalaciones con calizas y margas</li> <li>☒ Areniscas y conglomerados</li> <li>☒ Conglomerados, lutitas y areniscas</li> <li>☒ Lutitas y areniscas conglomerádicas</li> <li>☒ Tobas, areniscas, conglomerados y limolitas</li> <li>☒ Andesitas y tobas areniscas, limolitas y arcillitas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Acuíferos locales, en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin incluir</li> <li>☒ Lutitas, tobas y andesitas</li> <li>☒ Areniscas, lutitas, lodolitas y calizas</li> <li>☒ Limoarcillitas, areniscas y yesos</li> <li>☒ Lutitas</li> <li>☒ Lutitas, margas y calizas</li> <li>☒ Tobas piroclásticas</li> <li>☒ Pizarras</li> <li>☒ Rocas volcánicas, andesitas y dacitas</li> <li>☒ Formaciones generalmente sin acuíferos. (Permeabilidad muy baja)</li> <li>☒ Lutitas y margas</li> <li>☒ Rocas intrusivas ácidas a intermedias</li> <li>☒ Rocas intrusivas básicas</li> <li>☒ Gneissos</li> </ul> |
|---|--|

Figura 12: Captura del Mapa hidrogeológico digital INGEMMET. Extraído de GEOCATMIN ([www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)).



#### 4.2 DATOS DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA COMPLEMENTARIA

##### 4.2.1 Niveles freáticos

Del seguimiento de los niveles freáticos detectados en los sondeos mecánicos perforados en la campaña geotécnica complementaria, se obtienen las profundidades incluidas en la **Tabla 27**, mostrada a continuación.

PIEZÓMETRO	PROF. PIEZÓMETRO (m)	P.K. TRAZADO	FECHA LECTURA	ÚLTIMA	PROF. NIVEL FREÁTICO (m)
S-1 L2	31,5	0+256	28/10/13		3,12
S-2 L2	32,6	1+933	22/11/13		5,20
S-12 L2	43,0	26+760	25/10/13		14,70
S-1 L4	31,0	0+310	22/10/13		3,43
S-2 L4	31,1	2+544	22/10/13		8,81
S-3 L4	31,0	5+412	22/11/13		19,39
S-4 L4	58,64	7+362	29/11/13		23,78

**Tabla 27: Niveles freáticos detectados en los sondeos mecánicos perforados.**

##### 4.2.2 Permeabilidad

Se dispone de 11 ensayos de permeabilidad Lefranc válidos en los sondeos mecánicos perforados, 10 de ellos a nivel constante y 1 con nivel variable. En la **Tabla 28** se incluyen los resultados de los ensayos Lefranc realizados.

SONDEO	P.K.	PROF. (m)	TIPO	LITOTIPO	ADMISIÓN (l/s)	k (m/s)
		6,40-6,90	NC	GP	0,17	3,69E-05
S-1/L2	0+256	14,4-15,0	NC	GP	0,03	5,79E-06
		22,0-22,89	NC	GP	0,06	8,07E-06
S-2/L2	1+933	5,0-5,5	NV	CH	5,00E-05	3,76E-07
		20,0-20,5	NC	GP	1,13	1,53E-04
		24,8-25,35	NC	ML / GP	0,37	4,65E-05
S-1/L4	0+310	30,0-30,45	NC	CL (SP)	0,05	7,03E-06
		23,05-23,20	NC	GP	0,23	4,41E-05
S-2/L4	2+544	30,80-31,0	NC	SP-SW	1,55	2,01E-04
		14,8-15,0	NC	GP	0,83	1,08E-04
S-4/L4	7+362	19,80-20,0	NC	GP	0,21	1,78E-05

**Tabla 28: Relación de ensayos de permeabilidad Lefranc realizados en los sondeos mecánicos de la campaña geotécnica complementaria.**

De los estudios precedentes se han recopilado los ensayos de permeabilidad Lefranc incluidos en la **Tabla 29**, mostrada a continuación.

PROSPECCIÓN	P.K.	PROF. (m)	LITOTIPO	k (cm/s)
C-4	0+605	1,0-1,4	ML	3,50E-04
P-3	4+423	19,0-19,5	GP	1,10E-03
P-8	11+415	16,5-17,0	GP	1,80E-03
P-9	12+226	12,0-12,5	GP	5,00E-04
P-10	12+900	14,5-15,0	GP	8,00E-04

**Tabla 29: Relación de ensayos de permeabilidad Lefranc recopilados de estudios anteriores.**

De los reconocimientos realizados por Proinversión en la Etapa 1A se han recopilado los ensayos de permeabilidad incluidos en la **Tabla 30**, y mostrados a continuación.

PROSPECCIÓN	P.K.	PROF. (m)	LITOTIPO	k (cm/s)
CP-3	19+397	4,0	GP	5,65E-03
CP-3	19+397	9,0	GP	6,05E-03
CP-3	19+397	14,0	GP	1,96E-03
CP-3	19+397	18,0	GW	4,23E-03
CP-3	19+397	24,0	GP	2,49E-03
CP-3	19+397	30,0	GP-GM	1,71E-03
CP-5	20+077	4,3	GW	2,43E-02
CP-5	20+077	9,0	GP	1,89E-02
CP-5	20+077	14,0	ML	2,21E-03
CP-5	20+077	19,0	GP	5,47E-03
CP-5	20+077	24,0	GP	1,26E-03
CP-5	20+077	28,0	GP	1,98E-03
CP-10	21+113	4,0	GP	3,48E-03
CP-10	21+113	9,0	GP	4,24E-03
CP-10	21+113	14,2	GP	3,77E-03
CP-10	21+113	19,2	GP	3,13E-02
CP-10	21+113	24,5	GP	1,04E-03
CP-10	21+113	28,0	GW	1,83E-02
CP-11	21+440	9,0	GP	1,13E-02
CP-11	21+440	19,0	GP	1,97E-02
CP-12	21+570	9,0	GP	7,15E-03
CP-12	21+570	19,0	GP	6,78E-03
CP-12	21+570	4,0	GP	1,01E-02
CP-12	21+570	13,0	GP	5,93E-03
CP-12	21+570	24,0	GP	1,16E-03
CP-12	21+570	30,0	GP	1,12E-02
CP-13	21+775	4,0	GP	8,33E-03
CP-13	21+775	9,0	GP	6,98E-03
CP-13	21+775	14,0	GP	9,82E-03
CP-13	21+775	19,0	GP	1,14E-02
CP-13	21+775	25,0	GP	1,74E-03





PROSPECCIÓN	P.K.	PROF. (m)	LITOTIPO	k (cm/s)
CP-13	21+775	30,0	GP	8,63E-03
CP-16	22+700	4,0	GP	5,44E-03
CP-16	22+700	9,0	GP	1,08E-02
CP-17	22+760	4,0	GP	3,33E-03
CP-17	22+760	9,0	GP	3,27E-02
CP-18	23+000	4,0	GW-GM	6,50E-03
CP-18	23+000	7,5	GM	5,21E-03
CP-18	23+000	12,5	GP-GM	7,71E-03
CP-18	23+000	18,0	GP-GM	1,99E-03
CP-18	23+000	23,0	SM	1,66E-04
CP-18	23+000	27,0	GM	5,42E-03
CP-19	23+138	4,0	GP-GM	7,61E-03
CP-19	23+138	10,0	GP-GM	7,32E-03
CP-19	23+138	18,0	GP-GM	4,92E-02
CP-19	23+138	28,0	GM	3,17E-03
CP-20	23+356	4,5	GM	6,05E-03
CP-20	23+356	10,0	GM	6,02E-03
CP-20	23+356	14,5	GP-GM	1,83E-03
CP-20	23+356	18,0	GP-GM	1,49E-03
CP-20	23+356	23,0	GM	3,71E-03
CP-20	23+356	28,0	GM	2,95E-03
CP-21	23+636	2,5	GP-GM	2,88E-02
CP-21	23+636	7,5	GP-GM	2,96E-03
CP-21	23+636	12,0	GW-GM	6,35E-03
CP-21	23+636	18,0	GW-GM	4,34E-03
CP-21	23+636	22,5	GP-GM	3,54E-03
CP-21	23+636	30,0	GP	1,14E-03

000657

**Tabla 30: Relación de ensayos de permeabilidad recopilados de la campaña de Proinversión en la Etapa 1A.**

#### 4.2.3 Quimismo del agua freática

En la **Tabla 31** se muestran los ensayos químicos realizados sobre muestras de agua freática obtenidas en las perforaciones diamantinas efectuadas durante la campaña de reconocimientos complementaria.

La Norma Técnica de Edificación E.060 "Concreto Armado", del Decreto Supremo 010-2009-Vivienda del 08 de mayo del 2009, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, determina los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos según la **Tabla 4.4**, los cuales se incluyen en la **Tabla 32**.

Según los valores indicados en esta normativa de edificación, los concretos tendrán una exposición moderada por presencia de sulfatos en las aguas freáticas de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta del Metro de Callao y Lima, por lo que se deberán emplear los siguientes tipos de cemento: II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS).



Prospección	Prof. (m)	S.S.T. (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Sólidos en suspensión (mg/L)	pH
C-1/L2	4,90	4981	2453,0	2420,0	1762	-
S-12/L2	15,00	2679	303,53	595,71	-	7,27
C-2/L2	8,55	881	190,0	592,0	966	-
S-2/L2	9,00	1307	435,0	725,0	588	-
S-2/L4	8,90	1450	300,24	256,89	-	-
S-1/L4	3,50	4330	313,89	881,71	-	-
S-1/L2	3,50	779	165,0	373,0	1020	-
S-3/L4	20,43	483	73,0	320,0	38	-
S-4/L4	23,97	566	76,0	329,0	603	-

Insuficiente      Moderada      Severa      Muy severa

**Tabla 31: Resultados de los ensayos químicos realizados sobre muestras de agua freática.**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f <sub>c</sub> mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insuficiente	0,0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	—	—	—
Moderada**	0,1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO <sub>4</sub>	10000 < SO <sub>4</sub>	Tipo V más puzolana***	0,45	31

\* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f<sub>c</sub> mínimo.

\*\* Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

\*\*\* Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

**Tabla 32: Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos (NTE E.60 Concreto Armado).**

En la norma citada se establece también la relación agua-material cementante y la protección del refuerzo contra la corrosión (Tabla 4.5 de la norma. Por tanto se deberá considerar que el concreto armado será expuesto a concentraciones bajas de iones cloruros solubles en agua.

**5 GEOTECNIA**

En la zona de estudio se han reconocido y diferenciado seis unidades geotécnicas, tal y como se indican a continuación:

- Rellenos antrópicos (R). Mezcla de suelos poco compactos y contaminados.
- CL/ML. Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad y limos inorgánicos de baja plasticidad.
- SM. Arenas limosas.
- GP-S. Gravas pobremente gradada con arena, arcilla y limo.
- D. Roca del sustrato (Dioritas, tonalitas y rocas filonianas).

La distribución de estas unidades se incluye en los planos correspondientes elaborados, que corresponden a los perfiles geotécnicos longitudinales elaborados.

Residualmente se han detectado rocas carbonatadas (calizas, P.K. 16+240) que no afectan a la rasante del trazado de la línea 2.

A continuación se desarrolla la metodología aplicada en la caracterización geotécnica de los materiales afectados, así como la obtención de parámetros de deformacionales y la descripción de las unidades geotécnicas diferenciadas en los trazados en estudio.

**5.1 METODOLOGÍA DEL TRATAMIENTO GEOESTADÍSTICO**

La metodología geoestadística aplicada a la totalidad de los resultados obtenidos, tanto de los ensayos de laboratorio como de ensayos "in situ", de cada litotipo considerado en el presente estudio se basa en la comparación de variables estadísticas del conjunto de los datos, evaluando la dispersión de este conjunto de datos.

Para el estudio de los datos disponibles se ha realizado un proceso estadístico, en el que han obtenido y analizado los valores numéricos de las medidas de centralización (media, mediana, etc.) y los de las medidas de dispersión (varianza, desviación típica, coeficiente de variación, etc.).

La medida de centralización más importante de una población de datos es la "media aritmética". Dado un conjunto de datos, la media aritmética se calcula mediante la expresión  $x = \sum (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$ . La media tiene la propiedad estadística de equilibrar las desviaciones positivas y negativas de los datos respecto a su valor, actuando, por tanto como "centro de gravedad" para el conjunto de resultados. Su valor resume muy bien la magnitud de la propiedad estudiada en los ensayos de laboratorio.

Por otro lado, la "mediana" es un valor tal que, ordenados los datos en función de la magnitud de su valor, el 50 % es menor que ella y el 50 % mayor. Por tanto, al ordenar los datos, la mediana es valor central.

La medida de dispersión más habitual de una población es la "desviación típica". Este valor refleja el promedio de las desviaciones de los valores respecto a la media aritmética. Se obtiene a partir de la expresión  $S = [ \sum (x_i - X)^2 / n ]^{1/2}$ . El valor de su cuadrado  $S^2$ , se denomina "varianza".

El "coeficiente de variación" es el cociente entre la desviación típica y la media. Este parámetro es una medida de la magnitud promedio del error como porcentaje de la media aritmética. En las poblaciones de datos homogéneas es típicamente menor de la unidad. Si este coeficiente es mayor de 1,5, hay que investigar las causas de la heterogeneidad de los datos (litotipos diferentes agrupadas en una misma población, aplicación de normas diferentes, ensayos mal realizados, etc.)

Desde un punto de vista puramente descriptivo de la población de ensayos, la media y la mediana tienen propiedades estadísticas muy distintas:

000660

- La media utiliza todos los datos y es, por tanto el valor que mejor describe el comportamiento general de la población, siempre que dicha población de datos tenga una distribución homogénea. Tiene el inconveniente de que es muy sensible a valores anómalos, y un error de datos o un valor anormal puede modificarla totalmente.
- La mediana utiliza menos información que la media, ya que sólo tiene en cuenta el orden de los datos y no su magnitud, pero, en contrapartida, no se ve alterada si algún valor o pequeño grupo de valores son anómalos.

En consecuencia, se considera importante calcular la media y la mediana, y efectuar con ella el siguiente análisis: si la media y la mediana presentan valores similares, significará que la población de datos es muy homogénea, asignándose a tal población como valor representativo el valor de la media; si la media y la mediana difieren, presentando valores numéricos muy diferentes, significará que la población de resultados de laboratorio es asimétrica, debido a dos causas:

- La población de datos corresponde a un litotipo homogéneo, pero parte de los ensayos son anómalos, bien por corresponder algunas de las muestras ensayadas a otros litotipos, o bien por haberse realizado parte de los ensayos de laboratorio en condiciones distintas a los demás (aplicación de diferente norma de ensayo, diferente esbeltez, fallo en la realización del ensayo, etc.).
- En este caso, se procederá a analizar uno a uno los resultados de los ensayos, para tratar de eliminar de la población los correspondientes a otros litotipos o los que se han realizado en condiciones diferentes a la mayoría. El proceso de eliminación tenderá a aproximar el valor de la media a la mediana.

Puede ser también que la población sea bimodal, es decir, que se hayan mezclado valores correspondientes a dos litotipos diferentes, en cuyo caso se procederá a separar ambas poblaciones de datos, estableciéndose dos litotipos en lugar de uno sólo, y obteniéndose la media y mediana de cada uno de ellos.

Una vez homogeneizada la población de resultados, en base a la comparación de la media y la mediana, y asignado un valor medio aritmético a la población de datos de ensayos de laboratorio, se analizará la magnitud de la dispersión obtenida.

En primer lugar se valora la desviación típica, que como se ha indicado refleja el promedio de la desviación de los resultados de los ensayos respecto de la media aritmética. Si el valor de la desviación típica es bajo ( $S \sim 0$ ), como ha sido el caso en la mayoría de los casos, significará que la media aritmética constituye un buen resumen de la propiedad del litotipo, y que no se espera que los valores de dicha propiedad se alejen mucho de la media. Valores altos significarán que, en ocasiones el litotipo estudiado podrá presentar valores muy distintos de lo reflejado por la media aritmética para la propiedad ensayada en laboratorio.

En segundo lugar se procede a estimar la magnitud promedio del error cometido en la asignación de valores medios, como porcentaje de la propia media. Este error viene expresado por el Coeficiente de Variación. Cuanto menor sea la magnitud de dicho coeficiente ( $CV \sim 0$ ), menor error tendrá la asignación de la media como valor representativo de la población de resultados, tal y como se ha comprobado.

Lo ideal sería que para una población de datos de ensayos de laboratorio, la media y la mediana coincidiesen, y la desviación típica y el coeficiente de variación presentasen valores bajos. De no haberse dado esta situación ideal, los valores de la desviación típica y el coeficiente de variación proporcionarían información sobre las variaciones en el valor de la propiedad medida que son esperables.

Para cada uno de los grupos geotécnicos (litotipos) considerados, se ha realizado este sencillo análisis estadístico. En el caso de haber observado que los parámetros estadísticos, media y mediana no hayan sido casi coincidentes, y la desviación típica y el coeficiente de variación

presentaran valores elevados, se habría realizado un segundo análisis de los datos para estudiar aquellos que distorsionan los valores de estos parámetros estadísticos, eliminándolos de la población si es pertinente.

**5.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO**

Se recogen a continuación los criterios generales que se han seguido para la caracterización de los terrenos afectados por la actuación.

Todo el trabajo de investigación, tanto de campo como de laboratorio, ha venido condicionado por la dificultad en la toma de muestra, ensayos tanto in situ como en laboratorio, de la principal y fundamental formación afectada, la grava o Aglomerado de Lima.

Esto ha llevado a la necesidad de recurrir a bibliografía local y al análisis de experiencias previas en estos materiales.

Un aspecto de especial relevancia es la determinación de las características deformacionales de los materiales.

Tanto de la reciente campaña como de las precedentes, la única vía posible para la obtención de módulos de deformación, al menos para las formaciones granulares, ha sido la sísmica pasiva con registro de velocidades de ondas de corte Vs.

Como es conocido, el módulo de rigidez o corte dinámico en condiciones de pequeñas deformaciones como las que generan durante la exploración geofísica, puede obtenerse como:

$$G_{max} = \rho \cdot v_s^2, \text{ siendo}$$

$\rho$ : Densidad del material en kg/m<sup>3</sup>

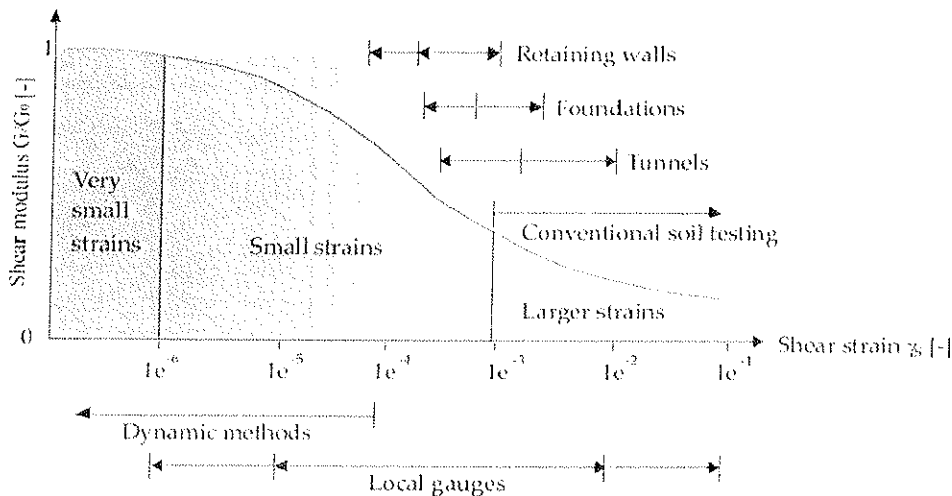
$v_s$ : Velocidad de las ondas de cizalla en m/s

$G_{max}$ : Módulo de rigidez o de cortante dinámico máximo

El módulo de rigidez se relaciona, como es sabido, con el módulo de deformación (E) mediante la expresión:

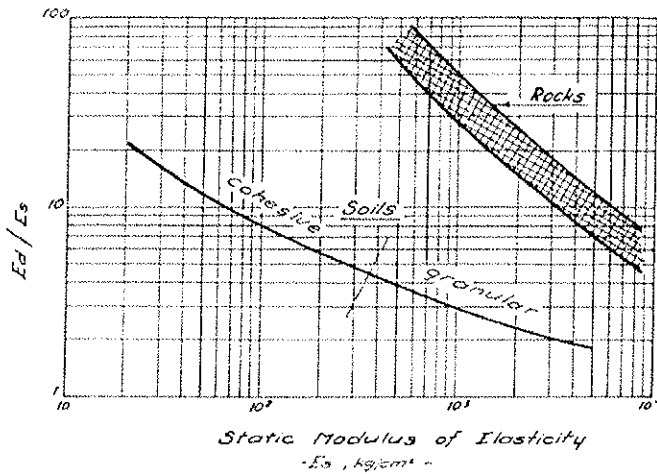
$$G = E/2 \cdot (1+v); \text{ siendo}$$

v: el coeficiente de poisson.



**Figura 13: Relación rigidez-distorsión típica en función de los métodos de investigación y tipos de estructura.**

A efectos de análisis que no tengan un carácter dinámico, el módulo de deformación que se requiere sería el denominado módulo de deformación estático, el cual ha sido en este proyecto estimado mediante la correlación propuesta por Alpan y que se muestra seguidamente:



**Figura 14: Relación entre el módulo dinámico  $E_d$  ( $E_{max}$ ) y el módulo de deformación estático. Alpan (1970).**

Los resultados de velocidades de ondas vs pueden ser empleados, igualmente, para tener una primera aproximación de tipo cualitativo al tipo de material investigado mediante tablas y correlaciones como la recogida en las recomendaciones del NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program):

Soil Profile Type	Description
A	Hard rock with measured shear wave velocity, $\bar{v}_s > 5000$ ft/sec (1500 m/sec)
B	Rock with $2500$ ft/sec $< \bar{v}_s \leq 5000$ ft/sec (760 m/sec $< \bar{v}_s \leq 1500$ m/sec)
C	Very dense soil and soft rock with $1200$ ft/sec $< \bar{v}_s \leq 2500$ ft/sec (360 m/sec $< \bar{v}_s \leq 760$ m/sec) or with either $\bar{N} > 50$ or $\bar{q}_u \geq 2000$ psf (100 kPa)
D	Stiff soil with $600$ ft/sec $< \bar{v}_s \leq 1200$ ft/sec (180 m/sec $< \bar{v}_s \leq 360$ m/sec) or with either $15 \leq \bar{N} < 50$ or $1000$ psf $\leq \bar{q}_u \leq 2000$ psf (50 kPa $\leq \bar{q}_u \leq 100$ kPa)
E	A soil profile with $\bar{v}_s < 600$ ft/sec (180 m/sec) or any profile with more than 10 ft (3 m) of soil clay defined as soil with $PI > 20$ , $w \geq 40\%$ , and $s_u < 500$ psf (25 kPa)
F	Soil requiring site specific evaluations: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils.</li> <li>2. Peats and/or highly organic clays (<math>H &gt; 10</math> ft (3 m) of peat and/or highly organic clay where <math>H</math> = thickness of soil)</li> <li>3. Very high plasticity clays (<math>H &gt; 25</math> ft (8 m) with <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>4. Very thick soft/medium stiff clays (<math>H &gt; 120</math> ft (36 m))</li> </ol> Exception: When the soil properties are not shown in sufficient detail to determine the Soil Profile Type, Type D shall be used. Soil Profile Types E or F need not be assumed unless the regulatory agency determines that Types E or F may be present at the site or in the event that Types E or F are established by the geotechnical data.

**Tabla 33: Tipos de terreno según el NEHRP a efectos de caracterización de los efectos dinámicos locales.**

Finalmente, a efectos de cálculo de subsidencias, el módulo a considerar será un módulo en descarga o decompresión  $E_{sub}$ , que se ha estimado en  $E_{sub} = 2 \cdot E$ .

De cara al cálculo de pantallas, se ha estimado el módulo de balasto ( $k_h$ ) mediante la expresión de Menard (1964):

$$1/k_h = 1/E_M \cdot [a \cdot \alpha / 2 + 0,133 \cdot (9a)^\alpha]; \text{ siendo}$$

$E_M$ : módulo presiométrico

$\alpha$ : coeficiente que puede tomarse como 0,50 para suelos cohesivos y 0,35 para granulares.

$a$ :  $2h/3$ , siendo  $h$  la longitud enterrada en el lado pasivo.



**5.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS**

A continuación se expone la caracterización geotécnica efectuada para las unidades geotécnicas diferenciadas.

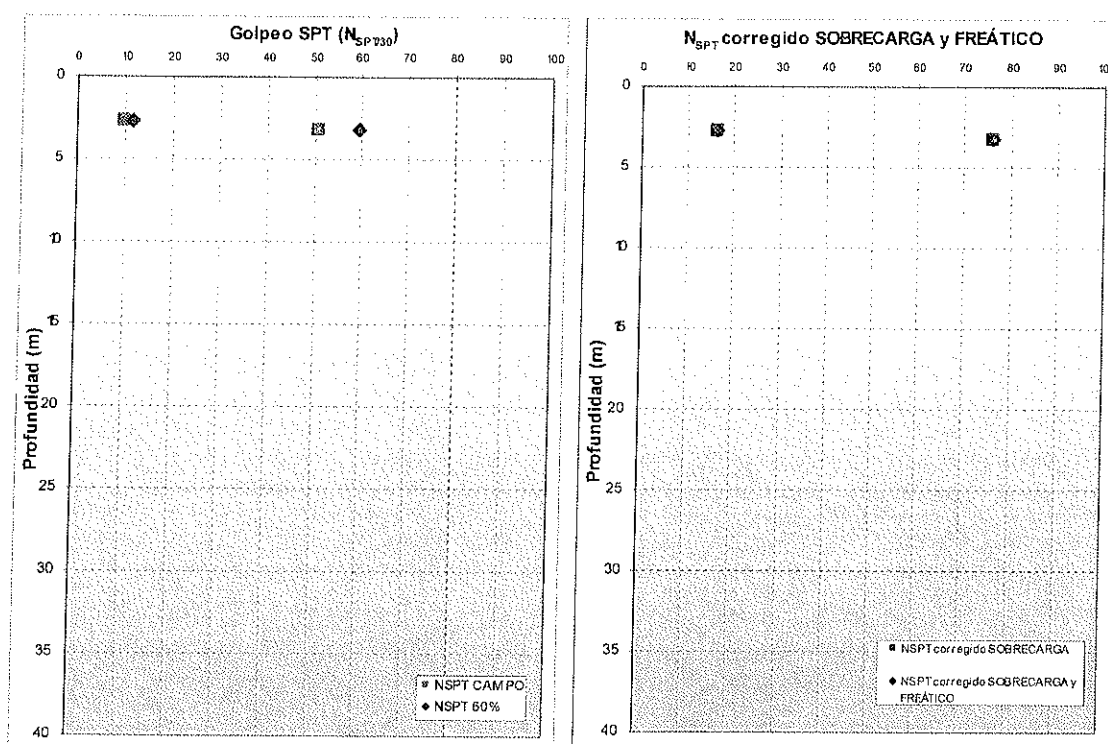
**5.3.1 Rellenos antrópicos; R**

Se trata de los rellenos de las actuales vías de comunicación y conducciones subterráneas. Su origen y características son diversas pero en general se componen de limos y arenas marrones provenientes de la unidad GP-S.

En la **Tabla 34**, mostrada a continuación se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre una muestra de esta unidad.

Dada la escasa relevancia que presentan estas unidades y los riesgos de heterogeneidad y colapsabilidad y contenido en materia orgánica, deberán ser retirados y llevados a vertedero.

En la **Figura 15** se muestra la distribución de los ensayos de penetración SPT realizados en la unidad R.



**Figura 15: Representación de los ensayos  $N_{SPT}$  realizados en la unidad R (corregidos según la sobrecarga y el nivel freático).**

**5.3.2 Arcillas y limos de baja a media plasticidad; CL/CM**

Los niveles de arcillas inorgánicas y limos orgánicos presentan espesores de entre 0 y 8 m a lo largo de los trazados en estudio y se denominan comúnmente “tierra de chacra” o terrenos de cultivo, pues no presentan cantos en su composición. Estos materiales resultan blandos y potencialmente compresibles y/o colapsables.

En la **Tabla 35**, mostrada a continuación se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de esta unidad. La **Tabla 36** muestra a continuación los resultados de los ensayos mecánicos realizados sobre muestras de la unidad CL/ML.

MUESTRA		IDENTIFICACIÓN											
		GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO											
		L. ATTERBERG											
Prospección		10"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	LL	LP	IP
C-2/L2	MA	254	9,525	4,75	2	0,85	0,425	0,25	0,149	0,075	40,0	21,0	19,0
		100,0%	100,0%	98,7%	97,8%	96,9%	96,2%	95,8%	93,8%	90,8%			
		1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40			
		18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D			
		2+487	2+487	2+487	2+487	2+487	2+487	2+487	2+487	2+487			
		18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D	18m D			

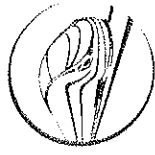
MUESTRA		ESTADO				QUIMICOS				CLASIFICACIÓN			
		ESTADO				QUIMICOS				CLASIFICACIÓN			
Prospección		Separación	Prof. de	Prof. a	Humedad Naturale	% SO <sub>4</sub>	% M.O.	U.S.C.S.	AASHTO				
C-2/L2	MA	18m D	1,40	1,40	22,60%	0,0837%	2,40%	CL	A-6 (18)				

Tabla 34: Resultados de los ensayos de laboratorio realizados en la unidad geotécnica R.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



MUESTRA

IDENTIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

L. ATTERBERG

Prospección	Grupo Geotécnico	Descripción material	Tipo muestra	pk	Separación	Prof. de	Prof. a	10"	1.5"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 20	Nº 60	Nº 140	Nº 200	LL	LP	IP
C-1/L2	CLML	Arena limosa con limos orgánicos	MA	1+785	14m D	1.70	1.70	100,0 %	38,1 %	25,4 %	9,525 %	4,75 %	0,85 %	0,25 %	0,106 %	0,075 %	36,0	27,0	9,0
C-1/L2	CLML	Arena limosa con limos orgánicos	MA	1+785	14m D	3,30	3,30	100,0 %	100,0 %	96,4 %	75,0 %	72,1 %	69,6 %	68,1 %	66,2 %	65,5 %	0,0	0,0	0,0
C-1/L2	CLML	Limo arcilloso oscuro	MA	1+785	14m D	3,40	3,40	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,1 %	98,8 %	98,3 %	95,5 %	94,2 %	38,0	32,0	6,0
C-1/L2	CLML	Limo arcilloso oscuro	MA	1+785	14m D	3,60	3,60	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,0 %	96,9 %	92,4 %	90,5 %	48,0	43,0	5,0
S-2/L2	CLML	Antropico, arcilla limosa	SPT	1+833	18m D	2,50	2,50	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	95,7 %	82,9 %	70,6 %	69,3 %	46,0	29,0	17,0
S-2/L2	CLML	Arcilla limosa	SPT	1+833	18m D	2,965	2,965	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	98,2 %	97,6 %	96,8 %	96,0 %	40,0	22,0	18,0
S-2/L2	CLML	Arcilla limosa	SPT	1+833	18m D	3,015	3,015	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,8 %	99,6 %	99,3 %	54,0	26,0	28,0
C-2/L2	CLML	Arcilla limosa	MA	2+487	18m D	1,70	1,70	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,7 %	99,4 %	97,5 %	69,0 %	53,8 %	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	CLML	Arena fina limosa	MA	2+487	18m D	2,50	2,50	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,2 %	96,3 %	94,6 %	90,0 %	87,0 %	26,0	16,0	10,0
C-2/L2	CLML	Arena fina limosa	MA	2+487	18m D	2,90	2,90	100,0 %	100,0 %	100,0 %	97,7 %	93,7 %	90,3 %	89,8 %	87,8 %	86,1 %	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	CLML	Arcilla poco plástica	MA	2+487	18m D	3,60	3,60	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	96,4 %	93,3 %	92,8 %	92,3 %	92,1 %	32,0	20,0	12,0
C-2/L2	CLML	Arena fina limosa	MA	2+487	18m D	4,30	4,30	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	97,3 %	92,6 %	84,2 %	66,6 %	57,5 %	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	CLML	Arena fina limosa	MA	2+487	18m D	5,00	5,00	100,0 %	100,0 %	100,0 %	97,8 %	96,9 %	93,9 %	91,4 %	84,4 %	80,2 %	24,0	22,0	2,0
C-2/L2	CLML	Arcilla húmeda	MA	2+487	18m D	5,60	5,60	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,3 %	98,0 %	96,2 %	95,4 %	42,0	27,0	15,0
C-2/L2	CLML	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	6,60	6,60	100,0 %	100,0 %	93,7 %	84,5 %	77,9 %	70,8 %	64,9 %	56,0 %	52,8 %	23,0	20,0	2,5
C-2/L2	CLML	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	7,00	7,00	100,0 %	100,0 %	91,1 %	76,9 %	73,3 %	69,5 %	68,6 %	67,1 %	66,1 %	23,0	18,0	5,0
C-2/L2	CLML	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	7,50	7,50	100,0 %	100,0 %	88,8 %	84,9 %	80,5 %	77,5 %	75,2 %	73,1 %	72,1 %	26,0	18,0	8,0
C-2/L2	CLML	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	8,70	10,20	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	99,6 %	97,8 %	96,7 %	93,2 %	92,3 %	47,0	24,0	23,0
C-4/L2	CLML	Arcilla limosa	MA	5+148	22m D	1,70	2,00	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	96,8 %	99,0 %	97,5 %	96,5 %	34,0	22,0	11,0
C-4/L2	CLML	Arena fina limosa	MA	5+148	22m D	2,30	3,00	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	98,9 %	98,0 %	97,3 %	83,2 %	73,9 %	0,0	0,0	0,0
S-8/L2	CLML	Limos con arcillas limosas	SPT	18+930	20m I	3,00	3,45	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	95,6 %	80,5 %	78,1 %	25,0	18,0	7,0
S-8/L2	CLML	Limos arcillosos	SH	18+930	20m I	3,45	4,05	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	98,8 %	95,1 %	81,0 %	75,8 %	25,0	18,0	7,0

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



ProInversión  
Agencia de Promoción de la Inversión Privada

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

Fag

[66]

[1046]

0000665

MUESTRA IDENTIFICACIÓN

MUESTRA	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO										L. ATTERBERG													
	CL/ML	Limos arenosos	MA	20+07 0	36m D	14,0 0	14,0 0	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	59,3 %	65,4 %	92,0 %	98,2 %	99,2 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-5	CL/ML	Limos arenosos	MA	20+07 0	36m D	14,0 0	14,0 0	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	59,3 %	65,4 %	92,0 %	98,2 %	99,2 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-15	CL/ML	Limos arenosos	MA	22+57 5	16m I	24,0 0	24,0 0	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	96,7 %	97,2 %	98,8 %	99,8 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	42,0	27,0	15,0	0,0	
CS-11/I/2	CL/ML	Limo arenoso	MA	26+38 8	24m I	1,50	1,65	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %													
S-1/L4	CL/ML	Arcillas limosas	SPT	0+310	18m I	11,6 0	12,0 0	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										47,3	29,6	17,7	
S-1/L4	CL/ML	Arcillas limosas	SPT	0+310	18m I	13,2 0	13,6 0	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										50,2	32,5	17,7	
S-1/L4	CL/ML	Arcilla limosa	SPT	0+310	18m I	13,6 0	14,0 5	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										105,0	60,0	45,0	
S-1/L4	CL/ML	Limos con arcillas	SPT	0+310	18m I	14,9 0	15,3 5	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										52,2	35,9	16,16	
S-2/L4	CL/ML	Arcilla rojiza	SPT	2+544	10m I	21,0 0	21,4 5	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										83,4	51,9	33,3	
S-2/L4	CL/ML	Arcilla limosa	SPT	2+544	10m I	22,2 0	22,6 5	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										84,0	51,0	33,0	
C-2/L4	CL/ML	Arena fina	MA	6+600	25m I	4,10	5,50	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %										38,0	29,0	9,0	

MUESTRA ESTADO

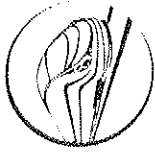
MUESTRA	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	ESTADO		Densidad aparente	Humedad Natural	% SO <sub>4</sub>	% M.O.	COMPACTABILIDAD				U.S.C.S.	AASHTO
					Densidad seca	% M.O.					P.M. Dimax seca g/cm <sup>2</sup>	P.M. Dimax Hopt% g/cm <sup>3</sup>	CBR95	CBR100		
C-1/L2	CL/ML	1,70	1,70	1,70	28,80%	1,2668%	17,10%	1,2360	1,4301	15,7%	3,2	2,5	0,33%	ML	A-4 (6)	
C-1/L2	CL/ML	3,30	3,30	3,30	46,80%									ML	A-4 (0)	
C-1/L2	CL/ML	3,40	3,40	3,40	44,40%									ML	A-5 (0)	
C-1/L2	CL/ML	3,60	3,60	3,60	5,10%	0,8926%	7,10%							ML	A-5 (10)	
C-1/L2	CL/ML	3,60	3,60	3,90	45,70%									ML		
S-2/L2	CL/ML	2,50	2,50	2,50	38,20%									CL		
S-2/L2	CL/ML	29,65	29,65	29,65	39,40%	0,0541%	2,00%							CH		
S-2/L2	CL/ML	30,15	30,15	30,15	33,30%									ML	A-4 (0)	
C-2/L2	CL/ML	1,70	1,70	1,70	4,90%	0,0309%	1,40%							CL	A-4 (7)	
C-2/L2	CL/ML	2,50	2,50	2,90	12,50%	0,0607%	2,00%							ML	A-4 (0)	
C-2/L2	CL/ML	2,90	2,90	3,60	8,70%									CL	A-6 (11)	
C-2/L2	CL/ML	3,60	3,60	4,30	15,50%									ML	A-6 (4)	
C-2/L2	CL/ML	4,30	4,30	4,30	7,90%									ML		

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

000666



MUESTRA	ESTADO	ESTADO	ESTADO		Densidad	Humedad	QUÍMICOS		COMPACTABILIDAD			CLASIFICACIÓN	
			Densidad	Prof. a			% SO <sub>4</sub>	% M.O.	P.M.	P.M.	P.M.		CBR
C-2/L2	CL/ML	5,00	5,00	5,00	19,30%	0,0436%	1,50%					ML	A-4 (0)
C-2/L2	CL/ML	5,60	5,60	5,60	18,60%							ML	A-7-6 (17)
C-2/L2	CL/ML	6,60	6,60	6,60	17,20%	0,0918%	1,70%					ML	A-4 (0)
C-2/L2	CL/ML	7,00	7,00	7,00	17,70%							CL-ML	A-4 (0)
C-2/L2	CL/ML	7,50	7,50	7,50	35,60%	0,0521%	1,90%					CL	A-4 (4)
C-4/L2	CL/ML	1,70	2,00	2,00	20,10%	0,1968%	5,40%					CL	A-7-6 (20)
C-4/L2	CL/ML	2,30	3,00	3,00	9,10%							CL	A-6 (12)
S-8/L2	CL/ML	3,00	3,45	3,45	10,10%		2,50%					ML	A-4 (0)
S-8/L2	CL/ML	3,45	4,05	4,05	24,60%	0,1529%						CL-ML	
CP-5	CL/ML	14,00	14,00	14,00	20,50%							CL	
CP-15	CL/ML	24,00	24,00	24,00	32,60%							ML	A-4 (5)
CS-11/L2	CL/ML	1,50	1,65	1,65	10,76%							ML	A-7-6 (18)
S-1/L4	CL/ML	11,60	12,00	12,00	44,60%	0,0251%	7,03%					-	
S-1/L4	CL/ML	13,20	13,60	13,60	36,90%	0,0007%	4,82%					-	
S-1/L4	CL/ML	13,60	14,05	14,05	61,40%	0,0478%						MH	
S-1/L4	CL/ML	14,90	15,35	15,35	43,70%							-	
S-2/L4	CL/ML	21,00	21,45	21,45	41,52%	0,0068%	4,74%					MH	
S-2/L4	CL/ML	22,20	22,65	22,65	36,62%	0,0039%	5,15%					ML	
C-2/L4	CL/ML	4,10	5,50	5,50	17,30%	0,0025%	2,28%	1,6680	1,8448	10,6%	17,5	0,22%	ML

Tabla 35: Resultados de los ensayos de laboratorio realizados en la unidad geotécnica CL/ML.

MUESTRA	CORTE DIRECTO		REMOLDEADA		COMPRESIÓN UNIAxIAL		CONSOLIDACIÓN EN EDÓMETRO		
	INALTERADA	CD	CD	CD	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Pp (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>
C-1/L2	φ	φ	C (kp/cm <sup>2</sup> )	C (kp/cm <sup>2</sup> )	φ	φ	Pp (kp/cm <sup>2</sup> ) <td>E<sub>0</sub> <td>C<sub>c</sub></td> </td>	E <sub>0</sub> <td>C<sub>c</sub></td>	C <sub>c</sub>
S-8/L2	24,60°	24,60°	0,18	0,07	1,07	1,07	0,9	1,408	0,518

Tabla 36: Resultados de ensayos mecánicos realizados en la unidad geotécnica CL/ML.

000667

En la **Tabla 37** se incluye el análisis estadístico realizado con los ensayos de laboratorio disponibles de la unidad CL/ML.

En las **Figuras 16 y 17** se muestra el huso granulométrico, la carta de plasticidad y las principales características y clasificaciones de estos materiales, realizados a partir de la información disponible. Según la caracterización de los materiales correspondientes a la unidad CL/ML, estos se clasifican mayoritariamente como ML o A-4, apareciendo en menor medida los términos más plásticos y arcillosos (CL, MH y CH en USCS; y A-5, A-6 y A-7-6 en AASSTHO).

En la **Figura 18** se muestra la distribución de los ensayos de penetración SPT realizados en la unidad CL/ML, en la que no se observa una tendencia clara hacia el rechazo con la profundidad.

A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

UNIDAD	CL/ML	IDENTIFICACIÓN											L. ATTERBERG			ESTADO			P. QUÍMICOS									
		GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO											LL	LP	IP	P. Esp. Part	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad Natural (%)	% SO <sub>3</sub>	% M.O.							
Nº ENSAYOS	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	31	32	0	2	3	33	16	16	
MÁXIMO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	105,0	60,0	45,0	-	1,902	2,370	61,4%	0,013	17,10%
MÍNIMO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0,0	0,0	0,0	-	1,130	0,000	4,9%	0,000	1,40%	
MEDIA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	32,5	21,5	10,7	-	1,516	1,207	26,0%	0,002	4,31%	
DESV.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24,5	15,2	10,7	-	0,546	1,186	15,1%	0,004	3,94%	

UNIDAD	CL/ML	COMPACTABILIDAD				COMPRÉSION UNIAJIAL		
		PROCTOR MODIFICADO				UNIAJIAL		
Nº ENSAYOS	2	2	2	2	1	2	1	1
MÁXIMO	1,668	15,7%	16	17,5	0,00%	0,33%	1,07	
MÍNIMO	1,236	10,6%	3,2	2,5	0,00%	0,22%	1,07	
MEDIA	1,452	13,2%	9,6	10,0	0,00%	0,28%	1,07	
DESV.	0,31	3,6%	9,1	10,6	-	0,08%	-	

Tabla 37: Análisis estadístico de la unidad geotécnica CL/ML.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

A

000670



CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

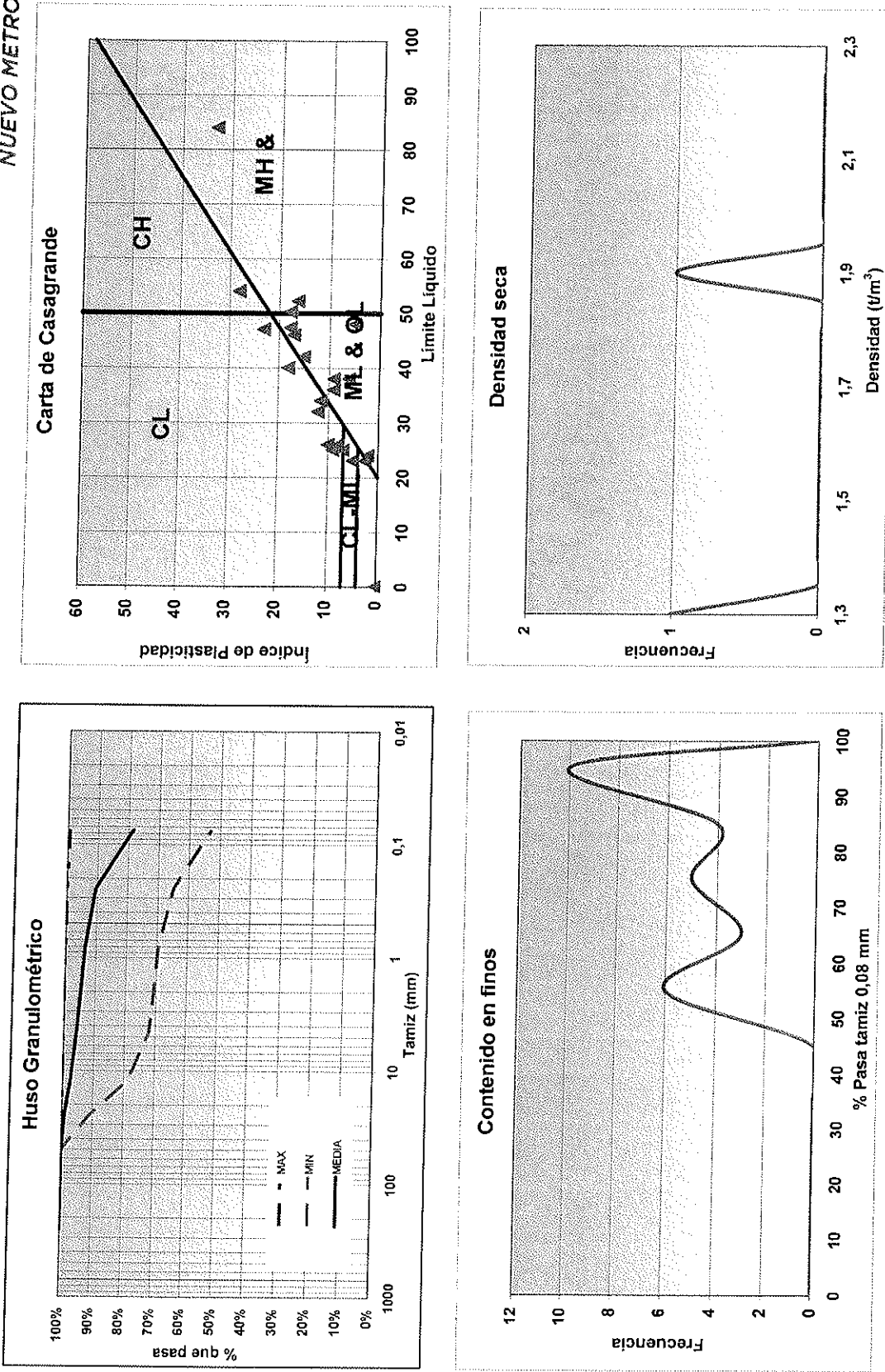


Figura 16: Principales características de la unidad CL/CM.

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Agencia de Promoción de la Inversión Privada

Handwritten signature



000671



CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

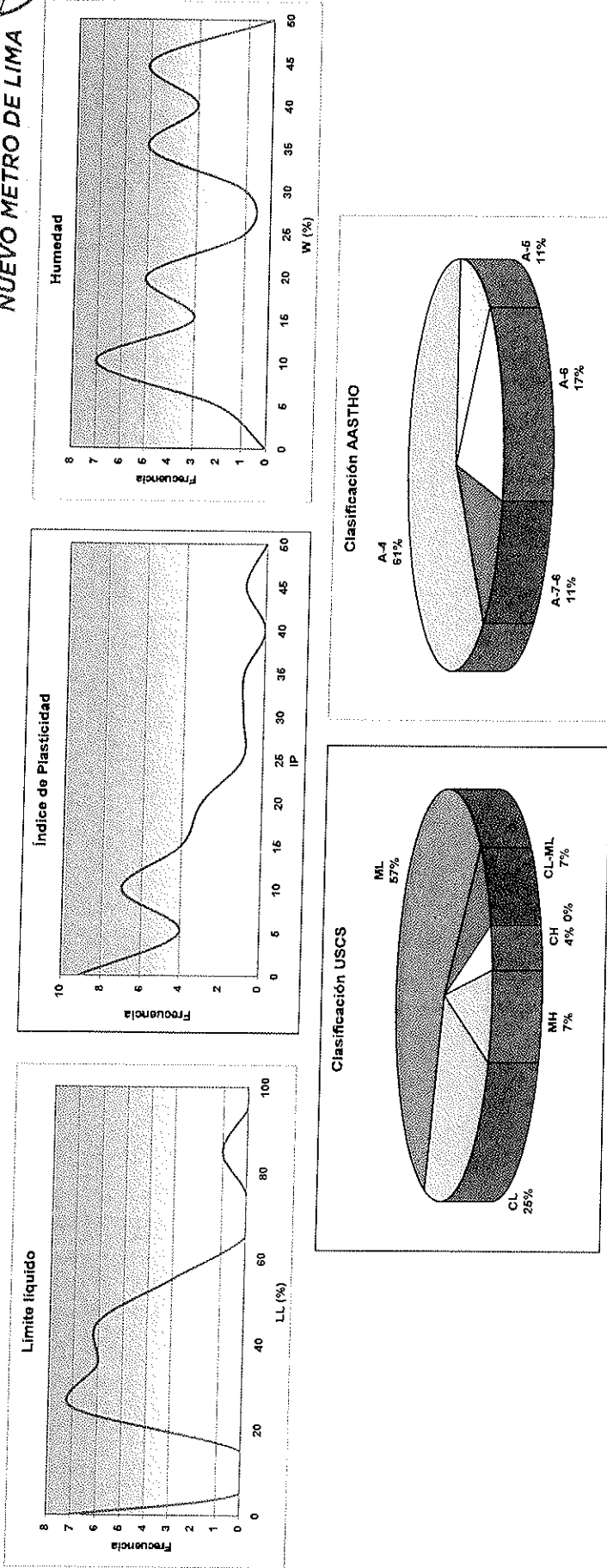


Figura 17: Principales características de la unidad CL/CM.

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Agencia de Promoción de la Inversión Privada



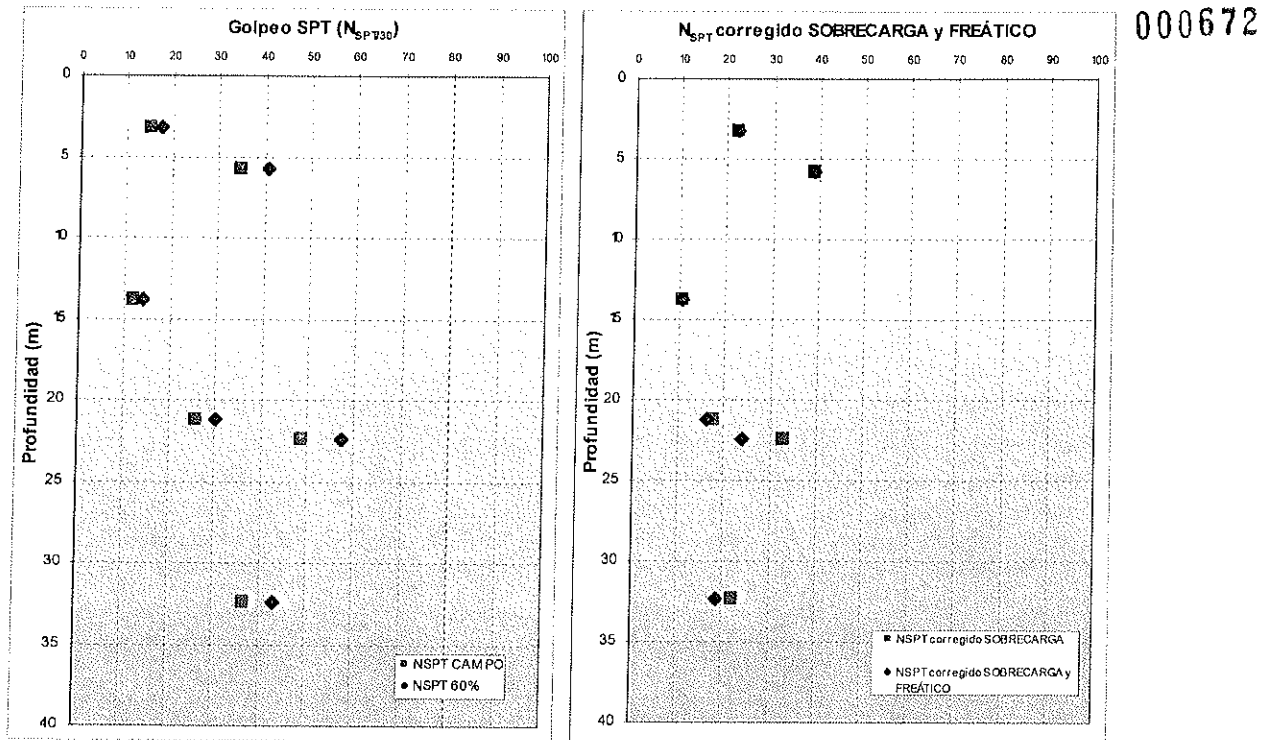


Figura 18: Representación de los ensayos  $N_{SPT}$  realizados en la unidad CL/ML (corregidos según la sobrecarga y el nivel freático).

En la **Tabla 38** se incluyen los dos ensayos de permeabilidad realizados en la unidad CL/ML. Según los resultados obtenidos en los ensayos de permeabilidad, la unidad CL/ML tendría una permeabilidad baja, como la correspondiente a una arena arcillosa o limo arcilloso.

Prospección	P.K.	Prof. (m)	Litología	Admisión (l/s)	Admisión (l/min)	k (cm/s)	k (m/s)
S-2/L2	1+933	5,0-5,5	CH	5,00E-05	0,003	3,76E-05	3,76E-07
C-4	0+605	1,0-1,4	ML	-	-	3,50E-04	3,50E-06
					MAX	3,50E-04	3,50E-06
					MIN	3,76E-05	3,76E-07
					MEDIA	1,94E-04	1,94E-06

Tabla 38: Resultados de ensayos de permeabilidad realizados en la unidad geotécnica CL/ML (azul = campaña complementaria, negro = estudios anteriores).

La **Tabla 39** muestra los ensayos dilatométricos disponibles de la campaña realizada por Proinversión en la Primera Etapa A.

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000673

Sondeo	Cota	Unidad	Tipo de material	Ensayo Presiométrico				Módulo elástico		
				P <sub>L</sub> kp/cm <sup>2</sup>	E <sub>p</sub> kp/cm <sup>2</sup>	E <sub>p</sub> /P <sub>L</sub>	P <sub>L</sub> * kp/cm <sup>2</sup>	α	ν	E kp/cm <sup>2</sup>
P-2	39	CL-ML	Arcilla	40	700,0	17,5	36,1	0,67	0,3	780,0
P-2	42	CL-ML	Arcilla	29,1	370,0	12,71	24,9	0,67	0,3	412,29
				Max	700,0					Max 780,0
				Min	370,0					Min 412,0
				Media	535,0					Media 596,1

**Tabla 39: Resultados de ensayos de dilatométricos realizados en la unidad geotécnica CL/ML.**

### 5.3.3 Arenas limosas; SM

Las arenas limosas se presentan como niveles superficiales e intercalados en las gravas de Lima (GP-S), correspondiendo a lentejones y/o cuerpos deposicionales antiguos de la llanura de inundación del Rimac.

Presentan una textura gruesa a media, prácticamente sin finos y con cantos subredondeados ocasionales. Aparecen arenas con gravas sin finos (SW) bien gradadas y mal gradadas (SP).

En la **Tabla 40**, mostrada a continuación, se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de esta unidad. La **Tabla 41** muestra a continuación los resultados de los ensayos mecánicos realizados sobre muestras de la unidad SM.

En la **Tabla 42** se incluye el análisis estadístico realizado con los ensayos de laboratorio disponibles de la unidad SM.

En las **Figuras 19 y 20** se muestra el huso granulométrico, la carta de plasticidad y las principales características y clasificaciones de estos materiales, realizados a partir de la información disponible. Según la caracterización de los materiales correspondientes a la unidad SM, estos se clasifican mayoritariamente como SM o A-2-4/A-4, apareciendo en menor medida los términos SP y SC (USCS), y A-3 y A-1-b (AASTHO).

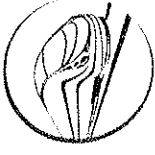
En la **Figura 21** se muestra la distribución de los ensayos de penetración SPT realizados en la unidad SM, en la que se observa una clara tendencia al rechazo con la profundidad.

En la **Tabla 43** se incluyen los dos ensayos de permeabilidad realizados en la unidad SM.

Según los resultados obtenidos en los ensayos de permeabilidad la unidad SM tendría una permeabilidad media, como la correspondiente a una arena limosa.

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**



## MUESTRA

## IDENTIFICACIÓN

### GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

L. ATTERBERG  
(UNE 103103-4)

Prospección	Grupo Geotécnico	Descripción material	Tipo muestra	pk	Separación	Prof. de	Prof. a	10"	2"	1"	Nº4	Nº 20	Nº 60	Nº 140	Nº 200	LL	LP	IP
C-1/L2	SM	Arena fina limosa	MA	1+785	14m D	4,10	4,10	100,0%	100,0%	25,4	4,75	0,85	0,25	0,106	0,075	0,0	0,0	0,0
C-1/L2	SM	Arena fina limosa húmeda y fétida	MA	1+785	14m D	4,40	4,40	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	95,8%	74,5%	39,3%	34,4%	0,0	0,0	0,0
S-2/L2	SM	Arcilla marrón	SH	1+933	18m D	3,75	4,25	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,1%	84,5%	34,7%	24,9%	0,0	0,0	0,0
S-2/L2	SM	Arenas finas con limos	SPT	1+933	18m D	26,85	26,85	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	96,2%	63,2%	43,5%	41,9%	34,0	22,0	12,0
C-2/L2	SM	Arena fina limosa	MA	2+487	18m D	2,00	2,00	100,0%	100,0%	100,0%	99,7%	96,2%	86,7%	41,1%	30,8%	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	SM	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	6,00	6,00	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,4%	71,6%	30,3%	23,3%	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	SM	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	6,15	6,15	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,3%	64,7%	10,8%	6,9%	0,0	0,0	0,0
C-2/L2	SM	Arenas finas a medias	MA	2+487	18m D	7,80	7,80	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	96,9%	54,3%	38,2%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	1,90	1,90	100,0%	100,0%	99,1%	90,6%	88,2%	81,6%	53,1%	47,2%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	4,60	4,60	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	86,4%	28,4%	16,5%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	6,40	6,40	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	93,9%	61,8%	47,3%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	8,15	8,15	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,3%	46,1%	17,0%	11,6%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	8,50	8,50	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	95,3%	18,7%	3,6%	2,5%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	8,70	8,70	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	92,3%	16,4%	3,6%	2,6%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	9,40	9,40	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,4%	40,9%	9,3%	5,0%	0,0	0,0	0,0
C-3/L2	SM	Arena fina limosa	MA	4+414	16m D	9,80	9,80	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,6%	84,7%	52,1%	42,5%	0,0	0,0	0,0
C-1/L4	SM	GP con arenas medias	MA	4+764	6m I	9,00	9,50	100,0%	86,0%	72,5%	53,7%	34,0%	15,6%	8,4%	7,3%	0,0	0,0	0,0
S-7/L2	SM	Arenas finas cn limos	SPT	18+446	20m I	20,70	20,70	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,8%	57,1%	15,5%	13,2%	0,0	0,0	0,0
S-7/L2	SM	Arenas medias algo limosas	SPT	18+446	20m I	22,85	22,96	100,0%	100,0%	100,0%	79,0%	55,8%	27,8%	18,1%	15,7%	0,0	0,0	0,0
S-8/L2	SM	Limos arenosos	SH	18+930	20m I	5,75	6,75	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	67,0%	33,8%	30,4%	0,0	0,0	0,0
CP-18	SM	Arena limosa	MA	23+000	24m I	26,50	26,50	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,6%	99,7%	78,4%	48,2%	0,0	0,0	0,0
S-1/L4	SM	Arenas finas limosas	MA	0+310	18m I	1,50	1,70	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	20,0	16,4	3,6	0,0	0,0	0,0
S-1/L4	SM	Arenas limosas	SPT	0+310	18m I	12,00	12,45	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,6%	84,4%	52,8%	43,3%	30,0	27,0	3,0
S-2/L4	SM	Limo arenoso	TP	2+544	10m I	21,80	22,05	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	96,7%	73,8%	34,6%	24,4%	0,0	0,0	0,0
S-2/L4	SM	Arenas con gravas	SPT	2+544	10m I	24,70	25,15	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



**ProlInversión**  
Agencia de Promoción de la Inversión Privada

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT -- AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

[1055]

Fag

[75]

000674



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



MUESTRA	ESTADO				QUÍMICOS				COMPACTABILIDAD				CLASIFICACIÓN					
	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	P. Esp. Part.	Densidad seca	Densidad aparente	Humedad Natural	% SO <sub>4</sub>	% M.O.	P.M. Dmax seca g/cm <sup>3</sup>	P.M. Dmax Hopt%	CBR	CBR100	% HINCH	U.S.C.S.	AASHTO	
C-1/L2	SM		4,10	4,10		1,535	1,887	22,90%	0,8120%	3,50%	1,7700	1,9895	12,4%	8,4	5,2	0,00%	SM	A-2-4 (0)
C-1/L2	SM		4,40	4,40		1,500	1,911	27,40%	0,5686%	3,20%							SM	A-2-4 (0)
S-2/L2	SM		3,75	4,25		1,465	1,680	14,70%	1,7544%	7,60%							SC	
S-2/L2	SM		26,85	26,85				22,30%		2,70%							SM	
C-2/L2	SM		2,00	2,00		1,825	2,462	4,90%									SM	A-2-4 (0)
C-2/L2	SM		6,00	6,00		1,770	1,890	6,80%									SM	A-2-4 (0)
C-2/L2	SM		6,15	6,15		1,825	1,885	3,30%									SM-SP	A-3 (0)
C-2/L2	SM		7,80	7,80		1,700	2,094	23,20%									SM	A-4 (0)
C-3/L2	SM		1,90	1,90		1,840	1,984	7,80%									SM	A-4 (0)
C-3/L2	SM		4,60	4,60		1,760	1,852	5,20%	0,0140%	2,00%							SM	A-2-4 (0)
C-3/L2	SM		6,40	6,40		1,680	1,870	11,30%									SM	A-4 (0)
C-3/L2	SM		8,15	8,15		1,875	1,969	5,00%									SM-SP	A-2-4 (0)
C-3/L2	SM		8,50	8,50		1,780	1,821	2,30%									SP	A-1-b (0)
C-3/L2	SM		8,70	8,70		1,785	1,831	2,60%	0,0105%	0,60%							SP	A-1-b (0)
C-3/L2	SM		9,40	9,40		1,830	1,896	3,60%									SM-SP	A-3 (0)
C-3/L2	SM		9,80	9,90		1,775	2,098	18,20%									SM	A-4 (0)
C-1/L4	SM		9,00	9,50					0,0007%	2,18%							SM-SP	
S-7/L2	SM		20,70	20,70				28,00%		0,80%							SM	
S-7/L2	SM		22,85	22,96				12,70%									SM	
S-8/L2	SM		5,75	6,75	2,65	1,440	1,669	15,90%	0,0840%	2,50%							SM	
CP-18	SM		26,50	26,50		1,667	1,880	12,80%									SM	A-4 (3)
S-1/L4	SM		1,50	1,70				12,60%	0,0183%	1,69%								
S-1/L4	SM		12,00	12,45				25,00%										
S-2/L4	SM		21,80	22,05				27,65%	0,0027%								SM	
S-2/L4	SM		24,70	25,15				14,65%	0,0038%								SM	

Tabla 40: Resultados de los ensayos de laboratorio realizados en la unidad geotécnica SM.

[1056]

Fag [76]

000675

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A

A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



MUESTRA	CORTE DIRECTO INALTERADA			COMPRESIÓN UNIAIXIAL			CONSOLIDACIÓN EN EDÓMETRO			
	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	CD	C (kp/cm <sup>2</sup> )	φ	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Pp (kp/cm <sup>2</sup> )	e <sub>0</sub>	Cc
S-2/L2	SM	3,75	4,25	0,19	32,4	3,26	0,82	0,776	0,210	0,190
S-8/L2	SM	5,75	6,75			3,64	1,90			0,027
S-2/L4	SM	21,80	22,05							

Tabla 4.1: Resultados de ensayos mecánicos realizados en la unidad geotécnica SM.

UNIDAD	IDENTIFICACIÓN														
	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO														
SM	254 μm	203,2 μm	152,4 μm	76,2 μm	50,8 μm	25,4 μm	12,5 μm	4,75 mm	2 mm	0,85 mm	0,25 mm	0,075 mm	L	U	F
	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24
MÁXIMO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	48%	34,0	27,0	12,0
MÍNIMO	100%	100%	100%	100%	86%	72%	64%	54%	43%	34%	16%	3%	0,0	0,0	0,0
MEDIA	100%	100%	100%	100%	99%	99%	97%	97%	95%	93%	66%	26%	3,5	2,7	0,7
DESV.	0%	0%	0%	0%	3%	6%	8%	10%	13%	16%	26%	16%	9,7	7,5	2,5

[1057]

000676

Fag [77]

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



UNIDAD	ESTADO				COMPACTABILIDAD				COMPRESIÓN UNIAxIAL				
	Nº ENSAYOS	Densidad seca (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad Natural (%)	% SO₄	% M.O	P.M. Dmax g/cm³	P.M. HoPlt %	CBR <sub>95</sub>	CBR <sub>100</sub>	%ABS	%HINCH	q <sub>u</sub> (kg/cm²)
SM	1	17	17	24	10	10	1	1	1	1	1	1	2
MÁXIMO	2,650	1,875	2,462	28,0%	0,018	7,60%	1,77	12,4%	8,4	5,2	0,00%	0,00%	3,64
MÍNIMO	2,650	1,440	1,669	2,3%	0,000	0,60%	1,77	12,4%	8,4	5,2	0,00%	0,00%	3,26
MEDIA	2,650	1,709	1,922	13,8%	0,003	2,68%	1,77	12,4%	8,4	5,2	0,00%	0,00%	3,45
DESV.	-	0,141	0,179	8,8%	0,006	1,96%	-	-	-	-	-	-	0,27

Tabla 42: Análisis estadístico de la unidad geotécnica SM.

Prospección	P.K.	Prof. (m)	Litología	Admisión (l/s)	Admisión (l/min)	k (cm/s)	k (m/s)
S-2/L2	1+933	30,0-30,45	SP	0,05	3,24	7,03E-04	7,03E-06
S-1/L4	0+310	30,80-31,0	SP-SW	1,55	93,15	2,01E-02	2,01E-04
CP-18	23+000	23,0	SM	-	-	1,66E-04	1,66E-06
				MAX	MAX	2,01E-02	2,01E-04
				MIN	MIN	1,66E-04	1,66E-06
				MEDIA	MEDIA	7,00E-03	7,00E-05

Tabla 43: Resultados de ensayos de permeabilidad realizados en la unidad geotécnica SM (azul = campaña complementaria, rojo = campaña ProInversión Etapa 1A).

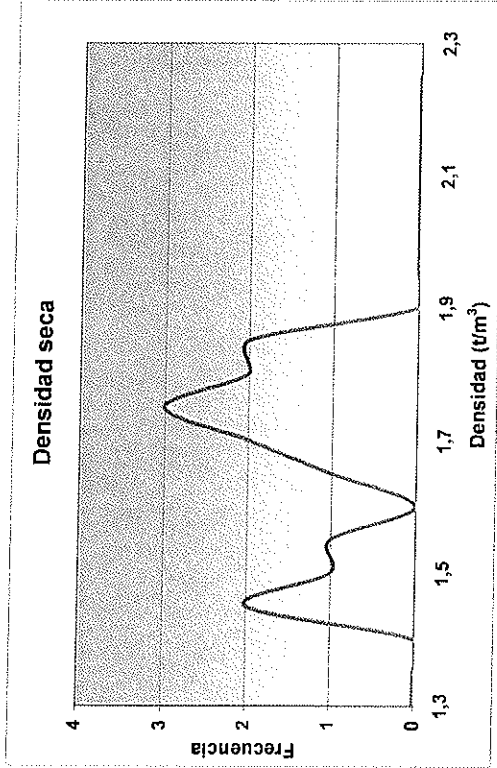
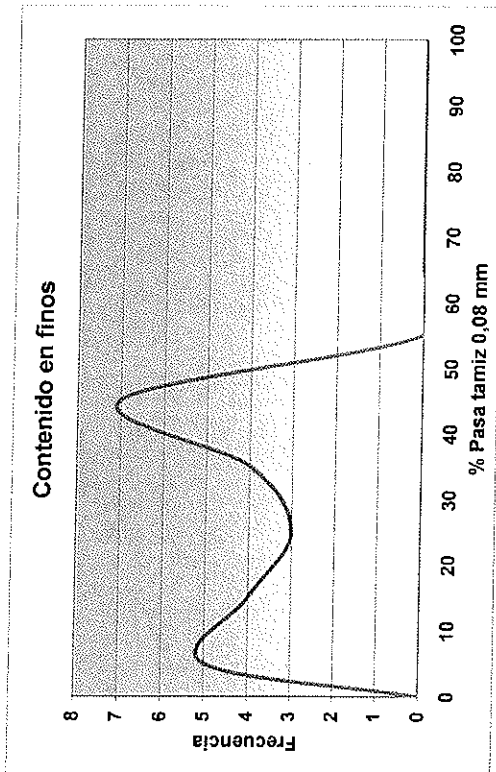
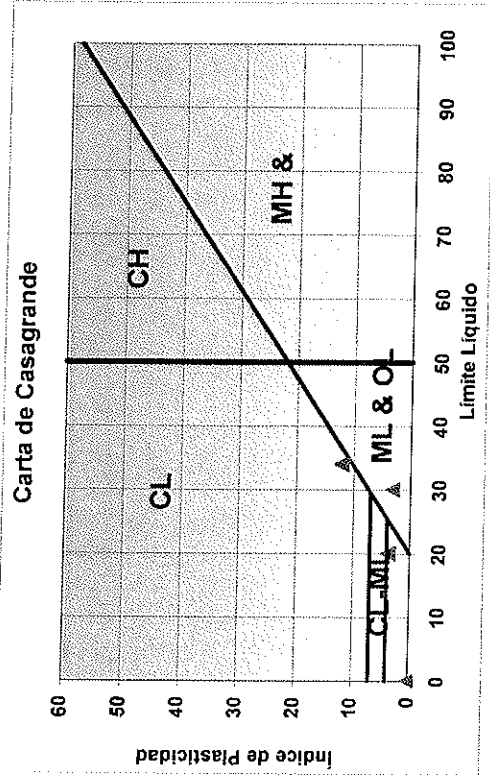
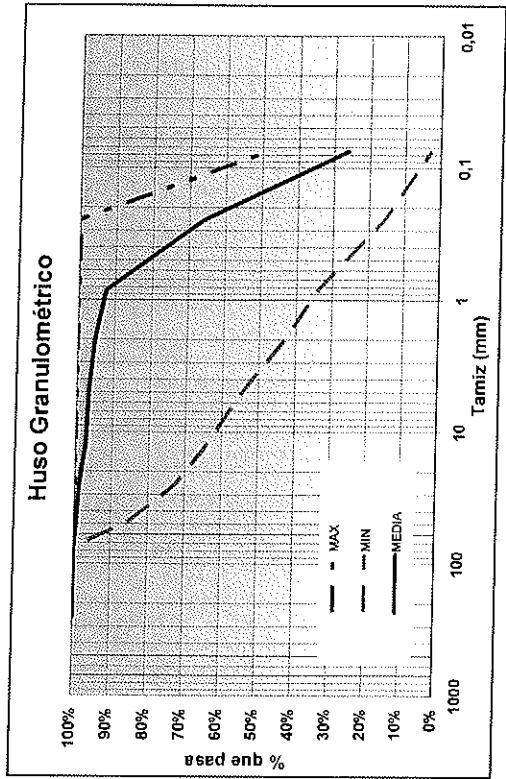


Figura 19: Principales características de la unidad SM.



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

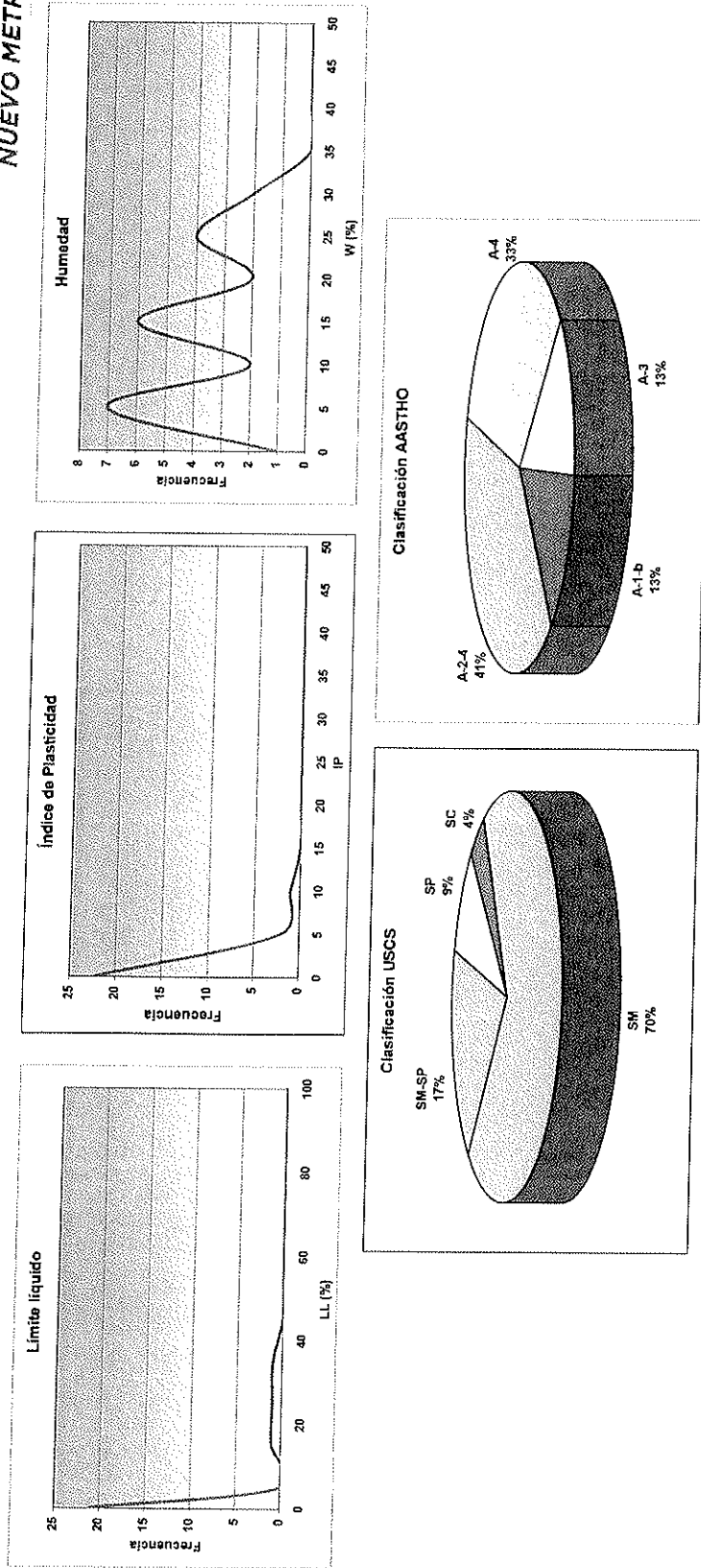


Figura 20: Principales características de la unidad SM.



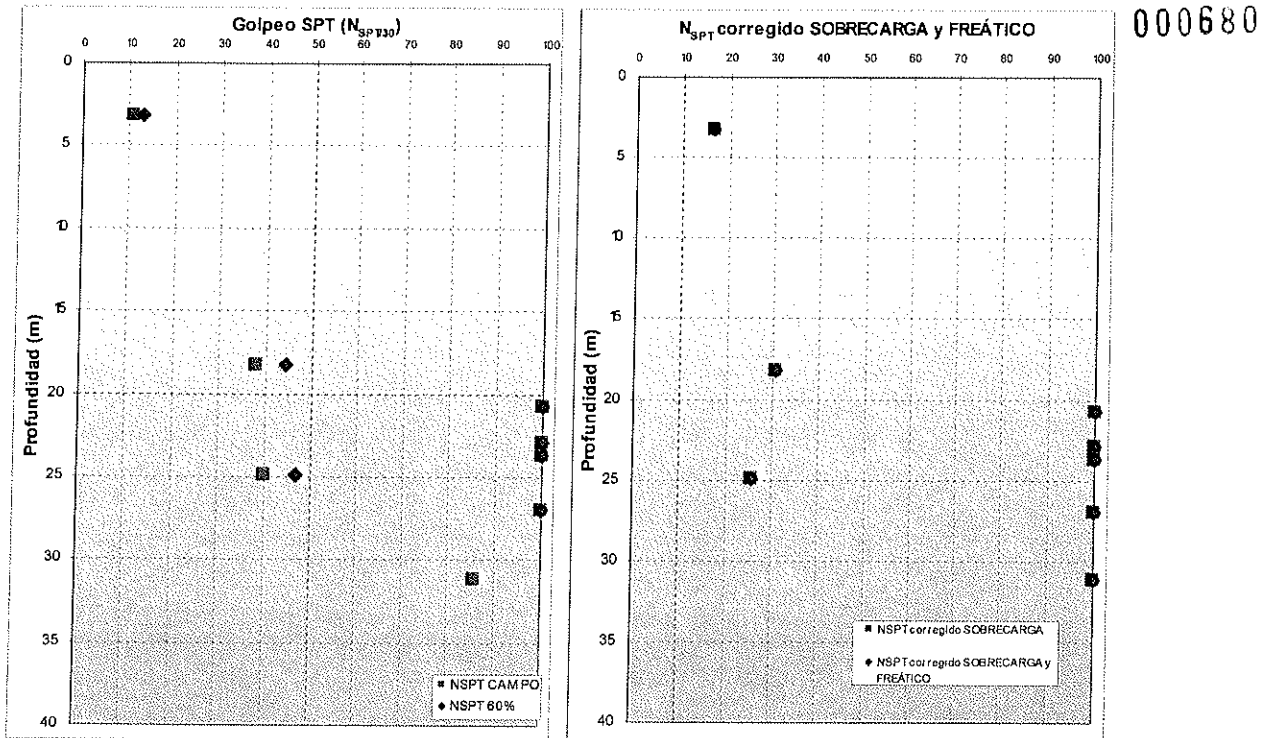


Figura 21: Representación de los ensayos  $N_{SPT}$  realizados en la unidad SM (corregidos según la sobrecarga y el nivel freático).

5.3.4 Gravas pobremente gradadas, GP-S

5.3.4.1 Granulometría, plasticidad e identificación

La unidad de "grava pobremente gradada" se clasifica según SUCS como GP, y según la ASHTO como A-1-a (0). Estos materiales se encuentran generalmente poco húmedos y son densos y rígidos. Suelen presentar una estructura grano-soportada, y el contenido en finos resulta, en todos los casos, inferior al 50%, encontrándose las medias representativas por debajo del 3% en contenido en finos.

En la **Tabla 44**, mostrada a continuación, se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de esta unidad.

En la **Tabla 45** se incluye el análisis estadístico realizado con los ensayos de laboratorio disponibles de la unidad GP-S.

En las **Figuras 22 y 23** se muestra el huso granulométrico, la carta de plasticidad y las principales características y clasificaciones de estos materiales, realizados a partir de la información disponible. Según la caracterización de los materiales correspondientes a la unidad GP-S, estos se clasifican mayoritariamente como GP y GM-GP o A-1-a, apareciendo en menor medida los términos GM (USCS), y A-4, A-2-4 y A-1-b (AASHTO).

La matriz de estos materiales está formada mayoritariamente por arenas de textura media a gruesa, con escasos finos, excepto en niveles donde éstos son arcillosos (GC). La granulometría de estos materiales es bastante irregular, aunque la distribución de tamaños máximos se encuentra entre 15-20 cm, alcanzando el 40% del total analizado y no siendo frecuentes los tamaños mayores a 35 cm.



Cabe señalar que, excepcionalmente, se ha encontrado un bloque subanguloso de tamaño máximo de 75 cm, durante la excavación de la calicata realizada por Proinversión y denominada "CP-3 Estación Evitamiento".

Del análisis de la información suministrada en estudios anteriores, cabe señalar, que aunque el número de muestras disponibles cuyo tamaño máximo es superior a 100 mm es reducido (concretamente 5 muestras analizadas en ambas líneas, entre 58 y 90 % de material que pasa por el # 100 mm), considerando los resultados obtenidos, quizá se pueda poner en duda el criterio de la selección de las muestras analizadas.

Por todo ello, y dada la trascendencia de la distribución de tamaños máximos del Aglomerado de Lima, se ha efectuado un análisis estadístico específico de las granulometrías gruesas observadas en las calicatas y los sondeos mecánicos realizados en la campaña geotécnica complementaria.

En cuanto a la granulometría gruesa, se ha realizado una estimación de la distribución granulométrica de las partículas gruesas en las calicatas, cuyos resultados se muestran en la **Tabla 46**.

En las **Figuras 24 y 25** se muestra la distribución de los tamaños.

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**



**MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN**

**GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO**

L. ATTERBERG

Prospección	Grupo Geotécnico	Descripción material	Tipo muestra	pk	Separación	Prof. de	Prof. a	10"	8"	3"	2"	1"	3/4"	Nº 4	Nº 20	Nº 60	Nº 140	Nº 200	LL	LP	IP
S-1/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con escasos finos	SPT	0+256	5m D	3,00	3,45	25,4	203,2	76,2	50,8	25,4	19,05	4,75	0,85	0,25	0,106	0,075			
S-1/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas gruesas	SPT	0+256	5m D	6,00	6,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	29,3%	8,2%	3,4%	2,1%	1,8%	0	0	0,0
C-4/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas gruesas	MA	5+148	22m D	7,40	7,60	100%	100%	100%	100%	67,6%	58,7%	34,9%	26,3%	12,4%	5,9%	5,1%	0,0	0,0	0,0
C-4/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas gruesas	MA	5+148	22m D	8,60	9,10	100%	100%	100%	100%	66,9%	58,2%	34,9%	25,1%	11,8%	4,9%	4,0%	0,0	0,0	0,0
C-4/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas gruesas	MA	5+148	22m D	9,10	10,00	100%	100%	100%	100%	69,1%	61,4%	38,2%	29,0%	13,2%	5,8%	4,6%	0,0	0,0	0,0
C-5/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas medias	MA	19+368	10m I	1,20	4,00	100%	100%	100%	91,0%	58,0%	44,0%	26,0%	19,0%	5,0%	1,0%	1,0%	0,0	0,0	0,0
C-5/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas gruesas	MA	19+368	10m I	8,00	10,00	100%	88,0%	54,0%	38,0%	21,0%	18,0%	11,0%	9,0%	3,0%	1,0%	0,0%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	19+398	16m I	4,00	4,00	100%	94,5%	72,0%	54,9%	36,5%	29,6%	17,4%	12,7%	4,0%	1,2%	0,9%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	19+398	16m I	9,00	9,00	100%	100%	72,7%	55,7%	38,3%	32,3%	20,6%	16,5%	5,6%	1,7%	1,3%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	19+398	16m I	13,00	13,00	100%	93,5%	65,9%	37,9%	20,9%	18,0%	14,9%	13,5%	5,1%	1,9%	1,4%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava bien gradada	MA	19+398	16m I	18,00	18,00	100%	100%	81,6%	60,5%	32,4%	24,0%	8,4%	6,5%	2,9%	1,3%	1,1%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	19+398	16m I	24,00	24,00	100%	100%	78,8%	52,7%	24,7%	20,1%	13,9%	11,2%	4,4%	1,1%	0,7%	0,0	0,0	0,0
CP-3	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	19+398	16m I	30,00	30,00	100%	96,8%	55,1%	51,1%	30,0%	26,9%	17,0%	13,5%	7,8%	4,3%	3,6%	0,0	0,0	0,0
CP-5	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	20+070	36m D	4,30	4,30	100%	100%	77,3%	72,8%	51,3%	44,6%	25,7%	15,8%	4,8%	1,5%	1,2%	0,0	0,0	0,0
CP-5	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	20+070	36m D	9,00	9,00	100%	96,5%	68,4%	39,8%	25,0%	21,3%	13,4%	9,9%	4,4%	1,4%	1,1%	0,0	0,0	0,0
CP-5	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	20+070	36m D	19,00	19,00	93,2%	81,9%	60,2%	45,7%	27,3%	24,2%	13,4%	10,8%	5,5%	2,1%	1,8%	0,0	0,0	0,0
CP-5	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	20+070	36m D	24,00	24,00	100%	100%	79,7%	68,4%	43,6%	36,4%	18,0%	14,5%	8,0%	3,2%	2,6%	0,0	0,0	0,0
CP-5	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	20+070	36m D	28,00	28,00	100%	100%	72,3%	53,8%	35,7%	29,9%	15,1%	12,7%	5,7%	3,1%	2,8%	0,0	0,0	0,0
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	4,00	4,00	100%	100%	83,0%	66,2%	45,2%	39,1%	19,7%	12,9%	6,3%	3,5%	3,1%	0,0	0,0	0,0
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	9,00	9,00	100%	100%	82,1%	68,0%	42,0%	35,5%	17,2%	11,9%	5,0%	3,1%	2,9%	0,0	0,0	0,0
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	14,20	14,20	100%	100%	81,6%	57,2%	42,0%	33,4%	17,9%	13,3%	6,9%	2,8%	2,3%	0,0	0,0	0,0
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	19,20	19,20	100%	94,9%	82,9%	72,3%	50,6%	42,3%	14,2%	7,5%	3,2%	1,7%	1,6%	0,0	0,0	0,0
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	24,50	24,50	100%	90,9%	59,8%	49,7%	32,9%	26,7%	13,4%	10,2%	5,5%	3,0%	2,7%	0,0	0,0	0,0

[1063]

000682



**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*(Handwritten signature)*

# A.A. Geología y Geotecnia del Proyecto



## MUESTRA

## IDENTIFICACIÓN

### GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

MUESTRA	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	28,00	28,00	100%	94,5%	69,2%	58,0%	34,9%	31,2%	21,5%	17,3%	5,5%	2,1%	1,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	L. ATTERBERG
CP-10	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+113	32m D	28,00	28,00	100%	94,5%	69,2%	58,0%	34,9%	31,2%	21,5%	17,3%	5,5%	2,1%	1,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CS-9/L2	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas y limos	MA	21+436	12m I	3,00	3,15																
CP-11	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+440	25m D	9,00	9,00	100%	100%	73,2%													
CP-11	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+440	25m D	19,00	19,00	100%	93,9%	74,0%													
CP-12	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+560	35m I	4,00	4,00	100%	100%	68,5%	56,9%	35,6%	30,7%	21,2%	16,6%	9,9%	7,1%	6,8%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-12	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	21+560	35m I	9,00	9,00	100%	100%	58,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-12	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+560	35m I	14,00	14,00	100%	100%	82,0%	70,4%	40,9%	34,9%	20,3%	16,1%	10,4%	7,9%	7,6%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-12	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+560	35m I	19,00	19,00	100%	100%	68,2%	59,5%	39,2%	35,7%	21,9%	14,3%	9,0%	7,4%	7,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-12	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+560	35m I	24,00	24,00	100%	91,2%	62,0%	46,3%	31,2%	26,8%	17,3%	14,3%	9,3%	6,0%	5,6%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-12	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+560	35m I	30,00	30,00	100%	94,7%	50,9%	33,0%	16,8%	15,9%	12,2%	9,5%	5,5%	4,5%	4,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+812	20m D	4,00	4,00	100%	100%	73,9%	60,8%	37,2%	33,2%	20,7%	16,4%	10,1%	7,1%	6,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+813	20m D	9,00	9,00	100%	92,4%	78,4%	60,8%	46,8%	40,9%	25,4%	19,5%	10,1%	6,9%	6,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+814	20m D	14,20	14,20	100%	96,2%	69,1%	64,7%	44,1%	38,1%	24,4%	19,8%	12,2%	8,5%	8,1%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+815	20m D	19,00	19,00	100%	97,7%	67,4%	54,0%	38,7%	34,7%	21,2%	12,7%	6,7%	5,3%	5,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+816	20m D	25,10	25,10	100%	100%	79,2%	64,8%	38,4%	36,0%	23,1%	16,9%	10,6%	8,0%	7,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-13	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	21+817	20m D	28,00	28,00	100%	99,7%	54,6%	45,0%	32,0%	29,2%	21,7%	17,7%	11,5%	8,2%	7,8%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+150	12m I	4,50	4,50	100%	100%	72,4%	42,5%	24,9%	21,1%	12,5%	9,5%	4,6%	1,4%	1,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+150	12m I	9,50	9,50	100%	100%	79,4%	50,0%	26,4%	21,8%	10,7%	7,6%	2,8%	0,7%	0,5%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+150	12m I	14,00	14,00	100%	100%	78,6%	53,8%	27,0%	22,0%	12,4%	10,3%	5,9%	1,7%	1,2%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+150	12m I	19,00	19,00	100%	97,1%	72,8%	52,9%	31,9%	28,9%	17,1%	11,7%	3,8%	1,0%	0,8%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+150	12m I	24,20	24,20	100%	95,3%	60,1%	50,1%	24,2%	21,1%	17,3%	15,5%	9,1%	3,1%	2,3%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-14	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+150	12m I	28,00	28,00	100%	100%	65,0%	46,8%	30,1%	26,2%	14,3%	10,2%	3,4%	0,6%	0,3%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-15	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+575	16m I	4,70	4,70	100%	100%	100%	67,7%	45,3%	40,8%	25,9%	19,9%	11,4%	8,7%	7,4%	0,0	0,0	0,0	0,0	
CP-15	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+575	16m I	9,00	9,00	100%	100%	100%	86,7%	53,2%	44,6%	24,7%	19,8%	13,1%	9,7%	8,7%	0,0	0,0	0,0	0,0	

[1064]

000683



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



MUESTRA	IDENTIFICACIÓN															L. ATTERBERG											
	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO																										
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		100%										
CP-15	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+575	16m l	14,00	14,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92,0%	76,9%	32,4%	25,2%	18,8%	15,2%	14,6%	0,0	0,0	0,0	
CP-15	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+575	16m l	19,00	19,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	86,9%	41,2%	30,0%	25,3%	14,9%	11,6%	11,0%	0,0	0,0	0,0	
CP-16	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+710	16m l	4,00	4,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	74,7%										
CP-16	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+710	16m l	9,00	9,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	65,9%										
CP-17	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	22+760	10m l	4,00	4,00	93,6%	90,0%	69,9%																	
CP-17	GP-S	Grava pobremente gradada	MA	22+760	10m l	9,00	9,00	100%	100%	66,5%																	
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	2,10	2,10	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	93,4%	67,6%	41,1%	33,1%	23,1%	17,6%	16,7%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	4,00	4,00	100%	100%	96,5%	64,5%	50,9%															
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	7,50	7,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	66,6%	34,4%	19,9%	16,7%	11,5%	9,8%	9,1%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	12,50	12,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	78,8%	33,5%	19,9%	17,1%	11,1%	9,2%	8,4%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	16,00	16,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	79,2%	50,3%	32,7%	27,1%	15,6%	11,9%	10,3%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	18,00	18,00	100%	100%	91,0%	56,0%	38,0%															
CP-18	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+000	24m l	28,00	28,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	65,3%	44,1%	42,0%	40,7%	32,1%	25,0%	19,0%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-19	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+138	20m l	4,00	4,00	100%	100%	96,1%	71,6%	59,9%															
CP-19	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+138	20m l	10,00	10,00	100%	100%	97,7%	71,8%	54,3%															
CP-19	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+138	20m l	18,00	18,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	56,0%	28,5%	19,2%	16,8%	12,4%	10,0%	8,7%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-19	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+138	20m l	28,00	28,00	100%	100%	92,9%	69,3%	47,1%															
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	4,50	4,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67,3%	37,3%	24,9%	20,0%	15,1%	13,2%	11,0%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	10,00	10,00	100%	100%	89,8%	71,0%	64,1%															
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	14,50	14,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	45,6%	26,1%	20,2%	17,1%	11,2%	9,1%	8,1%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	18,00	18,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	59,0%	32,5%	21,2%	15,3%	9,7%	8,1%	7,3%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	23,00	23,00	100%	100%	87,9%	67,8%	50,7%															
CP-20	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+356	24m l	28,00	28,00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	58,6%	31,0%	23,3%	20,8%	13,6%	10,8%	9,1%	0,0	0,0	0,0	0,0
CP-21	GP-S	Gravas mal gradadas con arenas limosas	MA	23+636	22m D	2,50	2,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	77,2%	29,4%	18,8%	14,5%	8,8%	7,3%	6,4%	0,0	0,0	0,0	0,0

[1065]

Fag

[85]

000684

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN										L' ATTERBERG									
	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO																			
CP-21	GP-S	MA	23+636	22m D	7.50	7.50	100%	100%	77,2%	54,5%	35,6%	29,4%	18,8%	14,5%	8,8%	7,3%	6,4%	0,0	0,0	0,0
CP-21	GP-S	MA	23+636	22m D	12,00	12,00	94,6%	86,5%	69,3%	63,6%	40,1%	36,5%	23,8%	18,9%	11,0%	9,0%	8,1%	0,0	0,0	0,0
CP-21	GP-S	MA	23+636	22m D	18,00	18,00	92,3%	85,2%	57,6%	37,1%	25,0%	23,2%	16,7%	16,5%	11,7%	8,7%	6,8%	0,0	0,0	0,0
CP-21	GP-S	MA	23+636	22m D	22,50	22,50	100%	92,9%	63,6%	42,6%	25,6%	23,5%	17,6%	15,0%	9,1%	7,4%	6,7%	0,0	0,0	0,0
CP-21	GP-S	MA	23+636	22m D	30,00	30,00	94,8%	85,1%	47,7%	30,4%	13,6%	11,9%	8,9%	7,5%	3,8%	3,8%	2,2%	0,0	0,0	0,0
CS-12/L2	GP-S	MA	26+760	12m D	3,00	3,15														
C-1/L4	GP-S	MA	4+784	6m I	4,10	4,50	100%	100%	92,8%	78,0%	50,2%	41,5%	26,7%	23,3%	14,7%	11,0%	9,9%	20,0	17	3,0
C-1/L4	GP-S	MA	4+784	6m I	8,50	8,50	100%	100%	84,7%	71,6%	56,7%	51,1%	36,6%	25,4%	9,8%	4,7%	3,9%	0,0	0,0	0,0
C-2/L4	GP-S	MA	6+600	25m I	8,50	8,50	100%	100%	77,8%	65,5%	48,9%	51,3%	22,9%	15,6%	7,9%	2,5%	1,3%	0,0	0,0	0,0
C-2/L4	GP-S	MA	6+600	25m I	9,50	10,00	100%	100%	74,7%	62,9%	44,6%	36,3%	23,4%	18,0%	6,3%	2,2%	1,6%	0,0	0,0	0,0

MUESTRA	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	ESTADO		Densidad aparente	Humedad Natural	% SO <sub>2</sub>	% M.O.	COMPACTABILIDAD			CLASIFICACIÓN						
					P. Esp. Part.	Densidad seca					QUÍMICOS	PROCTOR MODIFICADO	CBR	U.S.C.S.	AASHTO					
S-1/L2	GP-S		3,00	3,45				2,50%			P.M. Dmax seca	P.M. Dmax	P.M. Hopt%	CBR95	CBR100	%HINCH				
S-1/L2	GP-S		6,00	6,00				4,40%										GP		
C-4/L2	GP-S		7,40	7,60				3,30%										GM-GP	A-1-a (0)	
C-4/L2	GP-S		8,60	9,10				7,90%	0,0276%	2,50%								GP	A-1-a (0)	
C-4/L2	GP-S		9,10	10,00				10,50%										GP	A-1-a (0)	
C-5/L2	GP-S		1,20	4,00	2,632	1,879	1,924	2,41%	3,65%	2,0900	2,2484	7,6%	55,0	81,2				GP		
C-5/L2	GP-S		8,00	10,00				3,24%										GP		
CP-3	GP-S		4,00	4,00				2,60%										GP	A-1-a (0)	
CP-3	GP-S		9,00	9,00				3,00%										GP	A-1-a (0)	

[1066]



# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



MUESTRA	ESTADO		QUÍMICOS			COMPACTABILIDAD			CLASIFICACIÓN							
	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	P. Esp. Part.	Densidad seca	Densidad aparente	Humedad Natural		% SO <sub>4</sub>	% M.O.	P.M. Dmax seca	P.M. Dmax	P.M. Hopt%	CBR	U.S.C.S.
CP-3	GP-S	13,00	13,00	13,00				2,90%							GP	A-1-a (0)
CP-3	GP-S	18,00	18,00	18,00				4,10%							GP	A-1-a (0)
CP-3	GP-S	24,00	24,00	24,00				3,20%							GP	A-1-a (0)
CP-3	GP-S	30,00	30,00	30,00				5,80%							GP	A-1-a (0)
CP-5	GP-S	4,30	4,30	4,30				2,30%							GP	A-1-a (0)
CP-5	GP-S	9,00	9,00	9,00				2,60%							GP	A-1-a (0)
CP-5	GP-S	19,00	19,00	19,00				3,10%							GP	A-1-a (0)
CP-5	GP-S	24,00	24,00	24,00				3,40%							GP	A-1-a (0)
CP-5	GP-S	28,00	28,00	28,00				4,70%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	4,00	4,00	4,00				4,10%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	9,00	9,00	9,00				3,50%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	14,20	14,20	14,20				3,40%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	19,20	19,20	19,20				2,80%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	24,50	24,50	24,50				4,70%							GP	A-1-a (0)
CP-10	GP-S	28,00	28,00	28,00				4,70%							GP	A-1-a (0)
CS-9/L2	GP-S	3,00	3,15	2,654	1,773	1,819	2,62%								GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	4,00	4,00	2,113	2,170	2,170	2,70%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	9,00	9,00	2,351	2,410	2,410	2,50%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	14,00	14,00	2,343	2,430	2,430	3,70%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	19,00	19,00	2,321	2,400	2,400	3,40%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	24,00	24,00	2,422	2,500	2,500	3,20%								GP	A-1-a (0)
CP-12	GP-S	30,00	30,00	2,302	2,350	2,350	2,10%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-13	GP-S	4,00	4,00	2,256	2,310	2,310	2,40%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-13	GP-S	9,00	9,00	2,310	2,370	2,370	2,60%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-13	GP-S	14,20	14,20	2,317	2,380	2,380	2,70%								GM-GP	A-1-a (0)
CP-13	GP-S	19,00	19,00	2,306	2,380	2,380	3,20%								GM-GP	A-1-a (0)

[1067]

000686

T ag 1871

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
RODRIGO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



\*



# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



MUESTRA	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	ESTADO		QUÍMICOS			COMPACTABILIDAD				CLASIFICACIÓN				
					ESTADO	P. Esp. Part.	Densidad seca	Densidad aparente	Humedad Natural	% SO <sub>4</sub>	% M.O.	P.M. Dmax seca	P.M. Dmax		P.M. Hop%	CBR	CBR100	%HINCH
CP-13	GP-S	25,10	25,10	2,310	2,430	5,20%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-13	GP-S	28,00	28,00	2,181	2,260	3,60%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	4,50	4,50			4,90%											GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	9,50	9,50			4,20%											GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	14,00	14,00			9,50%											GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	19,00	19,00			4,70%											GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	24,20	24,20			3,90%											GP	A-1-a (0)
CP-14	GP-S	28,00	28,00			4,20%											GP	A-1-a (0)
CP-15	GP-S	4,70	4,70			4,90%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-15	GP-S	9,00	9,00			5,00%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-15	GP-S	14,00	14,00			4,90%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-15	GP-S	19,00	19,00			4,50%											GM	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	2,10	2,10			3,90%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	4,00	4,00	2,171	2,230	2,70%											GM	A-1-b (0)
CP-18	GP-S	7,50	7,50	2,308	2,430	5,30%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	12,50	12,50	2,319	2,430	4,80%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	16,00	16,00			2,50%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	18,00	18,00	2,350	2,420	3,00%											GP	A-1-a (0)
CP-18	GP-S	28,00	28,00	2,156	2,320	7,60%											GM	A-2-4 (0)
CP-19	GP-S	4,00	4,00	2,239	2,290	2,30%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-19	GP-S	10,00	10,00	2,243	2,310	3,00%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-19	GP-S	18,00	18,00	2,091	2,200	5,20%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-19	GP-S	28,00	28,00	2,128	2,220	4,30%											GP	A-1-a (0)
CP-20	GP-S	4,50	4,50	2,037	2,100	3,10%											GM-GP	A-1-b (0)
CP-20	GP-S	10,00	10,00	2,249	2,310	2,70%											GM-GP	A-1-a (0)
CP-20	GP-S	14,50	14,50	2,306	2,380	3,20%											GM-GP	A-1-a (0)

000687

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



MUESTRA	Prospección	Grupo Geotécnico	Prof. de	Prof. a	P. Esp. Part.	ESTADO		Densidad aparente	Densidad seca	Humedad Natural	QUÍMICOS		COMPACTABILIDAD				CLASIFICACIÓN			
						ESTADO	ESTADO				% SO <sub>4</sub>	% M.O.	P.M. Dmax seca	P.M. Dmax	P.M. Hopt%	CBR	CBR100	%HINCH	U.S.C.S.	AASHTO
CP-20	GP-S	GP-S	18,00	18,00			2,268	2,350	3,60%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-20	GP-S	GP-S	23,00	23,00			2,139	2,210	3,30%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-20	GP-S	GP-S	28,00	28,00			2,347	2,420	3,10%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	2,50	2,50			2,295	2,350	2,40%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	7,50	7,50			2,328	2,430	4,40%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	12,00	12,00			2,347	2,420	3,10%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	18,00	18,00			2,303	2,400	4,20%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	22,50	22,50			2,294	2,370	3,30%									GM-GP	A-1-a (0)	
CP-21	GP-S	GP-S	30,00	30,00			2,324	2,410	3,70%									GM-GP	A-1-a (0)	
CS-12/L2	GP-S	GP-S	3,00	3,15	2,652		1,534	1,624	5,88%									GP	A-1-a (0)	
C-1/L4	GP-S	GP-S	4,10	4,50									1,7700	1,9895	12,4%			GM-GP		
C-1/L4	GP-S	GP-S	8,50	8,50			2,390	2,462	3,01%									GP		
C-2/L4	GP-S	GP-S	8,50	8,50			2,300	2,345	2,00%									GP		
C-2/L4	GP-S	GP-S	9,50	10,00					2,00%			0,0005%	1,54%	2,2200	2,3277	4,9%	60,0	95,0	0,00%	GP

Tabla 44: Resultados de los ensayos de laboratorio realizados en la unidad geotécnica GP-S.



#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

UNIDAD	IDENTIFICACIÓN														
	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO														
GP-S	L. ATTERBERG														
	10"	8"	6"	3"	2"	1"	1/2"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº60	Nº200	LL	LP	FP
Nº ENSAYOS	78	78	78	78	78	72	73	72	72	72	72	72	78	78	79
MÁXIMO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	81%	42%	42%	41%	32%	19%	20.0	17.0	3.0
MÍNIMO	92%	82%	65%	48%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.0	0.0	0.0
MEDIA	100%	97%	91%	75%	60%	40%	29%	21%	18%	16%	9%	5%	0.3	0.2	0.0
DESV.	2%	5%	8%	13%	18%	16%	13%	8%	7%	6%	5%	4%	2.3	1.9	0.3

UNIDAD	ESTADO				COMPACTABILIDAD				COMPRESIÓN UNIAIXIAL							
	seca				PROCTOR MODIFICADO				HINCH							
GP-S	P. QUÍMICOS				P. M. Dmax g/cm³				P. M. Hopt %				q (kg/cm²)			
	P. Esp. Pat.	Densidad (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad Natural (%)	% SO₄	% M.O.	CBR <sub>99</sub>	CBR <sub>100</sub>	%ABS	%HINCH	q	q	q	q		
Nº ENSAYOS	3	38	38	74	2	4	3	3	3	2	2	1	0			
MÁXIMO	2.654	2.422	2.500	10.5%	0.000	3.65%	2.22	2.22	12.4%	60	95.0	-	-			
MÍNIMO	2.632	1.534	1.624	2.0%	0.000	1.54%	1.77	1.77	4.9%	55.02	81.2	-	-			
MEDIA	2.646	2.228	2.304	3.9%	0.000	2.73%	2.03	2.03	8.3%	57.51	88.1	-	-			
DESV.	0.012	0.176	0.180	1.6%	0.000	0.93%	0.23	0.23	3.6%	3.5	9.8	-	-			

**Tabla 45: Análisis estadístico de la unidad geotécnica GP-S.**



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

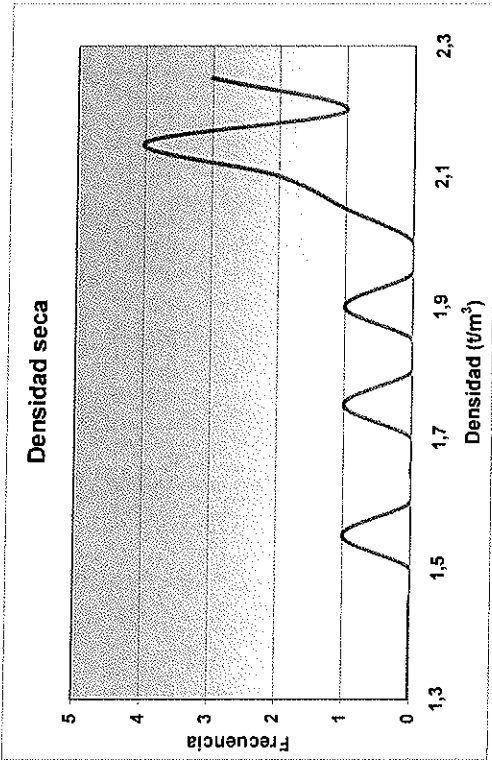
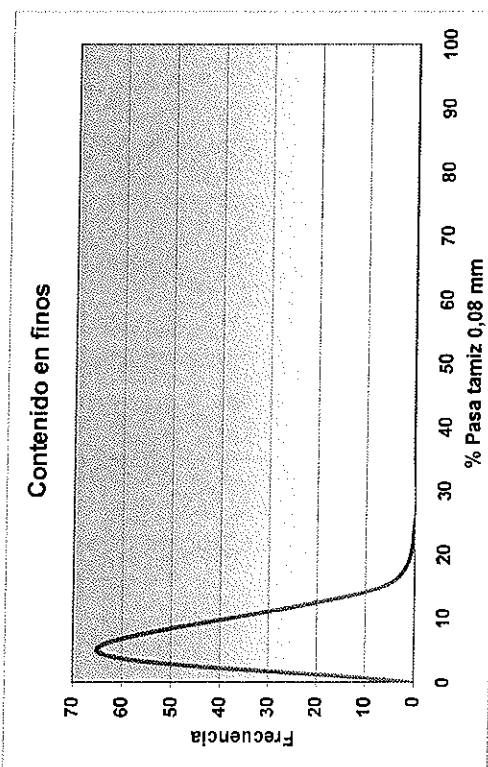
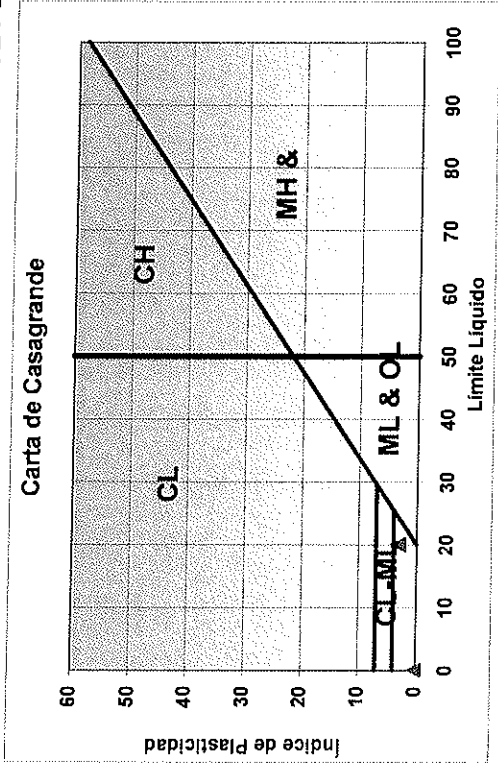
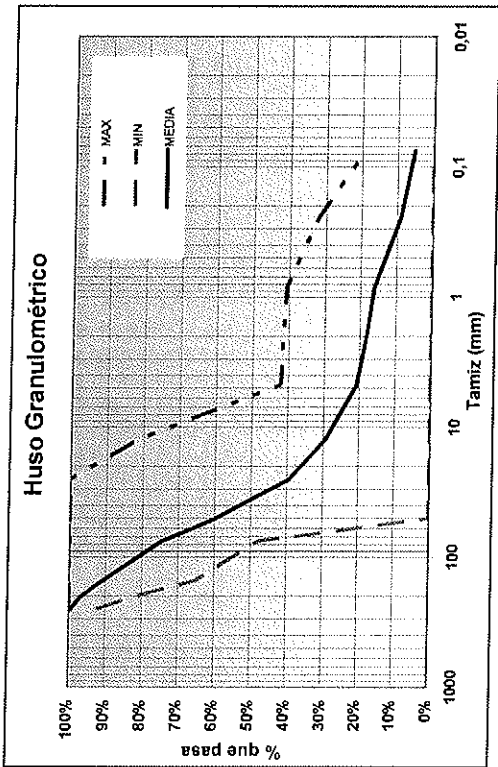


Figura 22: Principales características de la unidad GP-S.



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

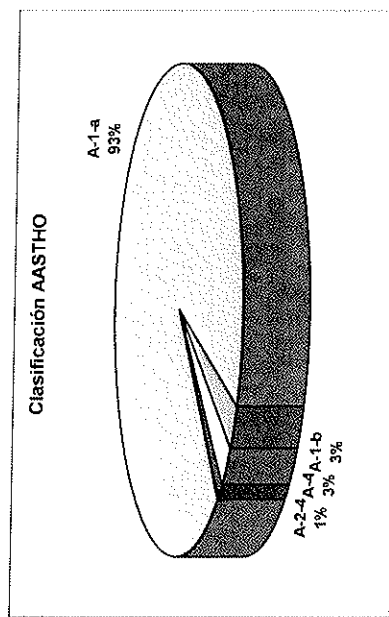
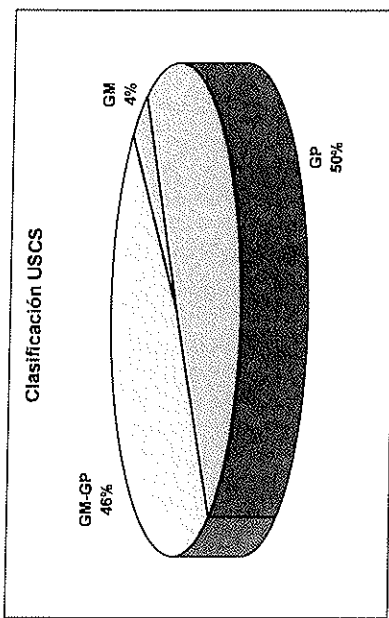
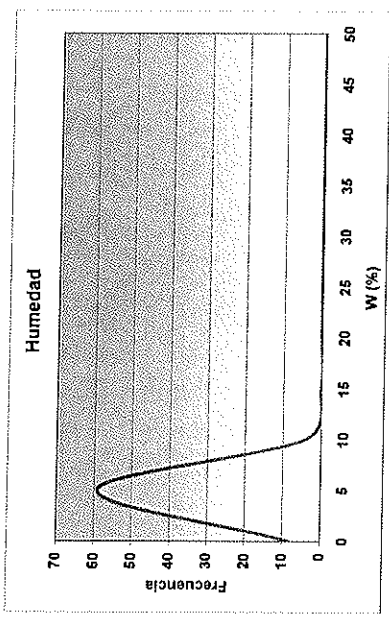
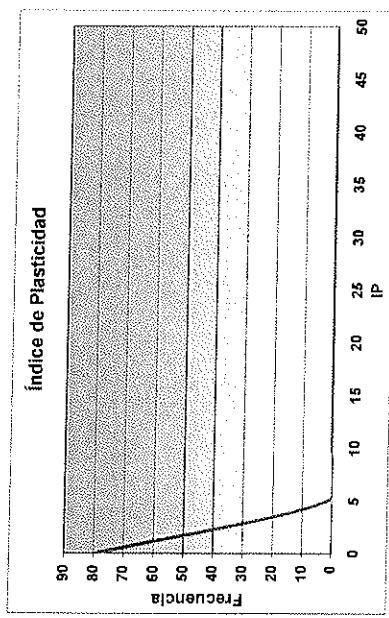
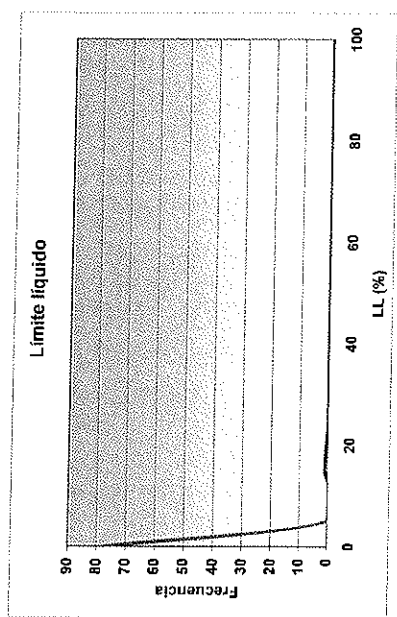


Figura 23: Principales características de la unidad GP-S.



000692

Calicata	Profundidad (m)		Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)	
			0,08-0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm		>20 cm
	1.2	4.1	20	40	15	10	10	5	
C-1-L4	4.1	4.5	10	25	25	5	5	0	
	4.5	7.4	20	20	20	15	10	15	36
	7.4	10	20	20	15	10	15	20	34
Promedio			17.5	26.25	18.75	10	10	10	-
	5.5	6.8	30	20	20	30	0	0	21
C-2-L4	6.8	7.4	20	35	15	30	0	0	25
	7.4	10	25	3	10	12	11	10	27
Promedio			25.0	19.3	15.0	24.0	3.7	3.3	-
C-3-L2	5.2	6.3	25	40	35	0	0	0	-
	5.2	5.9	40	20	10	10	20	0	21
C-4 L2	5.9	8.6	30	25	15	10	15	0	25
	8.6	10	30	20	15	20	15	15	30
Promedio			33.3	21.7	13.3	13.3	16.7	5.0	-
	0.8	3	15	20	15	15	15	20	38
C-5 L2	3	5.1	15	20	30	5	5	25	40
	6.6	7.7	30	25	20	7.5	7.5	10	30
	7.7	10	30	30	10	7.5	7.5	15	30
Promedio			22.5	23.8	18.8	8.8	8.8	17.5	-

**Tabla 46: Distribución granulométrica de las partículas gruesas medida en calicatas.**

Complementariamente se ha realizado un recuento minucioso de las dimensiones de todos los bolos de las calicatas C-1/L4, C-2/L4, C-4/L2 y C-5/L2; en el cual ha sido registrado las dimensiones mayores (a y b) de todas las partículas mayores al tamaño grava extraídas de las distintas calicatas. A continuación se muestra los porcentajes medidos en los distintos niveles granulares detectados en las calicatas, e incluidos en la **Tabla 47**.

Como puede desprenderse de las distribuciones granulométricas y del recuento de bolos (Tablas 46 y 47), el tamaño de las partículas gruesas va decreciendo con la frecuencia de las mismas, siendo el tamaño de las partículas más habituales el tamaño de arena-grava fina, como se puede observar en las **Figuras 25 y 26**; con un porcentaje del 25 y 27% respectivamente, mientras que los tamaños mayores a los 10 cm ocupan el 27%.

De las partículas más gruesas (>10 cm) predomina el tamaño comprendido entre los diámetros 15-20 cm con un porcentaje medio del 40%, no siendo frecuentes tamaños mayores a los 35 cm.

000693

Calicata	Recuento partículas gruesas													
	C-1-L4							C-2-L4						
	1,2-4,1 m		4,5-7,4 m		7,4-8,5 m		Prom "a"	5,5-6,8 m		6,8-7,4 m		7,4-10,0 m		Prom."a"
a	b	a	b	a	b	a		b	a	b	a	b		
Profundidad														
(%) Partículas diam. Entre:														
10-15 cm	17	59.1	7.9	52.6	2.4	46.3	9.1	70.4	100.0	16.7	85.7	13.5	73.0	33.5
15-20 cm	46.8	36.4	36.8	21.1	36.6	31.7	40.1	25.9	0.0	63.3	14.3	27.0	16.2	38.8
20-25 cm	25.5	4.5	18.4	26.3	41.5	22.0	28.5	3.7	0.0	16.7	0.0	45.9	10.8	22.1
25-30 cm	6.4	0.0	23.7	0.0	12.2	0.0	14.1	0.0	0.0	3.3	0.0	13.5	0.0	5.6
30-35 cm	2.1	0.0	10.5	0.0	7.3	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
>35 cm	2.1	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Partícula mayor tamaño (cm)	36.0	23.0	36.0	24.0	34.0	22.0	29.2	21.0	13.0	25.0	16.0	29.0	23.0	21.2
Calicata	C-4-L2							C-5-L2						
Profundidad	5,2-5,9 m		5,9-7,3 m		8,6-10,0		Prom "a"	3,0-4,2 m		6,8-7,6 m		7,6-10,0 m		Prom."a"
(%) Partículas diam. Entre:	a	b	a	b	a	b		a	b	a	b	a	b	
10-15 cm	22.2	83.3	5.3	68.4	0.0	50.0	9.2	0.0	20.7	7.4	65.4	14.3	35.7	7.2
15-20 cm	61.1	16.7	26.3	31.6	57.1	28.6	48.2	16.7	51.7	66.7	30.8	21.4	50.0	34.9
20-25 cm	16.7	0.0	57.9	0.0	14.3	7.1	29.6	40.0	17.2	11.1	3.8	42.9	7.1	31.3
25-30 cm	0.0	0.0	10.5	0.0	21.4	14.3	10.7	30.0	6.9	11.1	0.0	14.3	7.1	18.5
30-35 cm	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	2.4	10.0	3.4	3.7	0.0	7.1	0.0	6.9
>35 cm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
Partícula mayor tamaño (cm)	21.0	16.0	26.0	19.0	30.0	29.0	23.5	39.0	30.0	30.0	20.0	30.0	26.0	29.2

**Tabla 47: Recuento de dimensiones de bolos en calicatas.**

Además del tamaño de las partículas más gruesas también se ha medido la esfericidad de las mismas mediante la relación:

$$\phi = \sqrt{b \cdot c} / a; \text{ donde:}$$

a, b y c: son los lados mayor, intermedio y menor respectivamente (se ha supuesto que el lado menor es igual al intermedio)

Cuando  $\Phi$  alcanza el valor de 1 se considera una esfera perfecta mientras que el valor de 0 significa una superficie completamente plana.

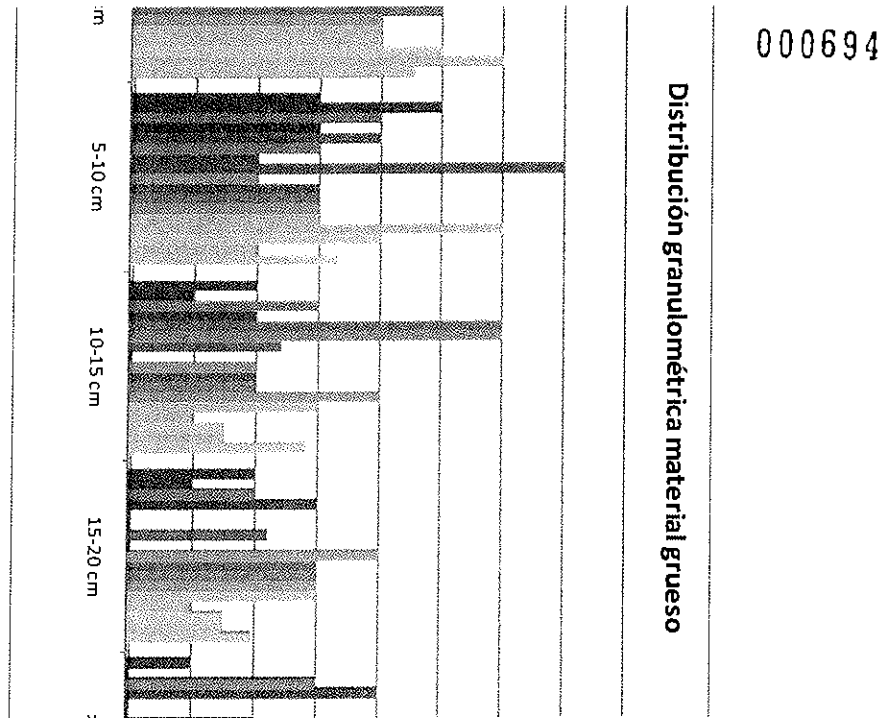


Figura 24: Gráfico de distribución granulométrica de las partículas gruesas medida en calicatas.

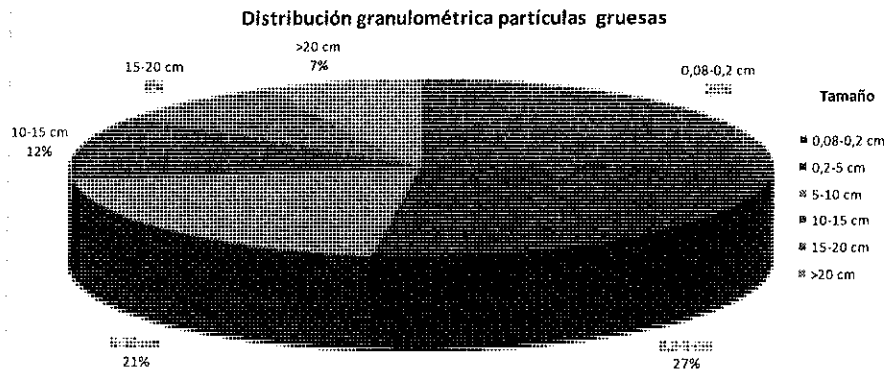




Figura 25: Distribución granulométrica promedio de las partículas gruesas medida en calicatas 00695

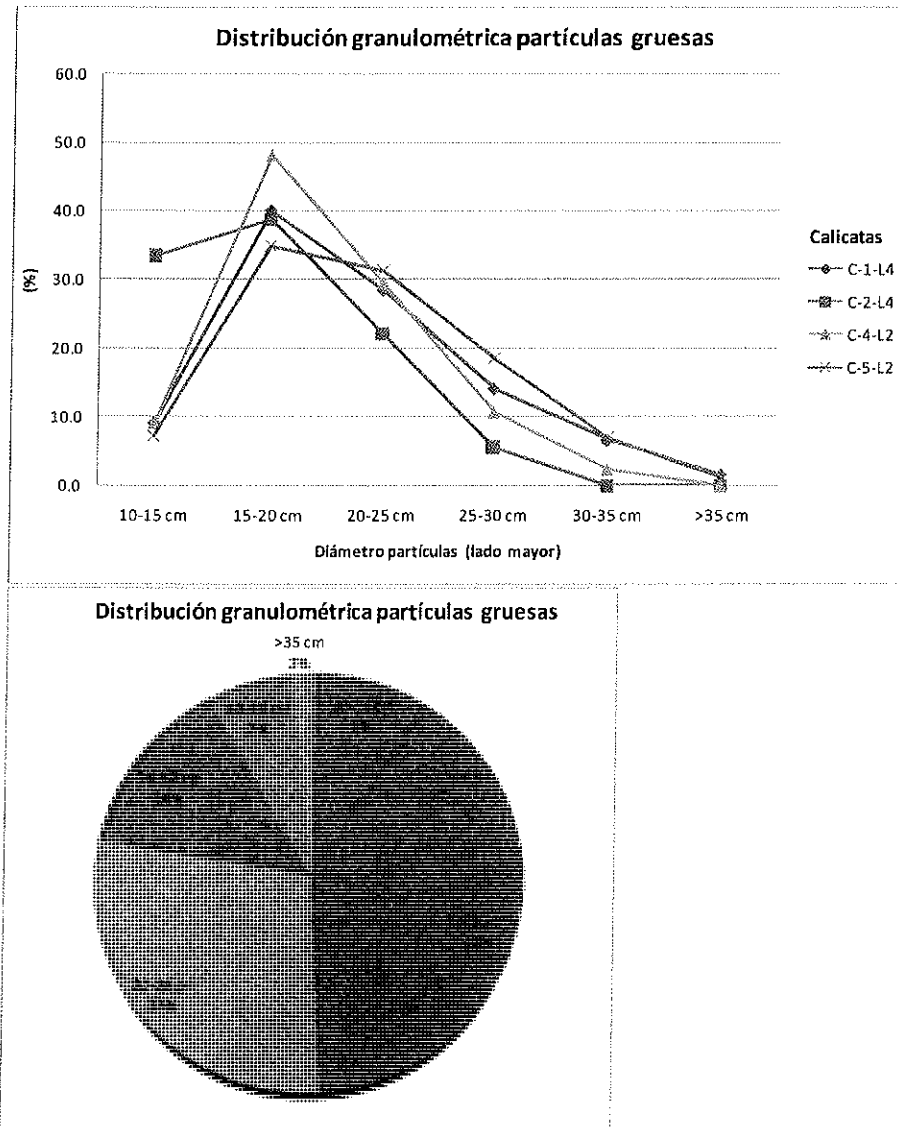


Figura 26: Porcentaje de partículas gruesas medidas en las calicatas.

Por tanto mediante esta relación se ha obtenido que las partículas groseras presentan una esfericidad elevada, con un valor promedio de 0,74; no observándose variaciones significativas entre calicatas.

Por último indicar que no se ha encontrado una relación directa entre la esfericidad y el tamaño de las partículas con la distancia al área fuente. Esto puede ser debido a que la distancia entre ambas no es significativa con las dimensiones del abanico aluvial antiguo.

Así mismo, se ha procedido de forma similar con los sondeos geotécnicos realizados a lo largo del trazado, teniendo en cuenta que, en este caso, las partículas de mayor tamaño se han estimado a partir del RQD. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Sondeo	Profundidad (m)	Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)
		<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	
S-1-L2	5,1	8,9	30	70			

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

Sondeo	Profundidad (m)		Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)
			<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	
S-1-L4	13,2	17,1	40	50	10			
	17,1	18,0	10	15	30	35		
	18,0	20,0	55	45				
	20,0	22,1	30	50	20			
	22,1	26,2	15	30	30	20		
	26,2	28,0	20	40	40			
	28,0	30,0	20	25	40	15		
	3,8	8,3	30	30	40			
	8,3	10,1	15	30	50	5		
	10,1	12,6	20	40	40			
S-2-L2	15,1	23,2	10	30	60			
	23,2	24,1	30	70				
	24,8	25,6	70	30				
	7,5	8,0	20	60	20			
	10,0	12,7	50	25	25			
	12,9	14,7	40	60				
	16,0	18,3	40	50	5	5		17,25
	21,5	24,7	35	65				
	25,1	25,8			50	50		
	1,8	10,0	15	45	35	5		
S-2-L4	10,0	11,2	15	25	35	25		
	11,2	13,4	20	25	45	10		
	13,4	14,2	20	50	30			
	14,2	14,7					100	18
	14,7	18,3	20	45	35			
	18,3	21,0	30	25	35	5	5	16
	25,2	27,2	15	10	35	35		15
	27,2	29,5	25	25	30			
	29,5	31,0	20	30	50			

Sondeo	Profundidad (m)		Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)
			<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	
S-3-L2	2,0	9,4	35	45	20			10
	12,0	16,0	30	20	35	15		20
	16,0	17,2	30	70				6
	17,2	22,2	15	35	35	15		14
	22,2	27,4	10	20	50	20		13
	27,4	30,0	20	30	50			10
	30,0	32,0	15	25	45	15		12
S-3-L4	1,1	8,4	15,0	35,0	50,0			10
	8,4	12,5	10	35	45	10		14
	12,5	14,8	20	35	40	5		14

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000697

Sondeo	Profundidad (m)		Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)	
			<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm		>20 cm
	14,8	19,3	15	35	40	10		14	
	19,3	23,4	15	25	50	10		17	
	23,4	27,0	20,0	30,0	45,0	5,0		13	
	27,7	31,0	10	25	35	15	15	25	
	2,0	6,2	10	20	30	40		14	
	6,2	9,6	25	25	45	5		11	
	9,6	13,2	20	30	45	5		11	
S-4-L2	13,2	19,2	15	20	35	13	12	5	24
	19,2	24,0	15	20	50	15			12
	24,0	27,8	15	20	55	10			14
	27,8	31,0	15	30	45	10			11
	2,6	5,1	15	35	50				10
	5,1	5,8	5	5	50	40			14
	5,8	9,0	25	30	40	5			11
	9,0	13,5	10	40	45	5			11
	13,5	15,6	15	60	25				8
S-5-L2	15,6	18,3	25	65	20				7
	18,3	20,9	25	30	35	5			11
	20,9	22,5	40	15	45				7
	25,7	26,5	40	25	35				9
	26,5	30,0	45	40	15				8
	30,0	31,1	35	30	35				7
	3,9	6,3	15	35	45	5			13
	6,3	7,8	15	40	45				7
	7,8	9,0	15	20	65				10
	9,0	11,1	15	35	45	5			11
	11,1	13,2	30	40	30				7
S-6-L2	13,2	15,4	15	25	60				7
	15,4	18,0	15	25	60				10
	18,0	20,0	20	45	35				8
	20,0	22,9	15	20	65				8
	22,9	30,0	15	45	40				9
	30,0	32,0	15	30	55				8
	1,5	2,3	45	30	25				6
S-7-L2	2,3	6,4	15	20	60	5			6
	6,4	7,6	15	50	35				7
	7,6	9,0	15	15	45	10	10		18

Sondeo	Profundidad (m)		Diámetro grano (%)					Tamaño máx (cm)
			<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	
	6,5	9,3	15	20	65			10
	9,3	11,1	20	25	35	20		13
	11,1	11,9	25	45	30			7
	11,9	13,3	10	40	20	13	12	17
S-8-L2	13,3	15,1	15	45	35	5		12
	15,1	18,0	15	35	25	25		13
	18,0	20,0	25	40	30	5		14
	20,0	21,4	20	20	60			8
	21,4	23,2	20	20	60			8

# A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000698

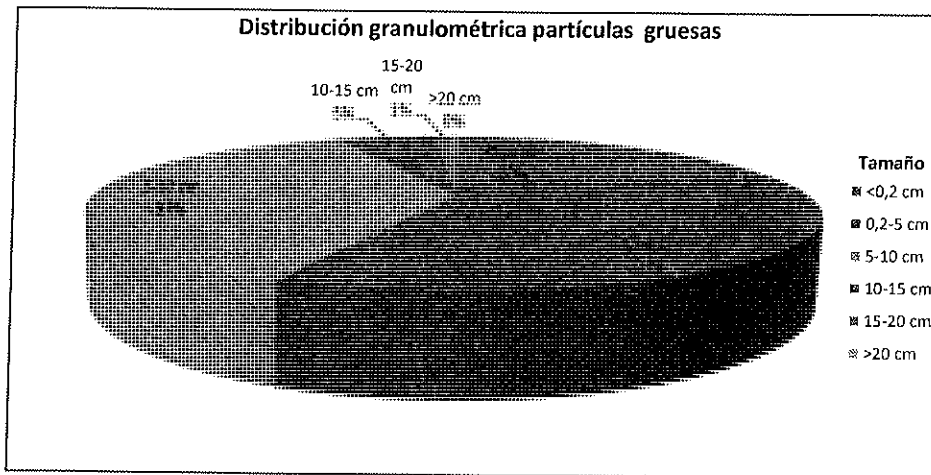
Diámetro grano (%)		<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	>20 cm	Tamaño máx (cm)	
S-9-L2	23,2	25,3	15	15	40	20	10	17	
	25,3	26,3	15	35	50			8	
	26,3	27,8	15	25	60			6	
	27,8	29,2	15	20	30	30	35	17	
	29,2	30,0	25	35	40			10	
	30,0	31,9	25	35	40			10	
	31,9	33,3	15	20	30	7	8	20	26
	2,5	4,7	20	35	45				7
	4,7	8,8	15	25	40	20			11
	8,8	14,7	15	35	55				10
	14,7	17,1	10	15	70	5			11
	17,1	18,3	15	35	50				9
	18,3	21,4	15	45	40				9
	21,4	28,0	15	55	30				7
	28,0	31,1	30	15	55				7
S-10-L2	2,9	4,7	15	25	60			6	
	4,7	9,5	15	30	55			7	
	9,5	12,1	15	60	25			8	
	12,1	13,5	15	25	60			10	
	13,5	14,7	15	10	75			8	
	14,7	15,1				100		13	
	15,1	18,2	15	20	65			10	
	18,2	21,6	15	40	45			9	
	21,6	25,4	15	35	30	15		12	
	25,4	33,2	15	35	50			9	
	33,2	37,9	15	40	30	15		14	
	37,9	41,8	15	65	10	10		13	
	41,8	44,1	15	50	20	7	7	1	22
	4,0	4,7						100	40
	4,7	7,9	40	50	10				8
7,9	8,1				100			15	
S-11-L2	8,1	11,8	30	50	20			8	
	11,8	16,8	25	60	15			10	
	16,8	19,5	30	70				6	
	19,5	25,6	20	40	40			9	
	25,6	26,4	20	80				5	
	26,4	28,4	15	60	15	5	5		17
	28,4	31,6	10	70	20				7
	31,6	35,0	10	60	30				7
	35,0	38,4	20	60	20				10
	38,4	42,5	30	70					5

Diámetro grano (%)		<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	>20 cm	Tamaño máx (cm)
S-12-L2	3,0	4,5	20	40	40			8
	4,5	5,6	20	60	20			7
S-12-L2	5,6	8,5	20	30	40	10		11
	8,5	10,5	15	50	35			7
	10,5	11,0				100		15

Diámetro grano (%)		<0,2 cm	0,2-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	>20 cm	Tamaño máx (cm)
Sondeo	Profundidad (m)							
11,3	18,6	30	35	30	5			13
18,6	21,6	10	30	60				7
21,6	25,8	15	55	30				8
25,8	28,0	15	40	45				9
28,0	30,9	15	15	65	5			15
30,9	35,0	15	35	50				9
35,0	40,0	15	40	45				9

**Tabla 48: Distribución granulométrica de las partículas gruesas medida en sondeos**

La estimación granulométrica realizada en los sondeos muestra unos resultados similares a los obtenidos en las calicatas (ver Figura 23), con un predominio del tamaño arena-grava fina (57%), siendo también apreciable (37%) el porcentaje de partículas con un tamaño comprendido entre los 5 y 10 cm, tal y como se muestra en la **Figura 27**.



**Figura 27: Porcentaje de partículas gruesas medidas en los sondeos.**

No obstante, en los sondeos se han registrado un porcentaje menor de partículas de mayor tamaño, con tan solo un 6% de partículas mayores a los 10 cm respecto al 27% obtenido en calicatas. Si independizamos los bolos mayores de 10 cm, como se representa en la **Figura 28**, se puede comprobar que el diámetro mayoritario (91%) se encuentra en el rango comprendido entre los 10-15 cm, mientras que en las calicatas se encuentra en el 9%. Esta diferencia tan apreciable puede ser debida a que en los sondeos las partículas más grandes no pueden ser recuperadas debido al diámetro de la perforación y a que no se perfora su lado mayor.

En cuanto al tamaño máximo registrado en los distintos niveles granulares, indicar que se han detectado bolos de hasta 40 cm de longitud (sondeo S-11/L2), aunque no es el tamaño predominante. Los tamaños inferiores a 20 cm son poco frecuentes como puede observarse en el gráfico de frecuencias incluido en la **Figura 29**.

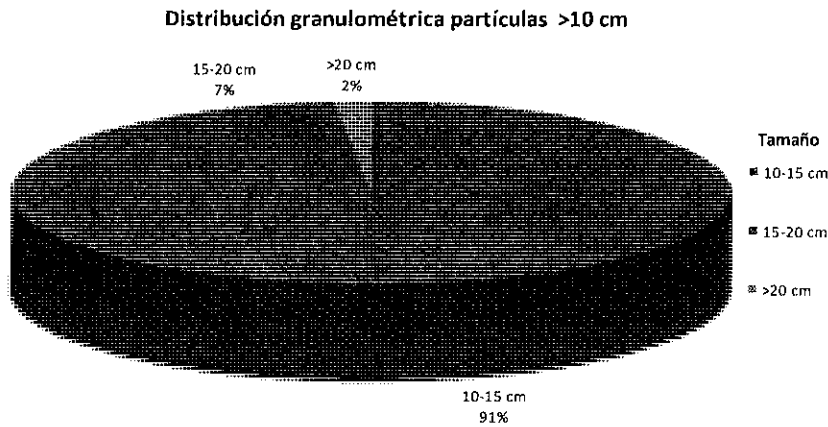


Figura 28: Porcentaje de partículas gruesas >10 cm medidas en los sondeos.

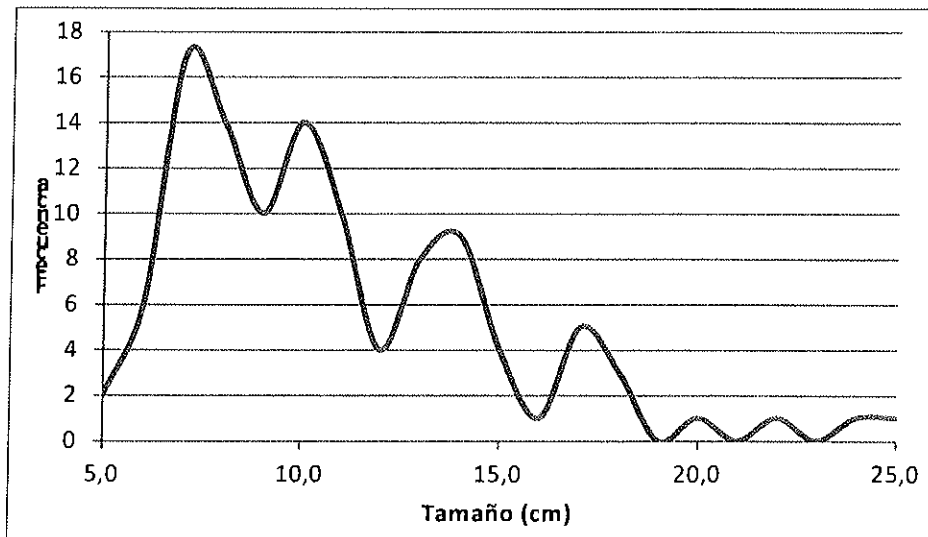


Figura 29: Distribución de frecuencias de los tamaños máximos detectados en los niveles granulares de los sondeos.

**5.3.4.2 Resistencia y deformabilidad**

Estos materiales presentan velocidades sísmicas de entre 700 m/s y 2.000 m/s, considerándose como suelos casi consolidados dada su estructura granosoportada (escasa matriz arenolimososa).

A lo largo de los trazados de la línea 2 y el ramal L4 se han delimitado dos niveles dentro de la grava de Lima según su compacidad. El criterio para esta delimitación ha sido la velocidad de propagación de las ondas p. Concretamente, se ha delimitado entre un nivel suelto (GP-Ss) y otro firme (GP-Sf) a partir de los 1.000 m/s de Vp.

- Resistencia

En la **Figura 30** se muestra la distribución de los ensayos de penetración SPT realizados en la unidad GP-S.

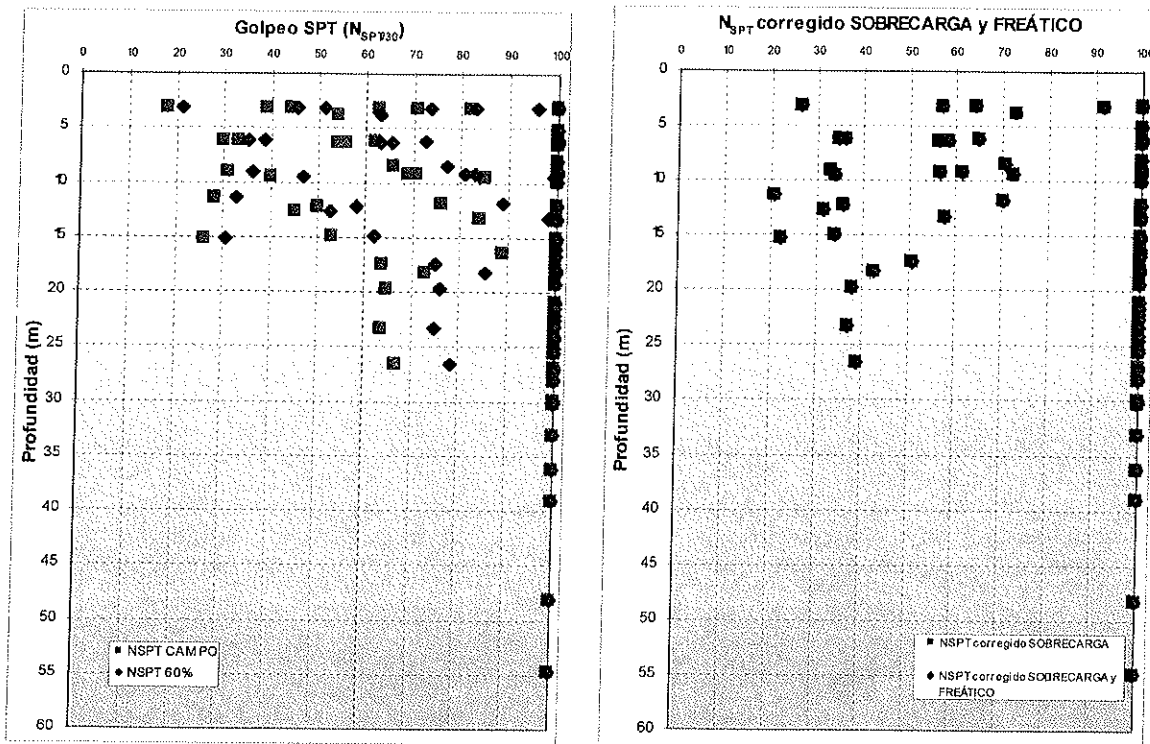


Figura 30: Representación de los ensayos  $N_{SPT}$  realizados en la unidad GP-S (corregidos según la sobrecarga y el nivel freático).

En estos gráficos no se observa una distribución acorde a lo anteriormente establecido en cuanto a niveles sueltos y firmes, aunque se observa una disminución de golpes menores de 100 con el aumento de la profundidad.

- Propiedades de corte.

Prácticamente el único modo de obtener propiedades de corte en materiales granulares como los que nos ocupan es a partir de ensayos de corte directo 'in situ'.

Para este estudio no ha sido posible realizar ningún ensayo de este tipo que, por otro lado, habrían sido de interés a cierta profundidad por tratarse de obras eminentemente subterráneas. Por otro lado, para poder realizar algún ensayo de este tipo más somero, se habría requerido de un pozo de grandes dimensiones por el tamaño de los equipos, y de cierta profundidad para superar los suelos superficiales; aspectos que por razones de plazo no pudieron solventarse.

Por este motivo, ha tenido que recurrirse a datos bibliográficos para caracterizar geomecánicamente estos materiales. Los datos bibliográficos de que se dispone se resumen en la **Tabla 49**, mostrada a continuación.

De acuerdo con los datos disponibles se asignó una cohesión y fricción para la grava "firme" de 32 kPa y 39°; adoptando de modo conservador para el nivel suelto los valores de 15 kPa y 34°. Realmente, sería de esperar que los ensayos "in situ" disponibles, al estar realizados a profundidades reducidas de entre 3 y 5 m, aporten datos más representativos quizá del nivel "suelto" o menos firme superficial, pero dada la escasez de los datos disponibles se ha optado por el criterio anteriormente citado.

Año	Ubicación	Fricción (°)	Cohesión (kPa)
2007	Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano-Japonés	43,5	27
2005	Intersección Av. Izaguirre y Panamericana Norte.	40	20
1996	Intersección Av. Venezuela y Av. Universitaria.	34	15
1972	Intersección Av. Emancipación y Jr. Camana.	40	40
1972	Intersección Av. Abancay y Av. Nicolás Pierola	37	60

**Tabla 49: Ensayos de corte directo sobre la grava de Lima. Datos bibliográficos.**

- Deformabilidad

De cara a estudiar la deformabilidad de los materiales se cuenta con la sísmica pasiva realizada en la campaña complementaria como comprobación de la existente de fases precedentes.

En la **Figura 31** se muestran los registros de velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) según la profundidad para cada uno de los perfiles geotécnicos longitudinales realizados. Tal y como se observa en la gráfica, los suelos reconocidos se calificarían de categoría B y C según el código NEHRP; es decir, como roca o suelo denso-roca blanda. Puede comprobarse también que a 13 m como máximo se superarían los 400 m/s que delimitarían lo que en este estudio se ha denominado como grava "suelta" y "firme".

Particularizando para la grava de Lima, las velocidades obtenidas, así como los módulos de corte deducidos se resumen en la **Tabla 50**.

	Vs (m/s)			G <sub>máx</sub> (MPa)		
	MAXIMO	MÍNIMO	MEDIA	MAXIMO	MÍNIMO	MEDIA
GP-S	1535	225	684	5181	101	1121
GP-Ss	601	225	448	722	101	418
GP-Sf	1535	312	725	5181	214	1244

**Tabla 50: Resumen de resultados de velocidades de propagación de ondas de corte y módulos de corte dinámicos máximos deducidos.**

Tal y como se puede observar, los intervalos de velocidad coinciden bastante bien con los de las campañas precedentes y que sirvieron para deducir los módulos de deformación de cálculo que vienen rigiendo en este proyecto de Licitación. Puede comprobarse que los módulos que se vienen considerando (ver apartado 5) serían una envolvente conservadora por lo que son de esperar materiales menos deformables aún.

En la **Figura 32** se muestran histogramas de  $V_s$  y  $G_{max}$  para el conjunto de la grava de Lima (GP-S), y para su diferenciación entre suelta y firme.

En la **Tabla 51** se incluyen la totalidad de los ensayos dilatométricos recopilados de la campaña complementaria realizada por Proinversión en la Etapa 1A. Estos resultados incluyen los ciclos de carga y descarga realizados en los mismos ensayos.



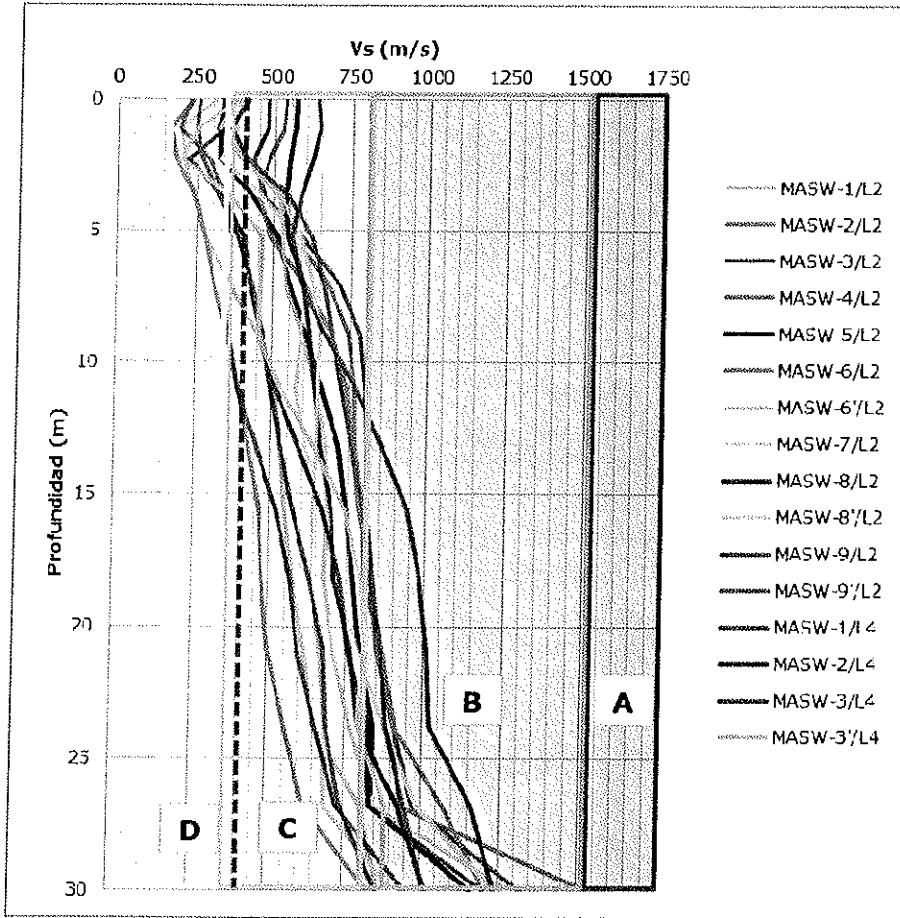
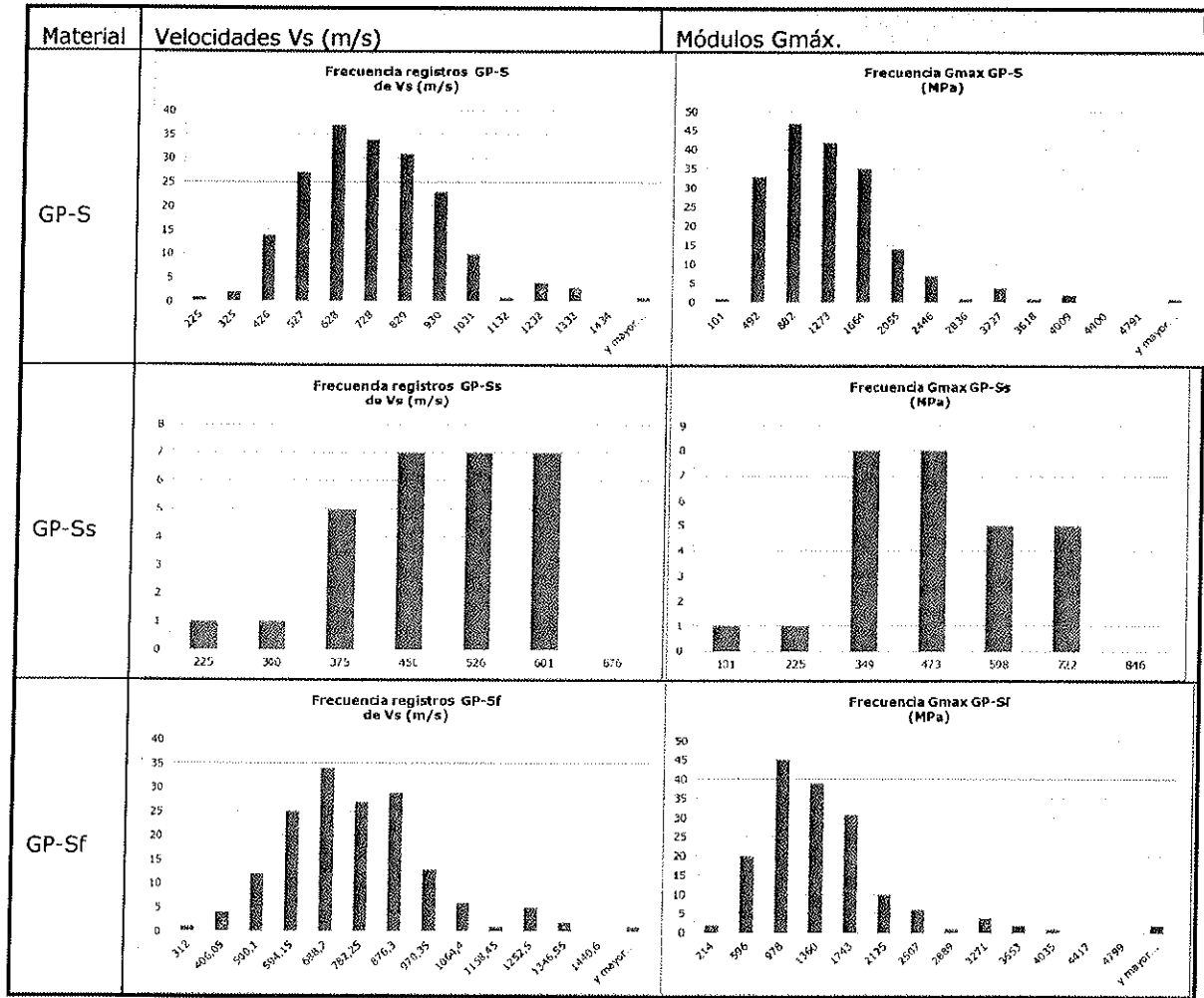


Figura 31: Registros de vs (m/s) de los perfiles MASW realizados incluyendo intervalos de tipo de terreno según el código NEHRP y límite de 400 m/s (límite de velocidad vs del nivel suelto al firme).



000704

Figura 32: Histogramas de Vs y Gmax para el conjunto de la grava de Lima (GP-S), y para su diferenciación entre suelta y firme.

SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	P <sub>r</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
P-2	6	E20	GP	Grava y arena	27,80	580
P-2	6	E20	GP	Grava y arena	38,30	3.790
P-2	6	E20	GP	Grava y arena	43,10	5.820
P-2	11	E20	GP	Grava con bolones	51,60	2.700
P-2	11	E20	GP	Grava con bolones	73,30	3.890
P-2	11	E20	GP	Grava con bolones	81,80	6.260
P-2	17	E20	GP	Grava con arena	50,90	2.700
P-2	17	E20	GP	Grava con arena	82,90	4.040
P-2	17	E20	GP	Grava con arena	113,50	5.590
P-2	23	E20	GP	Grava con arena	24,70	1.420
P-2	23	E20	GP	Grava con arena	47,90	6.540
P-2	23	E20	GP	Grava con arena	53,80	7.920
P-2	26	E20	GP	Grava con arena	34,50	1.680
P-2	26	E20	GP	Grava con arena	50,20	4.480
P-2	26	E20	GP	Grava con arena	79,60	5.250

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	P <sub>F</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
P-2	31	E20	GP	Bolones con arena	45,60	1.870
P-2	31	E20	GP	Bolones con arena	65,60	3.130
P-2	31	E20	GP	Bolones con arena	73,20	3.970
P-3	5	E21	GP	Grava y arena	20,70	290
P-3	5	E21	GP	Grava y arena	30,90	940
P-3	5	E21	GP	Grava y arena	40,10	1.150
P-3	10	E21	GP	Grava con arena	30,90	690
P-3	10	E21	GP	Grava con arena	40,10	2.200
P-3	10	E21	GP	Grava con arena	50,40	1.910
P-3	15	E21	GP	Bolones y arena	21,60	300
P-3	15	E21	GP	Bolones y arena	35,70	920
P-3	15	E21	GP	Bolones y arena	50,30	1.650
P-3	20	E21	GP	Bolones y arena	20,70	220
P-3	20	E21	GP	Bolones y arena	25,30	540
P-3	20	E21	GP	Bolones y arena	30,90	550
P-3	26	E21	GP	Bolones y arena	31,30	530
P-3	26	E21	GP	Bolones y arena	45,20	1.530
P-3	26	E21	GP	Bolones y arena	60,00	1.510
P-3	29	E21	GP	Bolones y arena	25,00	1.110
P-3	29	E21	GP	Bolones y arena	39,70	1.800
P-3	29	E21	GP	Bolones y arena	51,70	2.180
P-3	34	E21	GP	Grava y arena	19,80	360
P-3	34	E21	GP	Grava y arena	25,10	820
P-3	34	E21	GP	Grava y arena	29,10	760
P-3	39	E21	GP	Grava y arena	30,00	460
P-3	39	E21	GP	Grava y arena	38,40	1.480
P-3	39	E21	GP	Grava y arena	46,50	1.430
P-6	7	E22	GP	Bolones con arena	31,90	1.170
P-6	7	E22	GP	Bolones con arena	49,00	3.200
P-6	7	E22	GP	Bolones con arena	78,20	3.440
P-6	11	E22	GP	Bolones con arena	51,30	1.340
P-6	11	E22	GP	Bolones con arena	71,00	2.510
P-6	11	E22	GP	Bolones con arena	82,10	3.540
P-6	17	E22	GP	Grava con arena	45,60	1.860
P-6	17	E22	GP	Grava con arena	65,60	4.390
P-6	17	E22	GP	Grava con arena	74,60	5.780
P-6	21	E22	GP	Grava y arena	44,40	2.120
P-6	21	E22	GP	Grava y arena	60,30	2.440
P-6	21	E22	GP	Grava y arena	84,00	2.560
P-6	27	E22	GP	Grava y arena	34,70	1.910
P-6	27	E22	GP	Grava y arena	52,60	2.340
P-6	27	E22	GP	Grava y arena	85,00	1.640
P-6	30	E22	GP	Grava	28,60	2.140

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

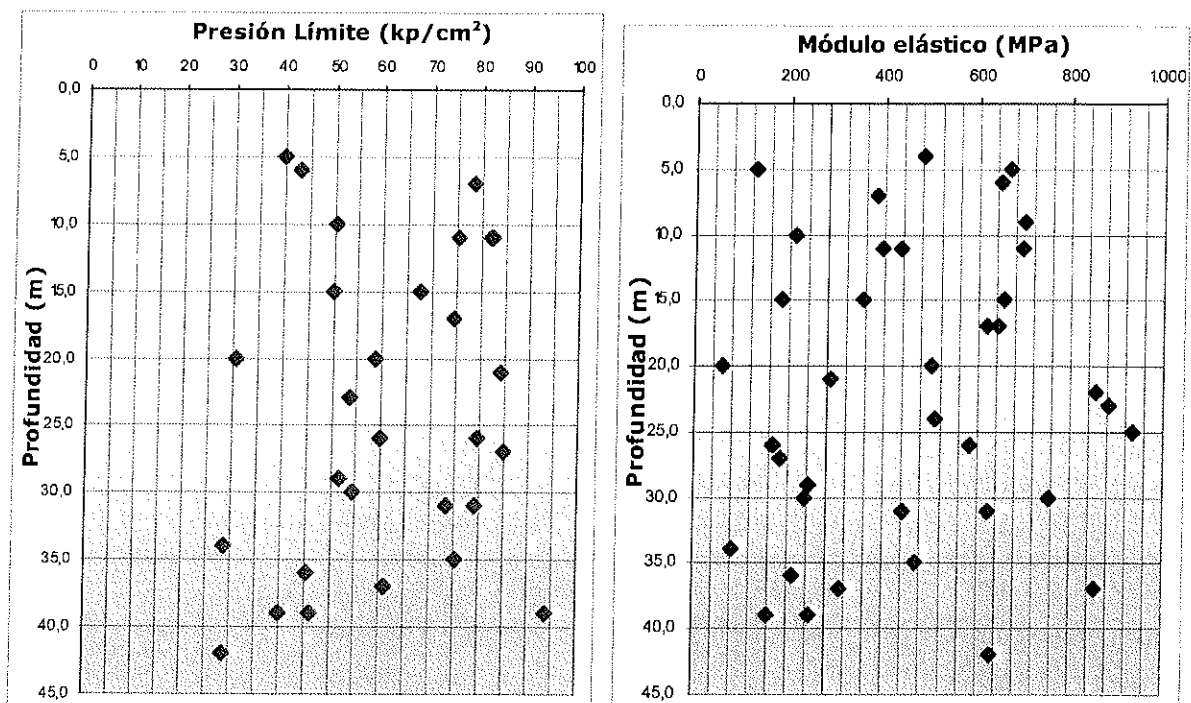
SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	P <sub>r</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
P-6	30	E22	GP	Grava	40,00	2.130
P-6	30	E22	GP	Grava	54,30	2.100
P-6	35	E22	GP	Grava con arena	42,60	1.390
P-6	35	E22	GP	Grava con arena	58,10	3.580
P-6	35	E22	GP	Grava con arena	75,20	4.210
P-6	37	E22	GP	Bolones con arena	39,10	940
P-6	37	E22	GP	Bolones con arena	54,60	2.500
P-6	37	E22	GP	Bolones con arena	61,10	2.800
P-7	5	E23	GP	Grava con arena	100,60	3.210
P-7	5	E23	GP	Grava con arena	122,70	5.350
P-7	5	E23	GP	Grava con arena	147,30	6.010
P-7	11	E23	GP	Grava con arena	42,60	900
P-7	11	E23	GP	Grava con arena	58,10	2.770
P-7	11	E23	GP	Grava con arena	75,20	3.900
P-7	15	E23	GP	Grava y arena	33,60	1.110
P-7	15	E23	GP	Grava y arena	48,50	2.160
P-7	15	E23	GP	Grava y arena	67,60	3.180
P-7	20	E23	GP	Grava con arena	32,10	960
P-7	20	E23	GP	Grava con arena	46,30	2.870
P-7	20	E23	GP	Grava con arena	58,50	4.510
P-7	24	E23	GP	Grava con arena	48,90	1.930
P-7	24	E23	GP	Grava con arena	76,80	5.130
P-7	24	E23	GP	Grava con arena	112,40	4.590
P-7	31	E23	GP	Grava y arena	50,90	1.530
P-7	31	E23	GP	Grava y arena	62,20	3.220
P-7	31	E23	GP	Grava y arena	79,10	5.630
P-7	36	E23	GP	Arena con grava	33,60	530
P-7	36	E23	GP	Arena con grava	39,00	1.300
P-7	36	E23	GP	Arena con grava	45,60	1.880
P-7	39	E23	GP	Arena con grava	42,10	1.630
P-7	39	E23	GP	Arena con grava	68,50	2.220
P-7	39	E23	GP	Arena con grava	93,80	2.220
P-9	4	E24	GP	Grava	82,10	2.340
P-9	4	E24	GP	Grava	98,80	4.180
P-9	4	E24	GP	Grava	125,50	4.340
P-9	9	E24	GP	Grava con arena	85,10	2.480
P-9	9	E24	GP	Grava con arena	101,60	6.420
P-9	9	E24	GP	Grava con arena	126,90	6.280
P-9	15	E24	GP	Grava con arena	97,90	1.900
P-9	15	E24	GP	Grava con arena	123,10	4.570
P-9	15	E24	GP	Grava con arena	143,30	5.890
P-9	22	E24	GP	Grava con arena	102,50	2.310
P-9	22	E24	GP	Grava con arena	122,70	5.980

SONDEO	PROF. (m)	ESTACIÓN	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	P <sub>f</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
P-9	22	E24	GP	Grava con arena	142,20	7.670
P-9	25	E24	GP	Grava con arena	104,20	2.900
P-9	25	E24	GP	Grava con arena	129,80	6.630
P-9	25	E24	GP	Grava con arena	145,20	8.390
P-9	30	E24	GP	Bolones con arena	99,80	2.270
P-9	30	E24	GP	Bolones con arena	118,20	5.590
P-9	30	E24	GP	Bolones con arena	138,50	6.780
P-9	37	E24	GP	Grava y arena	95,60	4.080
P-9	37	E24	GP	Grava y arena	128,10	6.150
P-9	37	E24	GP	Grava y arena	150,70	7.670
P-9	42	E24	GP	Bolones con arena	103,00	2.870
P-9	42	E24	GP	Bolones con arena	123,10	5.510
P-9	42	E24	GP	Bolones con arena	144,80	5.670

**Tabla 51: Ensayos dilatométricos disponibles de la campaña de Proinversión en la Etapa 1A.**

En la **Figura 33** se muestra la distribución de presiones límite y módulos elásticos según la profundidad, de los ensayos dilatométricos disponibles.

La **Tabla 52** incluye el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos dilatométricos, habiendo obtenido un módulo presiométrico medio de 459 MPa y un módulo elástico, calculado a partir del dilatométrico, de 394 MPa; con valor máximo de 935 MPa y mínimo de 61 MPa.



**Figura 33: Distribución con la profundidad de presiones límites y módulos elásticos obtenidos en los ensayos dilatométricos disponibles.**

SONDEO	COTA	ESTACIÓN	UNIDAD	ENSAYO PRESIOMÉTRICO				MÓDULO ELÁSTICO			
				P <sub>r</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E <sub>p</sub> /P <sub>L</sub>	P <sub>L</sub> * (kp/cm <sup>2</sup> )	α	ν	E (kp/cm <sup>2</sup> )	
P-2	6	Evitamiento	GP-S	43,10	5.820	582	42,50	0,67	0,30	8730,00	
P-2	11	Evitamiento	GP-S	81,80	6.260	626	80,70	0,67	0,30	9390,00	
P-2	17	Evitamiento	GP-S	113,50	5.590	559	111,80	0,67	0,30	8385,00	
P-2	23	Evitamiento	GP-S	53,80	7.920	792	51,50	0,67	0,30	11880,00	
P-2	26	Evitamiento	GP-S	79,60	5.250	525	77,00	0,67	0,30	7875,00	
P-2	31	Evitamiento	GP-S	73,20	3.970	397	70,10	0,67	0,30	5955,00	
P-3	5	Óvalo Sta. Anita	GP-S	40,10	1.150	28,68	39,60	0,67	0,30	1281,43	
P-3	10	Óvalo Sta. Anita	GP-S	50,40	1.910	37,90	49,40	0,67	0,30	2128,29	
P-3	15	Óvalo Sta. Anita	GP-S	50,30	1.650	32,80	48,80	0,67	0,30	1838,57	
P-3	20	Óvalo Sta. Anita	GP-S	30,90	550	17,80	28,90	0,67	0,30	612,86	
P-3	26	Óvalo Sta. Anita	GP-S	60,00	1.510	25,17	57,40	0,67	0,30	1682,57	
P-3	29	Óvalo Sta. Anita	GP-S	51,70	2.180	42,17	48,80	0,67	0,30	2429,14	
P-3	34	Óvalo Sta. Anita	GP-S	29,10	760	26,12	25,70	0,67	0,30	846,86	
P-3	39	Óvalo Sta. Anita	GP-S	46,50	1.430	30,75	42,60	0,67	0,30	1593,43	
P-6	7	Colectora Industrial	GP-S	78,20	3.440	43,99	77,50	0,67	0,30	3833,14	
P-6	11	Colectora Industrial	GP-S	82,10	3.540	43,12	81,00	0,67	0,30	3944,57	
P-6	17	Colectora Industrial	GP-S	74,60	5.780	77,48	72,90	0,67	0,30	6440,57	
P-6	21	Colectora Industrial	GP-S	84,00	2.560	30,48	81,90	0,67	0,30	2852,57	
P-6	27	Colectora Industrial	GP-S	85,00	1.640	19,29	82,30	0,67	0,30	1827,43	
P-6	30	Colectora Industrial	GP-S	54,30	2.100	38,67	51,30	0,67	0,30	2340,00	
P-6	35	Colectora Industrial	GP-S	75,20	4.210	55,98	71,70	0,67	0,30	4691,14	
P-6	37	Colectora Industrial	GP-S	61,10	2.800	45,83	57,40	0,67	0,30	3120,00	
P-7	5	La Cultura	GP-S	147,30	6.010	40,80	146,80	0,67	0,30	6696,86	
P-7	11	La Cultura	GP-S	75,20	3.900	51,86	74,10	0,67	0,30	4345,71	
P-7	15	La Cultura	GP-S	67,60	3.180	47,04	66,10	0,67	0,30	3543,43	
P-7	20	La Cultura	GP-S	58,50	4.510	77,09	56,50	0,67	0,30	5025,43	
P-7	24	La Cultura	GP-S	112,40	4.590	40,84	110,00	0,67	0,30	5114,57	
P-7	31	La Cultura	GP-S	79,10	5.630	71,18	76,00	0,67	0,30	6273,43	
P-7	36	La Cultura	GP-S	45,60	1.880	41,23	42,00	0,67	0,30	2094,86	
P-7	39	La Cultura	GP-S	93,80	2.220	23,67	89,90	0,67	0,30	2473,71	
P-9	4	Mercado Sta. Anita	GP-S	125,50	4.340	34,58	125,10	0,67	0,30	6510,00	
P-9	9	Mercado Sta. Anita	GP-S	126,90	6.280	49,49	126,00	0,67	0,30	9420,00	
P-9	15	Mercado Sta. Anita	GP-S	143,30	5.890	41,10	141,80	0,67	0,30	8835,00	
P-9	22	Mercado Sta. Anita	GP-S	142,20	7.670	53,94	140,00	0,67	0,30	11505,00	
P-9	25	Mercado Sta. Anita	GP-S	145,20	8.390	57,78	142,70	0,67	0,30	12585,00	
P-9	30	Mercado Sta. Anita	GP-S	138,50	6.780	48,95	135,50	0,67	0,30	10170,00	
P-9	37	Mercado Sta. Anita	GP-S	150,70	7.670	50,90	147,00	0,67	0,30	11505,00	
P-9	42	Mercado Sta. Anita	GP-S	144,80	5.670	39,16	140,60	0,67	0,30	8505,00	
P-9	4	Mercado Sta. Anita	GP-S	125,50	4.340	34,58	125,10	0,67	0,30	6510,00	
				Máximo	8.390				Máximo	9.349	
				Mínimo	550				Mínimo	613	
				Media	4.121,8				Media	4.592,9	

Tabla 52: Análisis de los ensayos dilatométricos realizados por Proinversión en la Etapa 1A.

Según los ensayos de placa de carga realizados, e incluidos en la **Tabla 53**, se obtiene un módulo elástico medio de 201 MPa, con un valor máximo de 333 MPa y un valor mínimo de 34 MPa.

Ensayo	Prof. (m)	Valores de $K_{30}$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidad "E" (Kg/cm <sup>2</sup> )	Clasificación SUCS
CC-1	9	47,41	1.333,23	GW
	15	101,59	2.856,91	GP
CC-2	7,2	38,44	1.080,99	GP
	13	113,78	3.199,74	GP
CC-3	7,5	118,52	3.333,06	GP
	13,5	71,11	1.999,84	GP
CC-4	13	106,14	2.984,83	GW
	22	11,85	341,31	ML
CC-5	7,4	18,35	516,09	GW
	13	88,89	2.499,80	GP
	Max	118,52	3.333,06	
	Min	11,85	341,31	
	Media	71,61	2.014,58	

**Tabla 53: Análisis de los ensayos de placa de carga realizados por Proinversión en la Etapa 1A.**

Cabe señalar que los valores de módulo elástico del Aglomerado de Lima obtenidos mediante los presiómetros son sensiblemente superiores a los adoptados para el cálculo (42 MPa para horizonte suelto –GP-Ss- y 183 MPa para el horizonte firme –GP-Sf-), resultando razonablemente conservadores dada la interpolación realizada a partir de los datos sísmicos indirectos disponibles y los ensayos de placa de carga realizados por Proinversión.

**5.3.4.3 Permeabilidad**

Para la caracterización hidrogeológica de las gravas o Aglomerado de Lima se ha contado con los resultados de 68 ensayos de permeabilidad, 8 de ellos realizados en la reciente campaña complementaria, 4 en estudios anteriores y 56 en la campaña de Proinversión para la Etapa 1A.

En la **Tabla 54** se muestran los resultados de estos ensayos y el análisis estadístico realizado.

Prospección	P.K.	Prof. (m)	Litología	Admisión (l/s)	Admisión (l/min)	k (cm/s)	k (m/s)
S-1/L2	0+256	6,40-6,90	GP	0,17	9,93	3,69E-03	3,69E-05
S-1/L2	0+256	14,4-15,0	GP	0,03	1,81	5,79E-04	5,79E-06
S-1/L2	0+256	22,0-22,89	GP	0,06	3,42	8,07E-04	8,07E-06
S-2/L2	1+833	20,0-20,5	GP limpias	1,13	67,63	1,53E-02	1,53E-04
S-2/L2	1+933	24,8-25,35	ML / GP	0,37	22,15	4,65E-03	4,65E-05
S-1/L4	0+310	23,05-23,20	GP	0,23	13,89	4,41E-03	4,41E-05
S-2/L4	2+544	14,8-15,0	GP	0,83	50,04	1,08E-02	1,08E-04
S-4/L4	7+362	19,80-20,0	GP	0,21	12,79	1,78E-03	1,78E-05
CP-3	19+397	4,0	GP	-	-	5,65E-03	5,65E-05
CP-3	19+397	9,0	GP	-	-	6,05E-03	6,05E-05
CP-3	19+397	14,0	GP	-	-	1,96E-03	1,96E-05
CP-3	19+397	18,0	GW	-	-	4,23E-03	4,23E-05
CP-3	19+397	24,0	GP	-	-	2,49E-03	2,49E-05
CP-3	19+397	30,0	GP-GM	-	-	1,71E-03	1,71E-05
CP-5	20+077	4,3	GW	-	-	2,43E-02	2,43E-04
CP-5	20+077	9,0	GP	-	-	1,89E-02	1,89E-04
CP-5	20+077	19,0	GP	-	-	5,47E-03	5,47E-05
CP-5	20+077	24,0	GP	-	-	1,26E-03	1,26E-05
CP-5	20+077	28,0	GP	-	-	1,98E-03	1,98E-05
CP-10	21+113	4,0	GP	-	-	3,48E-03	3,48E-05
CP-10	21+113	9,0	GP	-	-	4,24E-03	4,24E-05

000710

Prospección	P.K.	Prof. (m)	Litología	Admisión (l/s)	Admisión (l/min)	k (cm/s)	k (m/s)
CP-10	21+113	14,2	GP	-	-	3,77E-03	3,77E-05
CP-10	21+113	19,2	GP	-	-	3,13E-02	3,13E-04
CP-10	21+113	24,5	GP	-	-	1,04E-03	1,04E-05
CP-10	21+113	28,0	GW	-	-	1,83E-02	1,83E-04
CP-11	21+440	9,0	GP	-	-	1,13E-02	1,13E-04
CP-11	21+440	19,0	GP	-	-	1,97E-02	1,97E-04
CP-12	21+570	9,0	GP	-	-	7,15E-03	7,15E-05
CP-12	21+570	19,0	GP	-	-	6,78E-03	6,78E-05
CP-12	21+570	4,0	GP	-	-	1,01E-02	1,01E-04
CP-12	21+570	13,0	GP	-	-	5,93E-03	5,93E-05
CP-12	21+570	24,0	GP	-	-	1,16E-03	1,16E-05
CP-12	21+570	30,0	GP	-	-	1,12E-02	1,12E-04
CP-13	21+775	4,0	GP	-	-	8,33E-03	8,33E-05
CP-13	21+775	9,0	GP	-	-	6,98E-03	6,98E-05
CP-13	21+775	14,0	GP	-	-	9,82E-03	9,82E-05
CP-13	21+775	19,0	GP	-	-	1,14E-02	1,14E-04
CP-13	21+775	25,0	GP	-	-	1,74E-03	1,74E-05
CP-13	21+775	30,0	GP	-	-	8,63E-03	8,63E-05
CP-16	22+700	4,0	GP	-	-	5,44E-03	5,44E-05
CP-16	22+700	9,0	GP	-	-	1,08E-02	1,08E-04
CP-17	22+760	4,0	GP	-	-	3,33E-03	3,33E-05
CP-17	22+760	9,0	GP	-	-	3,27E-02	3,27E-04
CP-18	23+000	4,0	GW-GM	-	-	6,50E-03	6,50E-05
CP-18	23+000	7,5	GM	-	-	5,21E-03	5,21E-05
CP-18	23+000	12,5	GP-GM	-	-	7,71E-03	7,71E-05
CP-18	23+000	18,0	GP-GM	-	-	1,99E-03	1,99E-05
CP-18	23+000	27,0	GM	-	-	5,42E-03	5,42E-05
CP-19	23+138	4,0	GP-GM	-	-	7,61E-03	7,61E-05
CP-19	23+138	10,0	GP-GM	-	-	7,32E-03	7,32E-05
CP-19	23+138	18,0	GP-GM	-	-	4,92E-02	4,92E-04
CP-19	23+138	28,0	GM	-	-	3,17E-03	3,17E-05
CP-20	23+356	4,5	GM	-	-	6,05E-03	6,05E-05
CP-20	23+356	10,0	GM	-	-	6,02E-03	6,02E-05
CP-20	23+356	14,5	GP-GM	-	-	1,83E-03	1,83E-05
CP-20	23+356	18,0	GP-GM	-	-	1,49E-03	1,49E-05
CP-20	23+356	23,0	GM	-	-	3,71E-03	3,71E-05
CP-20	23+356	28,0	GM	-	-	2,95E-03	2,95E-05
CP-21	23+636	2,50	GP-GM	-	-	2,88E-02	2,88E-04
CP-21	23+636	7,50	GP-GM	-	-	2,96E-03	2,96E-05
CP-21	23+636	12,00	GW-GM	-	-	6,35E-03	6,35E-05
CP-21	23+636	18,00	GW-GM	-	-	4,34E-03	4,34E-05
CP-21	23+636	22,50	GP-GM	-	-	3,54E-03	3,54E-05
CP-21	23+636	30,00	GP	-	-	1,14E-03	1,14E-05
P-3	4+423	19,0-19,5	GP	-	-	1,10E-03	1,10E-05
P-8	11+415	16,5-17,0	GP	-	-	1,80E-03	1,80E-05
P-9	12+226	12,0-12,5	GP	-	-	5,00E-04	5,00E-06
P-10	12+900	14,5-15,0	GP	-	-	8,00E-04	8,00E-06
					MAX	4,92E-02	4,92E-04
					MIN	5,00E-04	5,00E-06
					MEDIA	7,62E-03	7,62E-05

**Tabla 54: Ensayos de permeabilidad realizados en la unidad GP-S (azul = resultados de la campaña complementaria, negro = campaña de Proinversión en la Etapa 1ª y rojo = estudios anteriores).**



Tal y como se observa en el análisis de los resultados, se ha obtenido una permeabilidad media de  $7,62 \cdot 10^{-5}$  m/s, con valores máximo y mínimo de  $4,92 \cdot 10^{-4}$  y  $5,00 \cdot 10^{-6}$  m/s respectivamente, lo que puede calificarse como una permeabilidad moderada a media.

En la fase de licitación se obtuvieron los siguientes valores de permeabilidad, no habiendo considerado los ensayos realizados por Proinversión en la Etapa 1A: permeabilidad media de  $3,85 \cdot 10^{-5}$  m/s, con valor máximo de  $1,53 \cdot 10^{-4}$  y mínimo de  $5,00 \cdot 10^{-6}$  m/s, lo que puede calificarse como una permeabilidad moderada.

Este resultado sería más propio de un material bien graduado a más cercano a una arena. Debería, por tanto, interpretarse que la escasa matriz que presentan estas gravas parece ser suficiente para dotarles de una permeabilidad media.

En base a estos resultados es posible efectuar recomendaciones respecto al tratamiento del problema del agua en las excavaciones del proyecto. En la **Tabla 55** se muestra la carga de agua esperada en las estaciones del tramo, la cual resulta significativa en buen número de casos; suponiendo un problema su agotamiento en fase de construcción.

Estación	Carga de agua (m)
Puerto del Callao	17,20
Buenos Aires	14,50
L2	
Juan Pablo II	0,25
Insurgentes	6,00
Carmen de la Legua	0,00
Municipalidad de Ate	14,20
Gambeta	15,10
Canta Callao	7,20
Bocanegra	10,40
L4	
Aeropuerto	8,75
El Olivar	4,60
Quilca	0,00
Morales Duarez	1,10
Carmen de la Legua	10,90

**Tabla 55: Carga piezométrica aproximada en las estaciones de la línea 2 y ramal L4.**

Sin embargo, los resultados de permeabilidad obtenidos indican una transmisividad moderada, la cual, al ser trasladada a la tabla de recomendaciones de agotamiento, incluida en la **Figura 34**, donde se muestra (en azul) que el agotamiento de los caudales esperables es viable y no sería necesario el ejecutar losas impermeables de fondo. En esta figura también ha sido representados los valores de permeabilidad inicialmente previstos.

**5.3.4.4 Excavabilidad, abrasividad y aprovechamiento**

Se han efectuado numerosos ensayos sobre muestras de pozos y sondeos para analizar la excavabilidad y abrasividad de los materiales que se perforarán en este proyecto, además de contar con los ensayos efectuados sobre muestras obtenidas en las prospecciones efectuadas por Proinversión en la Etapa 1A.

Adicionalmente se analiza la posible reutilización de los materiales a excavar para agredados de concreto.

En las **Tablas 56, 57 y 58** se resumen los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, que permiten constatar que la unidad de gravas de Lima (GP-S) corresponde a materiales de una alta abrasividad y excavabilidad media.

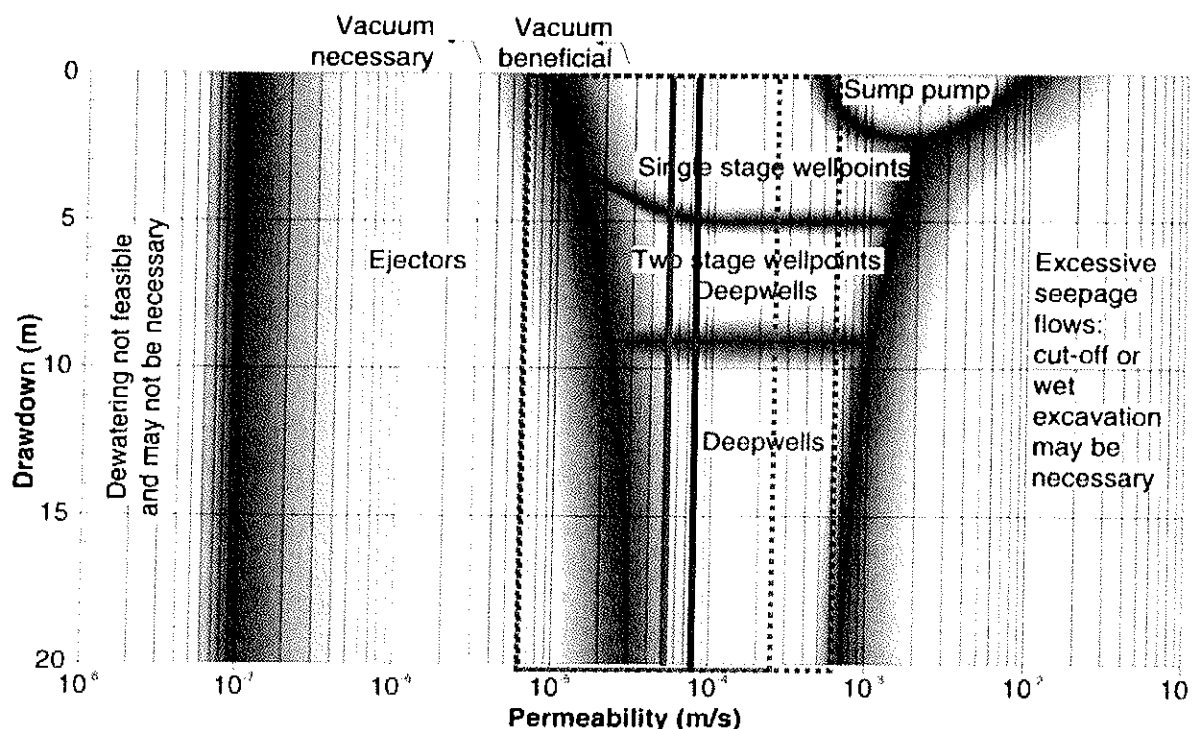


Figura 34: Recomendaciones de agotamiento en excavaciones (Moretrench). Permeabilidad media y rango; cargas de agua esperadas. En rojo lo inicialmente considerado, en azul resultado final.

Llama la atención las elevadas resistencias a tracción resultantes de los ensayos brasileños de tracción indirecta, al igual que el elevado contenido en cuarzo de los materiales.

Desde el punto de vista de la abrasividad cuantificada mediante el ensayo Cerchar y AVS, se trataría de materiales muy abrasivos, de una perforabilidad media a muy baja (DRI) y una rozabilidad muy mala, según el índice de Schimazek. Serán por tanto esperables elevados desgastes de cortadores, picas, tornillo, etc, en los tramos previstos la excavación mediante tuneladora.

Respecto al aprovechamiento de estos materiales, aunque el coeficiente de Los Ángeles resulta inferior en todos los casos a 60% y la plasticidad de los materiales finos (que son escasos) es nula, debido a la importante presencia de materia orgánica (media > 2%), al contenido variable en sulfatos (especialmente en las aguas freáticas) y a la variabilidad de tamaños analizados, se recomienda su uso previo lavado y posterior machacado y cribado de los mismos. En el caso de la excavación mediante tuneladora, los materiales extraídos deberán ser retirados y tratados en acopios apropiados para su secado y posterior retirada a botaderos de inertes.

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

Prospección	Prof. (m)	P.K.	DIST. EJE	Tipo Muestra	Litología	Abrasividad Cerchar	AVS Prueba de abrasividad (mg)	Índice de abrasividad ABR (grf)	Índice DRI Perforabilidad	Índice CLI
S-2 L2	18,3-21,5	1+933	18m D	Testigo	GP sin finos	Muy abrasiva 2,30	-	-	58	Medio-Alto
C-4 L2	8,6-9,6	5+148	22m D	MA	GP con arenas gruesas	Medio abrasiva 1,00	-	-	55	Medio-Alto
S-4 L2	15,0-25,0	7+362	28m D	Testigo	GP con arenas medias a finas	Muy abrasiva 3,80	-	-	44	Bajo-Medio
C-5 L2	8,0-10,0	19+368	10m I	MA	GP con arenas gruesas	Muy abrasiva 2,80	-	-	43	Bajo-Medio
S-12 L2	25,0-35,0	26+760	12m D	Testigo	GP con arenas finas a gruesas	Muy abrasiva 3,50	-	-	49	Medio
S-1 L4	12,0-22,0	0+310	18m I	Testigo	GP con arenas finas	Muy abrasiva 4,60	-	-	44	Bajo-Medio
C-1 L4	9,0-9,9	4+784	6m I	MA	GP con arenas medias	Muy abrasiva 3,00	-	-	41	Bajo-Medio
C-2 L4	9,5-10,0	6+600	25m I	MA	GP con gravas finas a medias	-	-	-	-	-
CP-3	12,0	19+398	16m I	MA	Grava pobrement e gradada	-	-	-	-	-
CP-3	19,0	19+398	16m I	MA	Grava bien gradada	Muy abrasiva 3,69	1280	Mediamente abrasivo	17	8,8
CP-4	20,0	19+675	15m I	MA	Grava pobrement e gradada	Muy abrasiva 3,38	980	Ligeramente abrasivo	32	25,1
CP-9	20,0	20+594	32m D	MA	Grava pobrement e gradada	Muy abrasiva 3,63	1240	Mediamente abrasivo	30	20,4
CP-10	20,0	21+113	32m D	MA	Grava pobrement e gradada	Muy abrasiva 3,88	1060	Mediamente abrasivo	23	14,6
CP-14	20,0	22+150	12m I	MA	Grava pobrement e gradada	Muy abrasiva 5,25	1320	Mediamente abrasivo	23	14

**Tabla 56: Principales características de excavabilidad, abrasividad y reutilización del Aglomerado de Lima. (1 de 3)**



A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



Prospección	Prof. (m)	P.K.	DIST. EJE	Tipo Muestra	Litología	Schimazek Rozabilidad	(kN/m)	DLA (%)	Coefficiente Micro-Deval MDE (%)	Contenido en Q (%)	Equiv. Arena (%)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	σ <sub>i</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	SiO <sub>2</sub> (milí mol/L)
S-2 L2	18,3-21,5	1+933	18m D	Testigo	GP sin finos	0,491	Roz Regular	-	-	32,75	-	-	132,98	36,12
C-4 L2	8,6-9,6	5+148	22m D	MA	GP con arenas gruesas	0,852		15,8	-	41,80	79	-	104,05	29,67
S-4 L2	15,0-25,0	7+362	28m D	Testigo	GP con arenas medias a finas	4,062		16,1	-	47,11	78	-	183,00	51,1
C-5 L2	8,0-10,0	19+368	10m I	MA	GP con arenas gruesas	1,490		-	-		-	-	152,83	-
S-12 L2	25,0-35,0	26+760	12m D	Testigo	GP con arenas finas a gruesas	0,787	Roz mala	-	-	38,40	-	-	215,09	-
S-1 L4	12,0-22,0	0+310	18m I	Testigo	GP con arenas finas	0,860		-	-	43,86	82	-	71,29	-
C-1 L4	9,0-9,9	4+784	6m I	MA	GP con arenas medias	0,951		-	-	30,25	-	-	143,24	-
C-2 L4	9,5-10,0	6+600	25m I	MA	GP con gravas finas a medias	-		12,2	-	-	-	-	-	-
CP-3	12,0	19+398	16m I	MA	Grava pobremente gradada	-		-	13	-	-	-	-	-
CP-3	19,0	19+398	16m I	MA	Grava bien gradada	-		13	8	-	-	2,75	-	-
CP-4	20,0	19+675	15m I	MA	Grava pobremente gradada	-		18	16	-	-	2,7	-	-
CP-9	20,0	20+594	32m D	MA	Grava pobremente gradada	-		15	10	-	-	2,71	-	-
CP-10	20,0	21+113	32m D	MA	Grava pobremente gradada	-		15	13	-	-	2,72	-	-
CP-14	20,0	22+150	12m I	MA	Grava pobremente gradada	-		13	7	-	-	2,72	-	-

Tabla 57: Principales características de excavabilidad, abrasividad y reutilización del Aglomerado de Lima. (2 de 3)



#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto



Prospección	Prof. (m)	P. K. L2	DIST. EJE	Tipo Muestra	Litología	Petrología	Absorción de agua (%)		Durabilidad ante SO <sub>4</sub> Mg (%)		Sulfatos SO <sub>4</sub> ppm	Sulfuros (ppm)	Reactividad a los álcalis (milli mol/L)	Punch Penetration Test		Cone Test	Indenter
							Grava	Arena	Grueso	Fino				di (kN/mm)	Compressive Sc hardness (MPa)		
S-2 L2	18,3-21,5	1+993	18m D	Testigo	GP sin finos	Tonalita	-	-	-	-	414,63	1,89	560	-	-	-	-
C-4 L2	8,6-9,6	5+148	22m D	MA	GP con arenas gruesas	Conglomerado polimictico	-	-	3,984	-	579,0	0,11	505	-	-	-	-
S-4 L2	15,0-25,0	7+362	28m D	Testigo	GP con arenas medias a finas	Granito	-	-	3,847	-	786,49	1,21	480	-	-	-	-
C-5 L2	8,0-10,0	19+368	10m I	MA	GP con arenas gruesas	Microconglomerado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-12 L2	25,0-35,0	26+760	12m D	Testigo	GP con arenas finas a gruesas	Tonalita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-1 L4	12,0-22,0	0+310	18m I	Testigo	GP con arenas finas	Granito	1,41	1,6	-	-	13,09	0,019	300	-	-	-	-
C-1 L4	9,0-9,9	4+784	6m I	MA	GP con arenas medias	Monzonita	0,86	2,36	-	-	7,39	0,031	450	-	-	-	-
C-2 L4	9,5-10,0	6+600	25m I	MA	GP con gravas finas a medias	-	-	-	8,65	-	4,56	-	-	-	-	-	-
CP-3	12,0	19+398	16m I	MA	Grava pobremente gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CP-3	19,0	19+398	16m I	MA	Grava bien gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	47,46	349,15	5,26	188,3
CP-4	20,0	19+675	15m I	MA	Grava pobremente gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	43,36	318,5	6,04	216,1
CP-9	20,0	20+594	32m D	MA	Grava pobremente gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	47,89	357,61	3,09	110,7
CP-10	20,0	21+113	32m D	MA	Grava pobremente gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	54,51	411,5	3,74	134
CP-14	20,0	22+150	12m I	MA	Grava pobremente gradada	-	-	-	-	-	-	-	-	32,58	237,02	4,93	176,5

Tabla 58: Principales características de excavabilidad, abrasividad y reutilización del Aglomerado de Lima. (3 de 3)



*[Handwritten signature]*

5.3.5 Sustrato rocoso diorítico; D

Como se ha comentado anteriormente, entre los pp.kk. 18+240-18+630 y 26+460 del trazado de la línea 2 se ha reconocido la afección a un basamento rocoso, habiendo detectado rocas ígneas de tipo plutónicas (dioritas y tonalitas) que corresponden al Batolito de la Costa y a diques andesíticos. Este sustrato ha sido reconocido en los sondeos mecánicos S-7/L2 y S-8/L4, realizados con este mismo objetivo en la campaña complementaria por parte del Consorcio. En el sondeo P-17 y las calicatas CP-22, CP-33, CP-34 y CP-44, realizado por Proinversión en la campaña realizada en la campaña Prioridad 2, también ha sido detectado el sustrato rocoso diorítico. En los sondeos se ha reconocido una roca de naturaleza diorítica silicificada y biotítica de color gris. La dureza de la roca es R3-R4 y presenta una meteorización W3-W4. En ambos casos la fracturación es elevada, con fracturas rellenas de sericita de espesor 1 mm, rugosas y onduladas, abiertas, oxidadas y generalmente selladas. La orientación de las tres familias de fracturas reconocidas es de 10-30°, 45-75° y 75-90° respecto al testigo. El RQD en los sondeos es de 0-70%, habiéndose calculado un RMR máximo de 50.

En las Figuras 35 a 38 se muestra el aspecto del sustrato rocoso. Cabe señalar, que en el sondeo S-7 se detectó una zona de falla arenizada de 18,30 a 26,4 m (Figura 36), que pone en contacto el sustrato diorítico con un macizo andesítico en forma de dique y/o filón.

En la Figura 39 se muestra el aspecto sano y poco fracturado del macizo andesítico situado en las inmediaciones del sondeo mecánico S-7/L2.

En la Tabla 59 se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras extraídas del sondeo mecánico S-8/L2, de naturaleza diorítica. Con estos ensayos se puede determinar un valor medio de resistencia a compresión simple de 140,4 MPa, un valor medio de resistencia a tracción de 7,6 MPa y un módulo de deformación de 14.150 MPa.

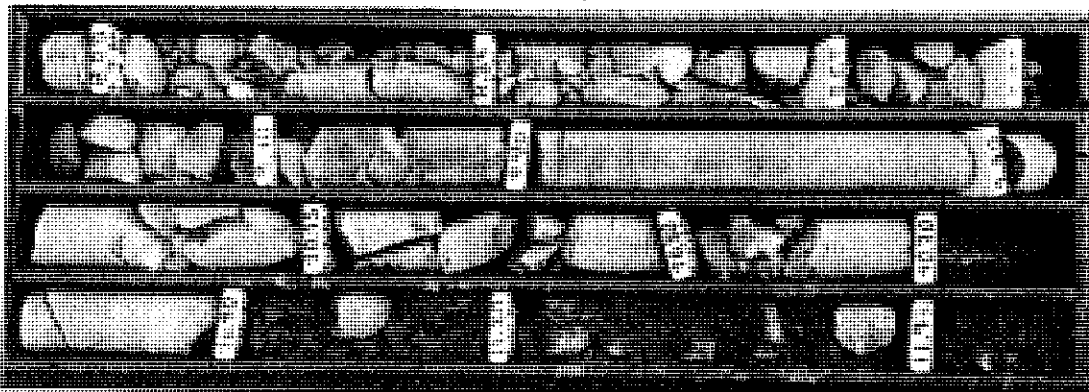


Figura 35: Sondeo S-7/L2. Caja 3. De 7,90 a 12,60 m.

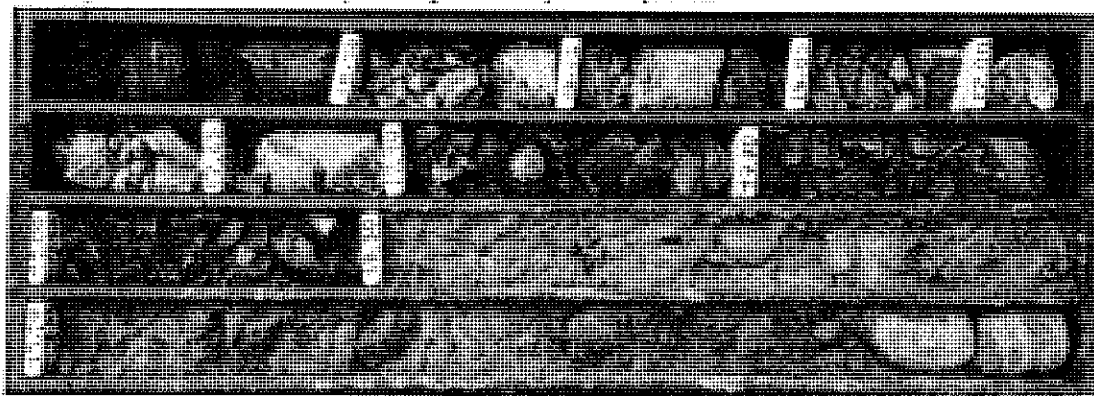


Figura 36: Sondeo S-7/L2. Caja 5. De 16,10 a 20,10 m.



000717

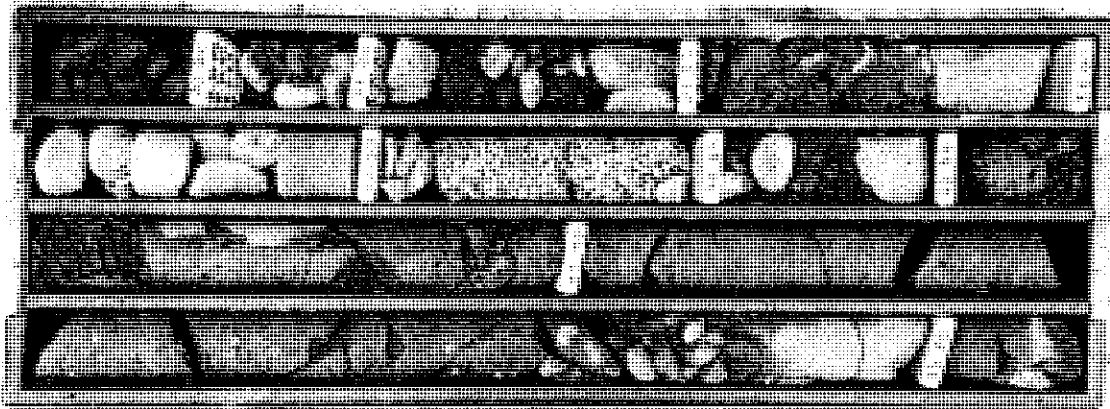


Figura 37: Sondeo S-8/L2. Caja 8. De 30,80 a 35,40 m.

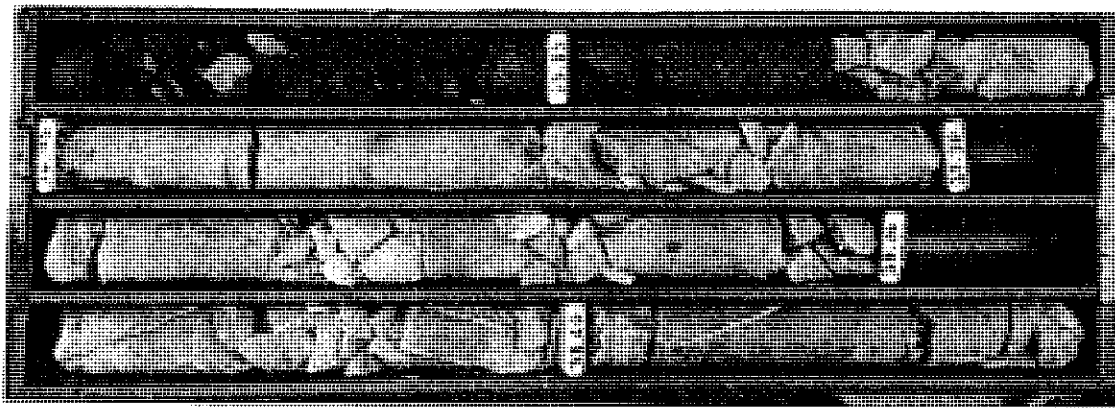


Figura 38: Sondeo S-8/L2. Caja 9. De 35,40 a 39,10 m.

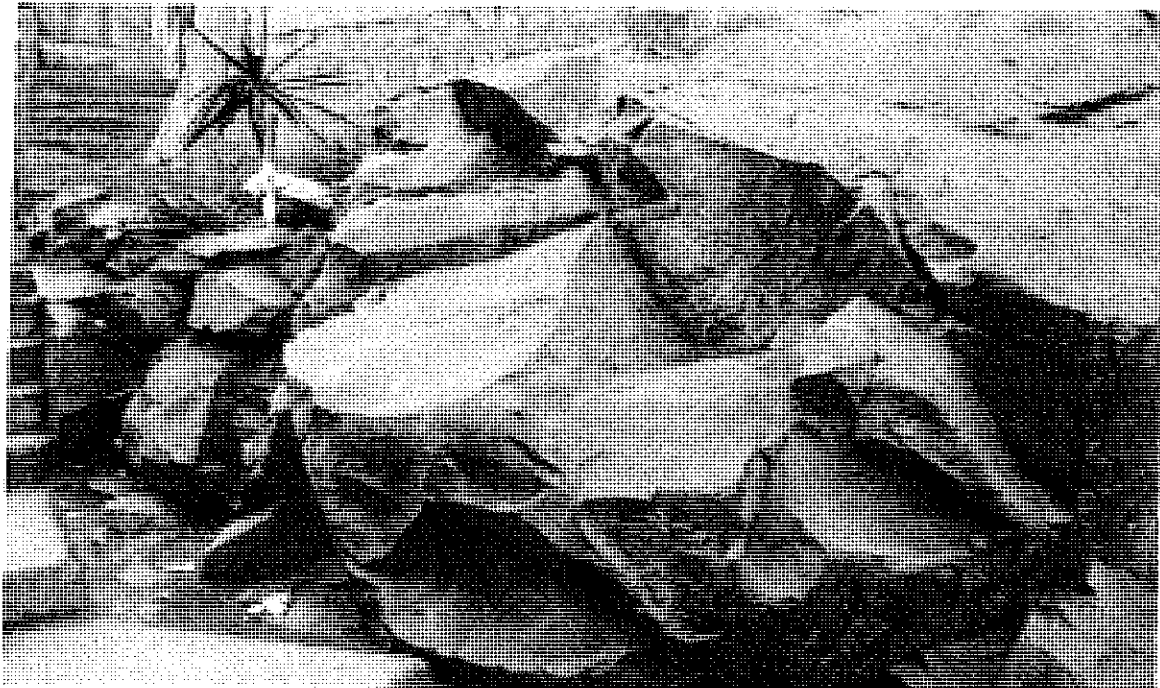


Figura 39: Aspecto de afloramiento rocoso en las proximidades del sondeo S-7/L2.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*A*

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000718

Prospección	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Grupo Geotécnico	Ensayos de Rocas			Ensayo de constantes elásticas ASTM		PLT
				RCS (MPa)	Ensayo tracción (Brasileño) (MPa)	Ensayo D3148	Módulo (GPa)	Coef. Poisson	
S-8/L2	36,45	36,62	D	132,7	-	-	-	-	-
S-8/L2	39,70	39,88	D	148,1	8,6	-	-	-	-
S-8/L2	36,65	36,90	D	-	6,5	-	-	-	155,73
S-8/L2	37,35	37,51	D	-	-	14,15	-	0,29	-
S-8/L2	34,20	34,35	D	-	-	-	-	-	9,37

**Tabla 59: Resultados de los ensayos de resistencia realizados sobre muestras de rocas dioríticas (D).**

### 5.4 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO

De acuerdo con los resultados anteriormente expuestos en la caracterización geotécnica de los materiales realizada se proponen los parámetros geotécnicos de cálculo incluidos en las **Tablas 60 y 61**, mostradas a continuación.

Unidad (síntesis)	geotécnica	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{ap}$ (KN/m <sup>3</sup> )	W (%)	% Pasa tamiz # 0,08 mm	LL (%)	IP (%)	Clasif. U.S.C.S.	$c'$ (KPa)	$\phi$ (°)	$\nu$
R	RELLENOS	15,2	16,7	10,7	25	0	0	SM 25%; GP 25%; GC 13%; ML 13%; CL 13%	0	28	0,3
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	13,25	17,38	23,7	80	35,5	12,6	ML 42%; CL 37%; MH 19%	8	26	0,25
SM	ARENA	14,6	16,95	9,1	34	0	0	SM 54%; SM-SP 11%; SP 11%; SC 7%; ML 7%; GM-GP 4%	5	30	0,3
GP-S s	GRAVA	19	20	3,8	0	0	0	GP 76%; GW 9%	15	34	0,3
GP-S f	GRAVA	21	22	3,3	0	0	0	GP 81%; GM-GP 8%; GW 4%; GM 4%	32	39	0,3

**Tabla 60: Parámetros geotécnicos propuestos para el cálculo.**

Unidad (síntesis)	geotécnica	Vp (m/s)	Vs (m/s)	G <sub>MAX</sub> (MPa)	E <sub>max</sub> (MPa)	Módulo de Young estático E (MPa)	Módulo de rigidez o de cortante estático G (Mpa)	Módulo de deformación en extensión (para subsidenc.) E (MPa)	Coficiente de balasto vertical estático para el cálculo de losas $k_{v,30}$ (Kp/cm <sup>3</sup> )*	Coficiente de balasto horizontal estático para el cálculo de pantallas kh (KN/m <sup>3</sup> )
R	RELLENOS	300	200	67	174	17	7	35	1	-
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	450 (350-1100)	260 (200-600)	70	181	23	9	45	3,5	10.000
SM	ARENA	400	200	68	176	35	14	71	4	12.000
GP-S s	GRAVA	750 (300-1100)	400 (150-650)	80	208	42	16	83	8	12.500
GP-S f	GRAVA	1500 (1000-2200)	750 (400-1050)	352	915	183	70	366	11	55.000
D	SUSTRATO ROCOSO	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla 61: Parámetros geotécnicos propuestos para el cálculo.**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 5.5 GEOTECNIA DE LOS PATIOS DE MANIOBRAS

En los siguientes apartados se recogen las condiciones geotécnicas de cimentación de las estructuras de los patios de maniobras y talleres de Santa Anita y Bocanegra. Asimismo, se proporcionan los parámetros geotécnicos para el diseño de las cimentaciones, así como su justificación de cálculo.

#### 5.5.1 Reconocimientos geotécnicos disponibles

La campaña geotécnica ejecutada por Proinversión para la definición de las condiciones geotécnicas de cimentación del Patio de Maniobras de Santa Anita se recoge en el informe: "Estudios de ingeniería complementarios: Topografía y Geodesia, Geología y Geotecnia y Tráfico y análisis de desvíos del Proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambeta del Metro de Lima y Callao. ETAPA 1A. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA PATIO DE MANIOBRAS. INFORME N°03", redactado por GEODATA en Noviembre de 2013.

Los reconocimientos geotécnicos disponibles en el Patio de Maniobras de Santa Anita son los siguientes:

- 10 calicatas manuales de 3,0 m de profundidad (denominados Poz 1 a Poz 10), con la ejecución de:
  - o 10 ensayos de granulometría global (1 ensayo por calicata)
  - o 10 ensayos de densidad de campo con el método del balón (1 ensayo por calicata)
- 3 ensayos MASW (PS-1, PS-2 y PS-3)
- 3 perfiles de refracción sísmica (LS-01, LS-02 y LS-03)
- 2 ensayos de placa de carga (recopilado del informe anterior I03-INV GEO-PC-005-001)

Por otra parte, para el Patio de Maniobras de Bocanegra se considerarán como referentes los siguientes reconocimientos geotécnicos, ejecutados en la campaña geotécnica complementaria llevada a cabo por el CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA y situados en el entorno del patio de manobras de Bocanegra, pero no estrictamente en el propio patio de maniobras:

- 1 sondeo a rotación S-2 L-4 de 31 m de longitud
- 1 ensayo MASW (MASW-1 L-4)
- 1 perfil sísmico (PS-1 L-4)

#### 5.5.2 Condiciones de cimentación

##### 5.5.2.1 Perfil geotécnico del terreno

De la investigación del terreno realizada se establece el siguiente perfil estratigráfico simplificado del terreno, válido para toda la zona de estudio (Patio de Maniobras Santa Anita):

- De 0.00 a 1.50 m: Limo de baja plasticidad, de color marrón, ligeramente húmeda, de consistencia medianamente dura.
- De 1.50 a 3.00 m: Gravas con arena y limo, de color marrón, ligeramente húmeda, de baja plasticidad, compactas. El tamaño máximo de grava oscila entre 7 y 10 pulgadas y el porcentaje mayor a 3" oscila entre 28 y 40%. Clasificación SUCS: generalmente GP y , en menor medida, GW o GM. Clasificación AASHTO: A-1-a. Plasticidad: No plástico.
- A partir de 3.00 m: Continúan las gravas con arena y limo registradas en el segundo nivel.
- Nivel freático: No detectado

En el Patio de Maniobras de Bocanegra, se establece el siguiente perfil estratigráfico del terreno en base a los reconocimientos geotécnicos disponibles (no situados en el propio patio):

- De 0.00 a 1.50 m: Suelo vegetal, relleno antrópicos y limos arcillosos de consistencia blanda. Suelos no aptos para la cimentación de estructuras.
- A partir de 1.50 m: Gravas mal gradadas en matriz arenosa / arcillosa de compacidad densa a muy densa.
- Nivel freático: a 9 m de profundidad desde la cota de terreno actual.

**0.1.1.1 Parámetros geotécnicos de diseño**

Para diferentes tipologías de cimentación se proporcionan los parámetros de terreno básicos para el dimensionamiento estructural de cimentaciones superficiales:

- Tipología de cimentación
- Cota de cimentación
- Tensión admisible del terreno

Para la determinación de la tensión admisible ( $q_{adm}$ ) del terreno se han realizado los siguientes cálculos, en coherencia con el numeral 3.5. de la norma peruana "NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN. E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES":

- Cálculo de la tensión admisible mediante la expresión empírica a partir del ensayo SPT para suelos granulares, recogida en el apartado 4.3.3 del Documento básico SE-C Cimientos del Código Técnico de la Edificación de España. La mencionada formulación empírica es válida para suelos granulares, superficies de terreno horizontales, asientos admisibles de hasta 25 mm y anchos de cimentación de hasta 5 m de ancho.

a) Para  $B^* < 1,2$  m

$$q_{adm} = 12N_{SPT} \left( 1 + \frac{D}{3B^*} \right) \left( \frac{S_t}{25} \right) \text{ kN/m}^2$$

b) Para  $B^* \geq 1,2$  m:

$$q_d = 8 N_{SPT} \left[ 1 + \frac{D}{3B^*} \right] \left( \frac{S_t}{25} \right) \left( \frac{B^* + 0,3}{B^*} \right)^2 \text{ kN/m}^2$$

siendo,

$S_t$  = asiento total admisible en mm

$N_{SPT}$  = Valor promedio de ensayos disponibles en la zona de influencia de la cimentación.

$D$  = profundidad del plano de cimentación

$B^*$  = ancho equivalente de cimentación, considerando excentricidades de la resultante de las acciones.

- Determinación del asiento esperable mediante un modelo elástico. Se emplean las expresiones analíticas que recoge el apartado 4.8.1. de la "Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera" editada por el Ministerio de Fomento de España. El asiento máximo admisible se establece en 25 mm.

a) Para cimentaciones rectangulares rígidas:

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



$$s = \frac{V(1-\nu^2)}{1,25 \cdot E \cdot \sqrt{B \cdot L}}$$

siendo:

s: asentamiento de la cimentación

V: carga vertical transmitida por la estructura

$\nu$ : módulo de Poisson

E: módulo de elasticidad

B, L: dimensiones de la zapata

b) Para cimentaciones rectangulares flexibles:

$$s = \frac{2}{\pi} R \frac{p(1-\nu^2)}{E}$$

siendo:

$$R = B \operatorname{argsh}\left(\frac{L}{B}\right) + L \operatorname{argsh}\left(\frac{B}{L}\right)$$

s: asentamiento de la cimentación

p: presión vertical transmitida por la estructura

$\nu$ : módulo de Poisson

E: módulo de elasticidad

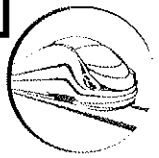
B, L: dimensiones de la zapata

A continuación se proporcionan las recomendaciones de cimentación de estructuras, válidas tanto para el patio de maniobras de Santa Anita como el de Bocanegra:

- Tipología de cimentación: Superficial
- Cota de cimentación: 1,5 m de profundidad respecto a la cota de terreno actual, correspondiente al nivel geotécnico de gravas (unidad geotécnica GP-S s).
- Cálculo de la tensión admisible mediante la expresión empírica a partir del ensayo SPT para suelos granulares ( apartado 4.3.3 del Documento básico SE-C Cimientos del Código Técnico de la Edificación de España):

Para su aplicación en cálculo, se establece un valor de  $N_{SPT}$  razonablemente conservador de 20.

Se obtienen tensiones admisibles del terreno de entre 0,31 y 0,20 MPa, según el ancho de cimentación considerado, para una profundidad del plano de cimentación de 1,5 m y un asiento esperable de 2,5 cm.



#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

000722

N <sub>SPT</sub>	Ancho B* (m)	Prof. (m)	D	s <sub>t</sub> (mm) Asiento	q <sub>adm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
20	0,50	1,50		25	3,1
20	1,00	1,50		25	3,1
20	1,50	1,50		25	3,0
20	2,00	1,50		25	2,6
20	2,50	1,50		25	2,4
20	3,00	1,50		25	2,3
20	4,00	1,50		25	2,1
20	5,00	1,50		25	2,0

- Determinación del asiento esperable mediante un modelo elástico ( apartado 4.8.1. de la "Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera" editada por el Ministerio de Fomento de España):

Los parámetros deformacionales del nivel geotécnico de apoyo de la cimentación empleados para el cálculo son:  $E=42$  MPa, correspondiente al valor establecido para la unidad geotécnica GP-S s, y  $\nu = 0,25$ .

En la siguiente tabla se muestran los cálculos de asentamiento esperable para diferentes dimensiones de cimentaciones:

Cálculo n°	B (m)	L (m)	D (m)	Axil (KN) (Carga neta)	$\nu$	Carga bruta (MPa) q	Módulo elástico (MPa) E	Coef. Poisson $\nu$	Asiento cim. Rígida s (cm)	Asiento cim. Flexible s (cm)	s máx (cm)
1	1	1	1,5	170		0,20	42	0,25	0,30	0,43	0,43
2	1	3	1,5	510		0,20	42	0,25	0,53	0,68	0,68
3	1	5	1,5	850		0,20	42	0,25	0,68	0,80	0,80
4	2	2	1,5	680		0,20	42	0,25	0,61	0,85	0,85
5	2	3	1,5	1.020		0,20	42	0,25	0,74	1,03	1,03
6	2	5	1,5	1.700		0,20	42	0,25	0,96	1,27	1,27
7	3	3	1,5	1.530		0,20	42	0,25	0,91	1,28	1,28
8	3	5	1,5	2.550		0,20	42	0,25	1,18	1,62	1,62
9	5	5	1,5	4.250		0,20	42	0,25	1,52	2,13	2,13

El asentamiento elástico esperable, para una transmisión de tensión bruta al terreno de 0,2 MPa y cota de cimentación 1,5 m, varía entre 0,43 y 2,13 cm. Por tanto, se considera dentro del rango admisible.

- Tensión admisible del terreno para su empleo en el diseño estructural de cimentaciones:  
Se establece un valor genérico de tensión admisible del terreno de 0,2 MPa para anchos de cimentación de hasta 5 m y plano de cimentación de hasta 25 m<sup>2</sup>.



**6 CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE TUNELADORA** 000723

En el presente apartado se realiza una exposición de los criterios geotécnicos para la selección del tipo de tuneladora más adecuado, las condiciones hidrogeológicas del tramo en estudio y las recomendaciones correspondientes.

**6.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS TUNELADORAS PARA SUELOS**

Como es conocido los escudos de presión de tierras mantienen el frente estable aplicando presión al material excavado en la cámara a través de una mampara de acero. El material es desalojado de la cámara de excavación mediante un tornillo de Arquímedes. El campo general de aplicación de estas máquinas es el de los suelos cohesivos, si bien a aplicación de polímeros o incluso finos ha permitido ampliar cada vez más su rango de aplicación.

Por el contrario, los hidroescudos estabilizan el frente mediante lodos bentoníticos sometidos a presión mediante aire comprimido. De modo general su aplicación se limitaría a los suelos granulares fundamentalmente por la dificultad de separación del lodo de un eventual material fino perforado. No obstante son los equipos que permiten un control más preciso de la presión en el frente.

En la **Tabla 62** se resumen ventajas e inconvenientes de ambos tipos de equipos según los diferentes criterios de selección habituales.

Criterio	Escudos de presión de tierras (E.P.B.)	Escudos de presión de lodo
Control de asientos	Menos preciso, la ley de presión aplicada puede presentar fluctuaciones y no se consigue la linealidad	Muy preciso, es posible definir una distribución líneas de la presión aplicada
Bolos	Mayor desgaste de cortadores, el torquillo puede bloquearse	Menos desgaste en cortadores de disco, se puede incorporar una trituradora
Frente mixto suelo/roca	Mayor riesgo de inestabilidad y desgaste	Mejor control de la presión en el frente y del desgaste
Alto contenido de finos	Ideal para suelos con alto contenido en finos	Gran esfuerzo de separación, riesgo de clogging
Suelos gruesos con carga de agua	Más desgaste, aire comprimido sin medidas adicionales no posible	Mejor control del frente, menos desgaste, intervenciones con aire comprimido más sencillas
Materiales muy abrasivos	Mayor desgaste	Menor desgaste
Accesibilidad al frente en condiciones adversas	Mayor tiempo de preparación, más complicadas las actuaciones con aire comprimido, mayor temperatura debida a la fricción	Vaciado más rápido de la cámara, actuaciones con aire comprimido más sencillas, baja temperatura
Control del frente durante periodos prolongados	Segregación de la espuma y el suelo en la cámara de excavación	Aplicación de la presión de manera continua e ininterrumpida
Suelo con gases	Posible exposición	No hay exposición
Suelo contaminado	Hay exposición, pero el volumen de lodo para tratamiento es menor	No hay exposición, mayor cantidad de lodo para tratamiento especial
Vertido/acopio del lodo	Es posible el vertido directo, menor coste	No es posible el vertido directo, mayor coste
Complejidad de instalación	Menos complejidad	Más complejo
Complejidad de las operaciones	Más complejo cuando el acondicionamiento del frente ha de ser más sofisticado y para controlar la presión en el frente	Menos complejo en condiciones estándar de trabajo pero se complica cuando se requieren circuitos de lodos adicionales
Ocupación de las instalaciones	Menor	Mayor por las dimensiones de la planta de separación
Capital a invertir	Mayor	Menor

**Tabla 62: Ventajas e inconvenientes de los Hidroescudos y equipos E.P.B. ITA-AITES WTC 2007.**



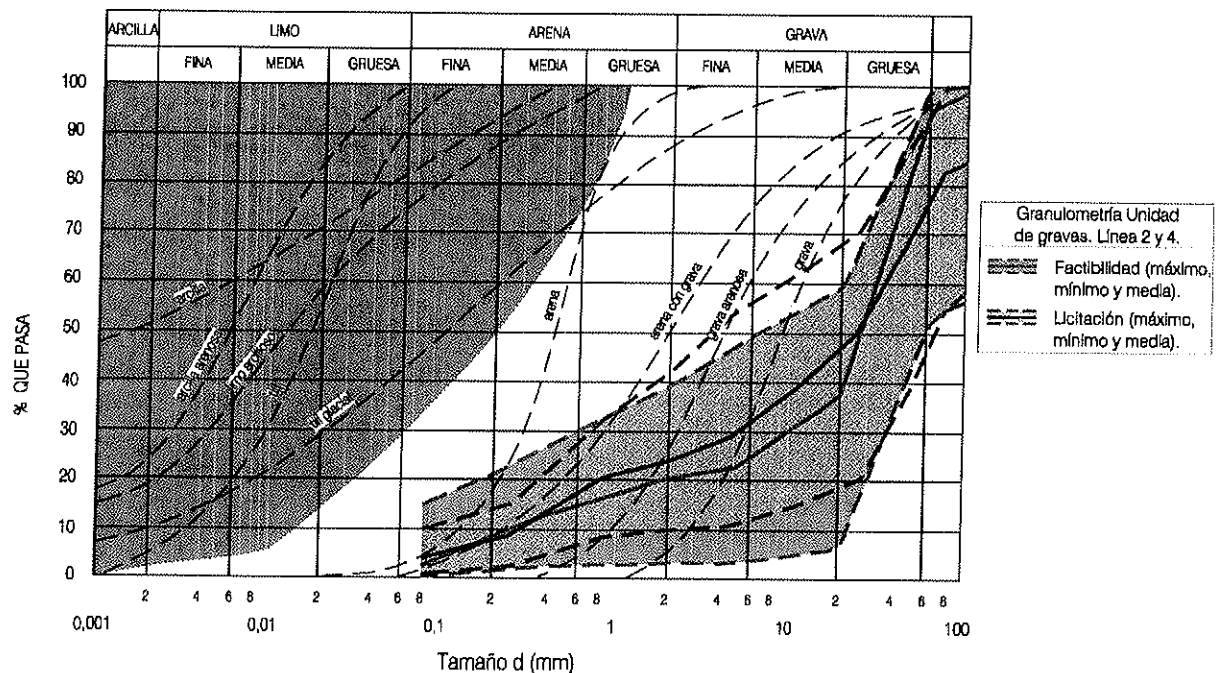
A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

El primer criterio de decisión es la granulometría de los materiales a perforar, que de modo general ya se ha comentado anteriormente. En la siguiente **Tabla 63** se recogen recomendaciones en base a la descripción general de los materiales.

Tipo de máquina		E.P.B.		Slurry	
Suelo	N S.P.T.	Sin aditivos	Con aditivos		
Aluvial cohesivo	Limo y arcilla	0-2	Sí	Sí	Sí
	Arena limosa y arena arcillosa	0-5	Sí	Sí	Sí
	Marga y arcilla	5-10	Sí	Sí	Sí
Pleistoceno cohesivo	Arena margosa, arcilla	10-20	No	Sí	Sí
	Arena margosa, arcilla	15-25	No	Sí	Sí
	Arena arenosa	>25	No	Sí	Sí
Suelos arenosos	Arena y arcilla limosa	10-15	Sí	Sí	Sí
	Arena suelta	10-30	No	Sí	Sí
	Arena consolidada	>30	No	Sí	Sí
	Grava suelta	10-40	No	Sí	Sí
Gravas con bolos	Grava consolidada	>40	No	Sí	Sí
	Grava con bolos	-	No	Sí	No
	Cantos, bolos y gravas	-	No	No	No

**Tabla 63: Criterios para selección de sistema de excavación. Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (1996).**

Por su parte, las **Figuras 40 y 41** se muestran los rangos de aplicación en función del huso granulométrico comúnmente considerados y propuestos por el fabricante Herrenknecht.



**Figura 40: Zona óptima de utilización de las EPB según Herrenknecht.**



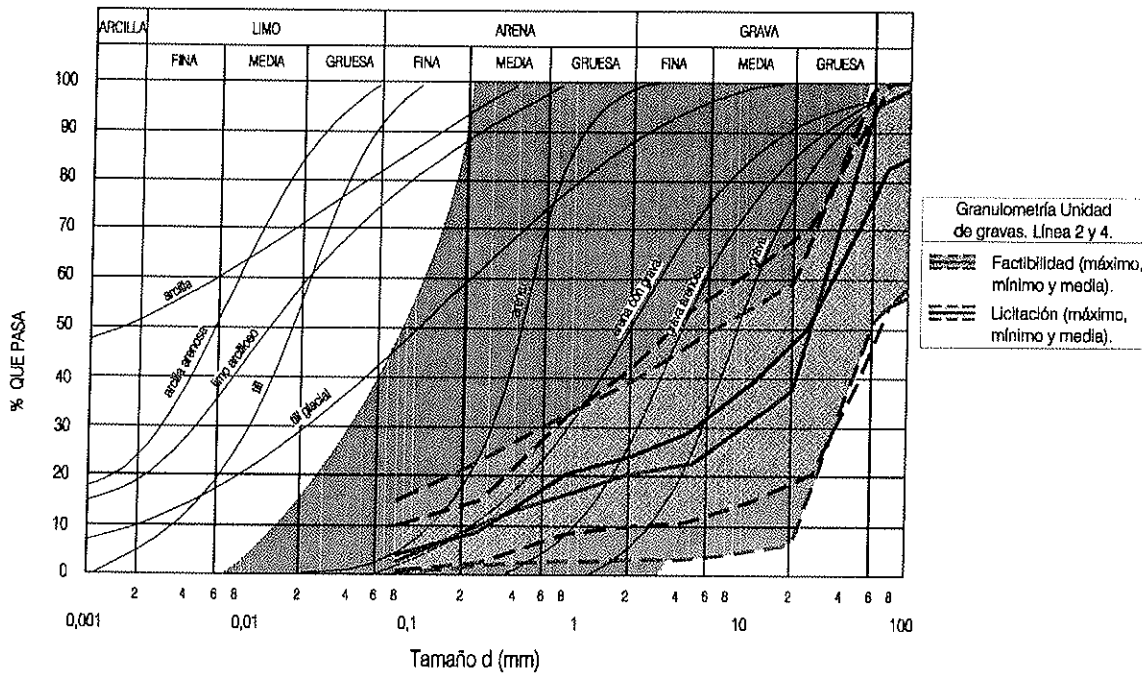


Figura 41: Zona óptima de utilización de los hidroescudos según Herrenknecht.

Tal y como se observa, las gravas de Lima quedarían, a priori, en el límite del campo de aplicación de los E.P.B. a pesar de que el progreso en el tratamiento del frente ha permitido en los años recientes ampliar el rango de aplicación de estos equipos casi hasta el de los hidroescudos tal y como se recoge en la **Figura 42**.

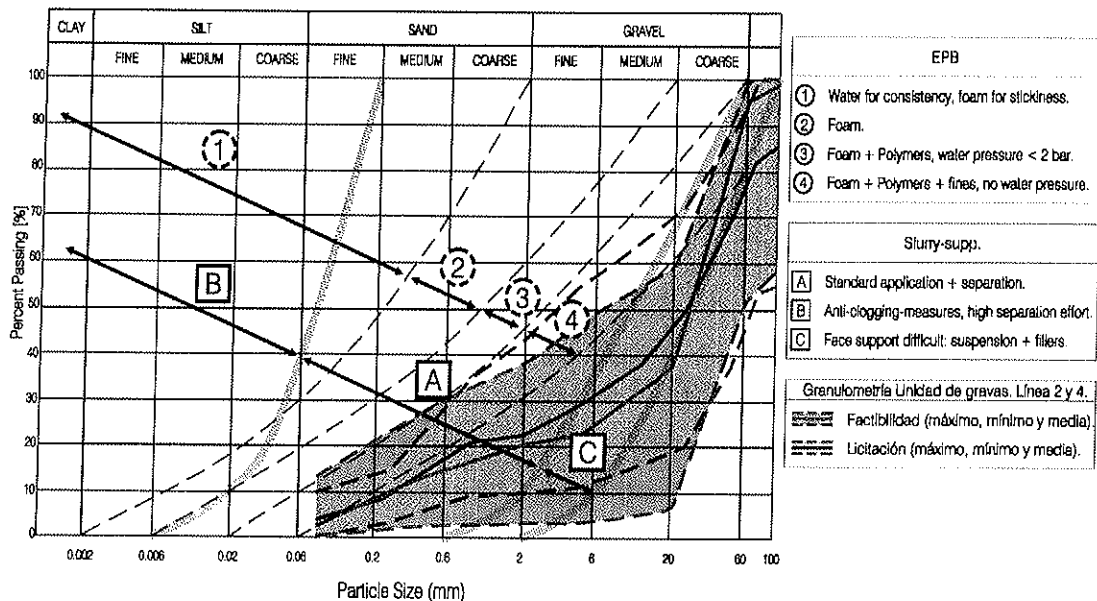
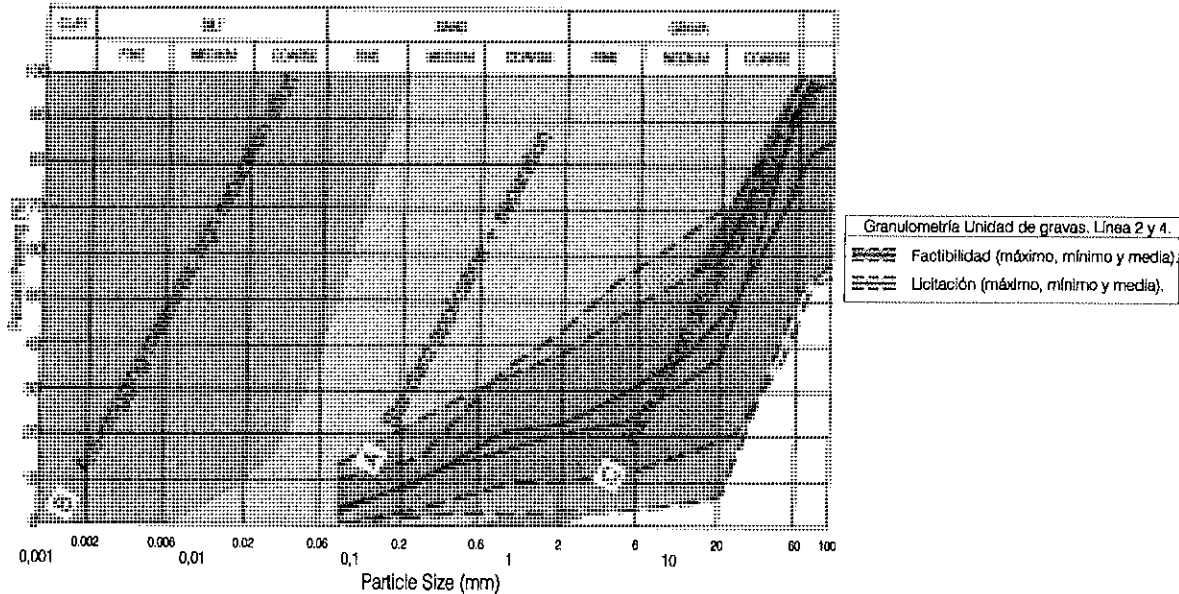


Figura 42: Rangos de aplicación de equipos según Thewes, ITA WTC Praga 2007.

Puede comprobarse, adicionalmente que las gravas de Lima presentan tamaños importantes que dejarían a los hidroescudos parcialmente en el límite de su rango de aplicación.

Atendiendo a las recomendaciones de Thewes específicas para hidroescudos resumidas en la **Figura 43**, las gravas de Lima quedarían, en principio, en el límite de aplicación de los hidroescudos atendiendo al huso medio granulométrico, e incluso fuera atendiendo al rango granulométrico global. En cualquier caso, al tratarse de materiales muy gruesos, se requeriría del empleo de fillers para taponar los importantes poros existentes en el material, así como el empleo de bentonitas de alta densidad.



**Figura 43: Rango de aplicación de hidroescudos (Thewes, 2007).**

Otro aspecto, el de la macrogranulometría, resulta fundamental para ambos tipos de máquinas. En el caso de los hidroescudos por la incidencia en la permeabilidad y el tamaño de bolo o fragmento para el eficaz funcionamiento de la machacadora. En el caso de los escudos de presión de tierras, existe una limitación del tamaño máximo que puede circular por el tornillo sin fin que, de no ser asumible, deberá llevar a la toma de medidas como la instalación de grillbars en las aberturas de la cabeza de corte.

Como se ha mencionado anteriormente, los tamaños máximos de bolo que se esperan con cierta frecuencia en la obra son de 35 cm, o incluso 40 cm. Bloques mayores resultan posibles pero, realmente, poco frecuentes. El número de partículas de tamaño superior a 20 cm será elevado tal y como se ha explicado anteriormente en el apartado 4.5.1.

De igual modo, es necesario para evaluar la eficacia de los lodos (o cualquier otro tratamiento) a aplicar en el frente, evaluar con precisión la permeabilidad de los materiales. De acuerdo con los resultados de la campaña geotécnica, las permeabilidades obtenidas no hacen esperar penetraciones excesivas de eventuales lodos bentoníticos en el frente.

Indicar, adicionalmente, que los escasos finos presentes en las gravas de Lima son no plásticos o de muy baja plasticidad por lo que no son de esperar problemas de 'clogging'. En cualquier caso la fracción fina, como se ha podido ver, resulta muy limitada.



000727

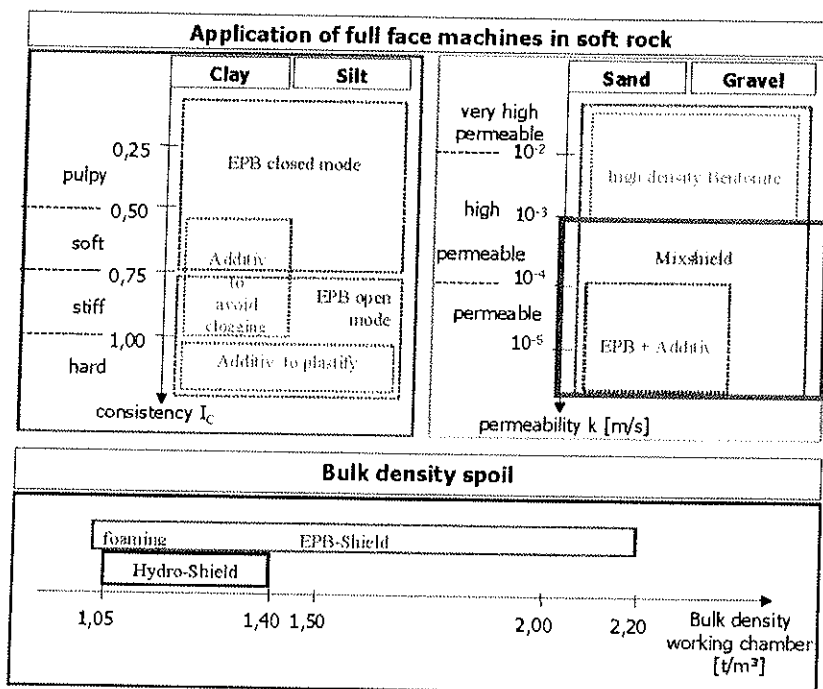


Figura 44: Criterios de selección de tuneladoras. Permeabilidad y plasticidad. Herrenknecht.

## 6.2 POSIBLES CONDICIONES DE FRENTE MIXTO Y PRESENCIA DE AGUA

Eventuales condiciones de frente mixto quedan descartadas de acuerdo con la campaña geotécnica llevada a cabo. Estas sólo serían esperables en el sector que está previsto ejecutar con medios convencionales.

Respecto a la presencia de agua, ésta estará presente en prácticamente toda la longitud de Línea 4 y, en Línea 2, desde el Callao hasta la estación de Carmen de La Legua. El sector previsto perforar mediante tuneladora comprendido (L2) entre Carmen de La Legua en adelante no presentará afección por presencia del nivel freático.

## 6.3 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD EN EL FRENTE

### 6.3.1 Introducción

La construcción de los túneles de las Líneas 2 y 4 del Metro de Lima está prevista mediante dos procedimientos constructivos: método secuencial y mediante el empleo de una tuneladora, cuya tipología se engloba dentro de dos tipos de escudos, los tipo EPBS (Earth Pressure Balanced Shield) y los hidroescudos con presión de lodos (Bentonite Slurry Shields). El manejo de este tipo de tuneladoras es complejo ya que, al contrarrestar la presión exterior mediante la que se ejerce en la cámara, es importante estudiar con precisión el valor de dicha presión (ya que, como se verá, tanto un exceso como un defecto de ésta pueden tener un efecto desestabilizador) en función de las características de los materiales existentes.

La presurización del frente es necesaria en terrenos inestables y/o situados bajo el nivel freático, siendo sus objetivos principales el sostener el frente y minimizar las deformaciones en superficie. Para ello es necesario, en ocasiones, sostener suelos blandos y no (o muy poco) cohesivos desde el momento en que se excavan hasta que se instala el revestimiento final. Si existe, como es el caso, nivel freático, es, además, necesario impedir un flujo hacia el túnel ya que, no solamente tendría un efecto erosivo en el frente, sino que también produciría asientos

en el entorno, al rebajar el nivel freático. Por ello, y salvo casos particulares, la presión de trabajo debe de ser, como mínimo, igual a la carga de agua. 008728

En este documento se desarrollan las metodologías empleadas y los resultados obtenidos al analizar la presión requerida en el frente de la tuneladora de cara a garantizar la estabilidad del mismo. Se han analizado las situaciones más críticas tanto para la Línea 2 como para la Línea 4, empleándose dos métodos para cada una de ellas en base al tipo de máquina tuneladora que se utilice :

- Horn & Terzaghi y G. Anagnostou & K. Kovari para el caso de hidroescudo con presión de lodos.
- S.Kanayasu y G. Anagnostou & K. Kovari para el caso de máquina tipo EPB.

### 6.3.2 Caso de hidroescudos con presión de lodos.

En este apartado se explica la metodología empleada para la estimación de la presión necesaria en el frente para el caso de hidroescudos que emplean lodos bentoníticos. El hidroescudo es el tipo de máquina escudada con aplicación de presión en el frente con el control en la aplicación de dicha presión más preciso.

Este tipo de máquina se suele emplear cuando se perfora en suelos inestables por debajo del nivel freático y hay unos condicionantes importantes en cuanto a control de asientos en superficie, como puede ser nuestro caso, al realizarse las excavaciones en un medio urbano.

La totalidad del área del frente del túnel es excavada por medio de la rueda de corte, la cual gira en la cámara de excavación rellena con una suspensión de bentonita. El material excavado es mezclado con la suspensión y expulsado fuera del circuito a través del circuito de lodos, según se puede ver en la **Figura 45**.

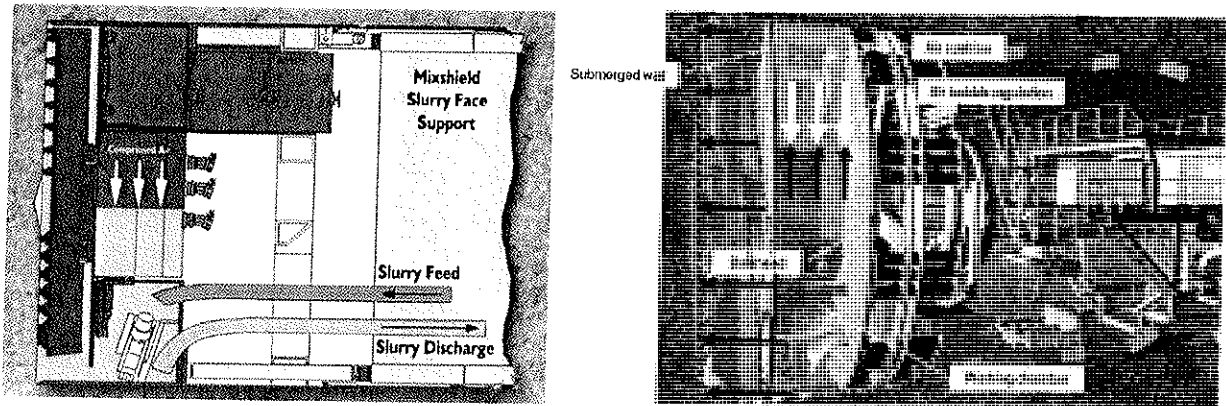



Figura 45: Elementos básicos de un hidroescudo de lodos bentoníticos (M.Thewes)

El área presurizada situada enfrente de la cabeza de corte se compartimenta por medio de una mampara sumergida en la cámara de trabajo y en la cámara de excavación, donde está situada la rueda de corte. La continuidad en la presión entre las dos cámaras se asegura por medio de una abertura situada en la parte inferior de la mampara. Mientras que la cámara de excavación está completamente llena de una suspensión de bentonita, el nivel de la suspensión detrás de la mampara sumergida se mantiene un poco por encima del eje de la máquina. Las suspensiones de bentonita se preparan normalmente con una dispersión del 4 al 7% de bentonita en agua.

Durante las operaciones regulares de la máquina, la presión de lodos en el frente del túnel en la cámara de excavación se controla mediante la presión de aire en la parte superior de la cámara de trabajo. Fluctuaciones de volumen en el circuito de lodos son de este modo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 

fácilmente compensadas sin cambios significativos en la presión del frente. Esta presión del frente del túnel tiene que contrarrestar la presión de tierras y la presión de agua del frente, según se puede ver en el esquema de la **Figura 46**.

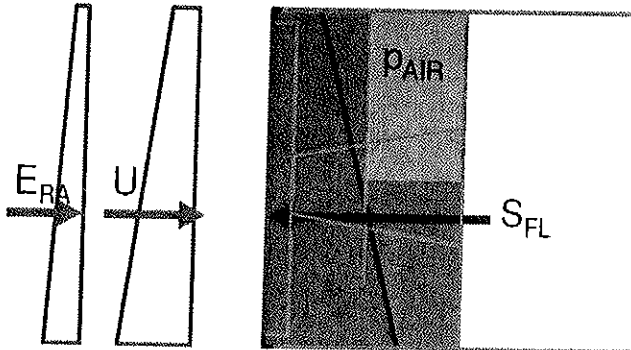


Figura 46: Esquema de funcionamiento de la presión en el frente para el caso de un hidroescudo con presión de lodos.

### 6.3.2.1 Metodología de cálculo

#### 6.3.2.1.1 CRITERIO DE ROTURA DE HORN & TERZAGHI

Para los cálculos de presiones en el frente hay que considerar dos criterios de estado límite, los cuales representan una cota superior e inferior, definiendo de este modo el rango de aplicación de la presión durante la ejecución del túnel, utilizándose una comprendida en este rango, dependiendo del nivel de asentamientos que se quiera asumir.

Aunque, en teoría, es posible trabajar dentro del rango definido por estos valores máximos y mínimos, es evidente que el valor máximo producirá menores asentamientos pero mayor desgaste de la máquina y una severa caída de rendimientos, por lo que deben de tenerse en cuenta ambos factores a la hora de tomar una elección. Así, si no existen en superficie edificaciones, es evidente que se tendrá interés en trabajar con la mínima presión posible.

Si el lugar donde tienen lugar las obras es un medio urbano con especial susceptibilidad al desarrollo de asentamientos, como es nuestro caso, la presión aplicada debería mantenerse por encima del valor medio de este rango, ya que durante las obras se pueden producir variaciones en la presión aplicada en el orden de +0,2 bar, debido a variaciones en la bentonita de la cámara de trabajo, fallos humanos y regulación del sistema de control de la presión de aire.

El límite superior, que representa la máxima presión aplicable, se calcula de cara a tener un cierto margen de seguridad frente a la rotura del terreno que pudiera ocasionar una pérdida de presión del fluido a la superficie y una pérdida de la capacidad del sostenimiento, fenómeno que se conoce como "blow up".

El límite inferior, que representa la mínima presión aplicable para evitar inestabilidades en el frente se calcula mediante el método cinemático de Horn en combinación con la teoría de Terzaghi, la cual sirve para determinar la carga que llega a la cuña que desliza enfrente de la máquina. La siguiente **Figura 47** refleja los elementos más importantes de este modelo de presión en el frente.

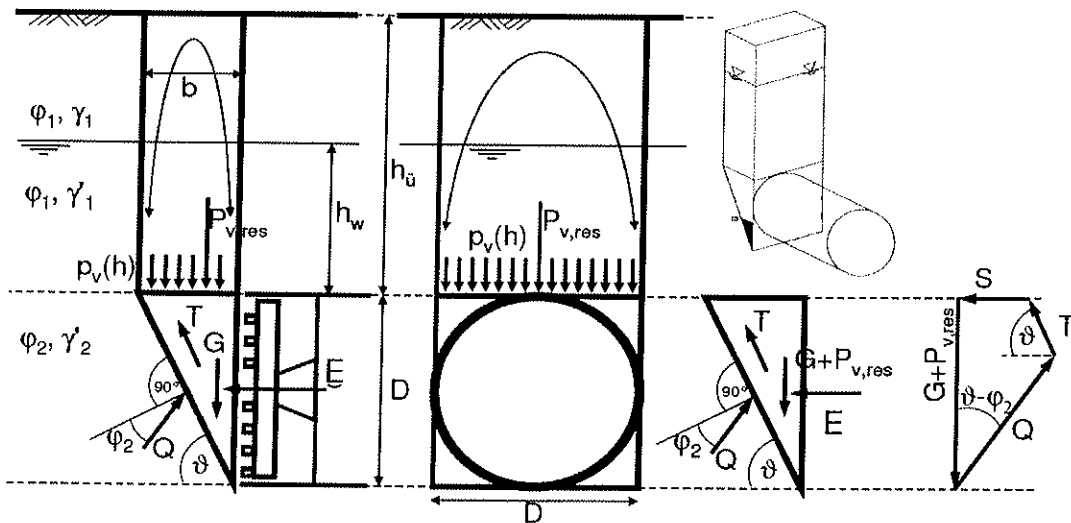


Figura 47: Modelo aplicado para la estimación de la presión necesaria en el frente.

Este método asume que la cuña existente en el frente del túnel desliza a través de un plano inclinado (un ángulo  $\theta$ ) conduciendo a un estado límite activo. La base de este método es el criterio de rotura de Mohr Coulomb, el cual describe el estado límite cuando el plano de rotura empieza a desarrollarse. Las fuerzas tangenciales de contacto con el terreno en los laterales de la cuña (T) se oponen al movimiento de la cuña y por tanto ayudan a reducir la presión necesaria en el frente del túnel.

De acuerdo con Terzaghi, las tensiones verticales efectivas,  $p_v(h)$ , debidas a las cargas en superficie y a la carga del terreno por encima de la clave deben reducirse cuando la cobertura sobre clave supere el doble del diámetro de excavación, es decir, cuando  $h_u > 2xD$ . Esto se fundamenta en la hipótesis de que en el caso de una altura de terreno considerable, el efecto arco se desarrollará por encima de la clave del túnel, reduciendo por tanto la carga transmitida a la cuña.

Para encontrar la máxima presión en el frente necesaria, el ángulo de deslizamiento de la cuña se deberá ir variando en un proceso iterativo de sucesivos cálculos. De las ecuaciones resultantes de la condición de equilibrio de la cuña se puede calcular el empuje de tierras (E).

La estabilidad global del frente se verificará cuando la suma de las cargas debidas al empuje de tierras (E) y a la presión de agua (W) individualmente multiplicadas por sus respectivos factores de seguridad parciales sea menor que la presión aplicada en el frente.

$$S_{total} = (\eta_e \cdot E + \eta_w \cdot W)$$

Durante las labores de ejecución del túnel, no se monitoriza la presión en el frente de la máquina a partir de la fuerza total a aplicar sino a partir de la presión existente en la clave del frente del mismo, donde normalmente se suele instalar un sensor de presión. El valor a controlar de la presión en la clave viene definido por:

$$s_{crown} = \frac{S_{total}}{\pi \cdot D^2 / 4} - \gamma_b \cdot \frac{D}{2}$$

donde  $\gamma_b$  es la densidad de la suspensión de bentonita.

El límite superior en la presión se calcula por medio de la seguridad requerida frente a la rotura del terreno situado por delante del escudo, fenómeno que se conoce como "blow up". Esta simple comprobación se hace en base al factor de seguridad requerido en el equilibrio entre la tensión total existente en la clave del túnel frente a esta presión límite.

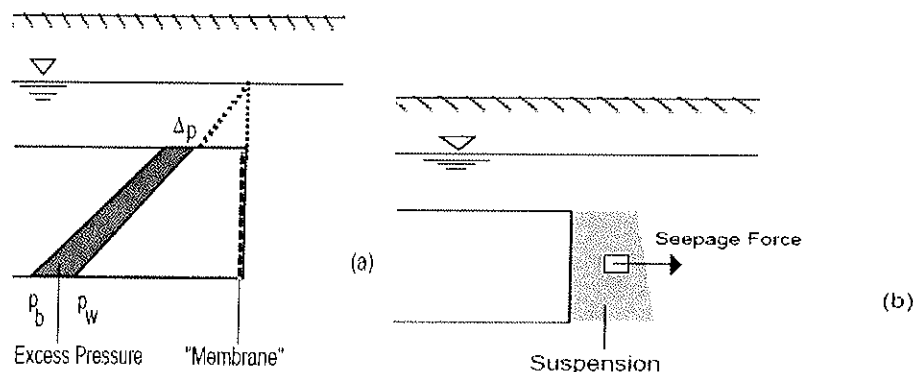
$$\eta_b \geq \frac{\sigma_z + w}{P_{max.slurry}}, \text{ with } \eta_b \geq 1.1 \text{ to } 1.2$$

6.3.2.1.2 CRITERIO DE ROTURA DE G. ANAGNOSTOU & K. KOVÁRI (1997)

Para prevenir el flujo hacia la excavación, la presión del lodo bentonítico  $p_b$  debe superar ( $\square p$ ) la presión o carga de agua en el terreno  $p_w$ . La (sobre)presión en la cámara no será constante sino que variará desde un mínimo en clave hasta un valor máximo en la base de la cámara de excavación dado que la densidad del lodo es superior a la del agua.

Como es sabido, la capacidad de estabilización del lodo dependerá del grado de penetración en el terreno, resultando máximo cuando esta penetración es mínima. En el caso de que esta penetración sea mínima el lodo aplicará en el frente una presión que seguirá prácticamente una ley hidrostática, favorecida por la formación de una membrana impermeable en el frente.

Para el caso de comportamiento del frente tipo 'membrana', los autores llevaron a cabo diversas modelizaciones, considerando distintos tipos de terreno, cargas de agua y monteras. Los resultados de estos cálculos se muestran en la **Figura 48**.



**Figura 48: Efecto estabilizados del lodo para los casos de no penetración (a) en el terreno y con penetración (b) en el terreno (Agnanostou&Kovari, 1997).**

De las comprobaciones de estos autores puede deducirse que para un material granular suficientemente denso, sin cohesión, con una permeabilidad o granulometría que permitiera la formación de un cake con penetración mínima en el frente, la presión requerida en la cámara para garantizar un factor de seguridad de uno (FS=1) bastaría con que fuera la hidrostática más una sobrepresión de, aproximadamente, 20 kPa; con independencia de la montera existente sobre el túnel.

Es decir, bastaría con  $p_b = p_w + 20 \text{ kPa}$

Por otro lado, los mismos autores estudiaron la influencia de la caída de la efectividad de la presión aplicada en el frente por la penetración del lodo bentonítico.

Tal y como se demuestra con la **Figura 49**, las condiciones tipo 'membrana' pueden quedar aseguradas para valores de  $d_{10}$  inferiores a 0,6 mm; lo cual a priori se garantizaría en la grava de Lima.

6.3.3 Caso de tuneladoras tipo EPB.

Una estimación de los límites de las presiones del sostenimiento puede deducirse a partir de experiencias reales. Los valores así obtenidos no dan exactamente los valores máximos y mínimos de las presiones de sostenimiento pero sí pueden proporcionar una presión de trabajo razonable.

000732

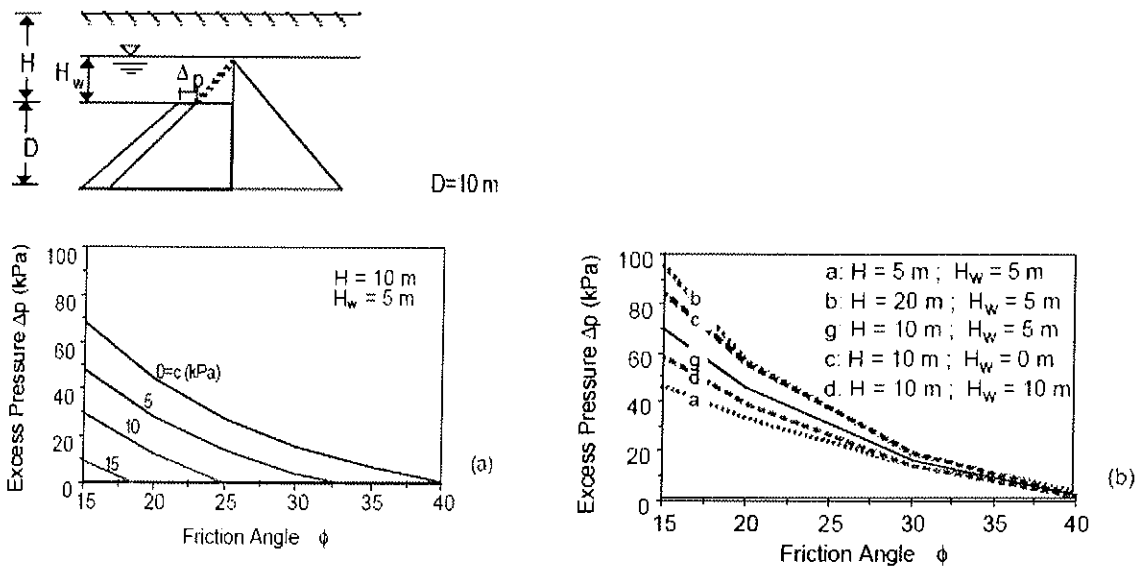


Figura 49: Condiciones de equilibrio límite (FS=1) para el modelo 'membrana' (Agnanostou&Kovari, 1997).

Hay que tener en cuenta también que existe una tendencia a trabajar con una presión lo más baja posible con objeto de minimizar la fricción y el desgaste de las herramientas, así como de aumentar la velocidad de excavación. Por este motivo, se tiende a dar valores próximos de los mínimos, aún siendo conscientes de que esta práctica lleva aparejada una mayor producción de asientos y un incremento del riesgo de colapso. Un valor muy utilizado es:

$$P'_{min} \text{ (kPa)} = K_a \cdot p'_v + p_w + 20$$

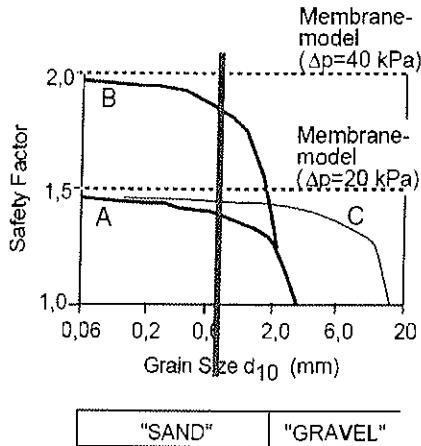


Figura 50: Variación del factor de seguridad en función del tamaño  $d_{10}$  ( $\phi = 37.5^\circ$ ; Curva A:  $\Delta p = 20$  kPa, 4% bentonita; Curva B:  $\Delta p = 40$  kPa, 4% bentonita; Curva C:  $\Delta p = 20$  kPa, 7% bentonita). En rojo  $d_{10}$  de la grava de Lima.

donde:

- $K_a$ : coeficiente de empuje activo.
- $p'_v$ : presión efectiva vertical
- $p_w$ : presión intersticial, debida a la carga de agua

### 6.3.3.1 Metodología de cálculo

000733

#### 6.3.3.1.1 ESTIMACIÓN S. KANAYASU, TOKIO METROPOLITAN SUBWAY Y YAMAMOTO

Este método de estimación fue presentado en el Symposium "Underground Construction in Soft Ground" celebrado en New Delhi en enero de 1994. El autor indica que, en general, la presión ideal en el frente del túnel es la que no afecta el estado tensional del terreno, es decir, en teoría esta presión ideal debería ser muy próxima a la del estado tensional del terreno en reposo (incluyendo, naturalmente, la presión debida al agua). Los métodos prácticos o empíricos más utilizados en Japón, según el autor, estiman la presión de trabajo de la tuneladora de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

#### A. Para el caso de suelos cohesivos

La presión de trabajo en el frente ( $P_T$ ) debe ser mayor que la correspondiente al empuje activo ( $P_a$ ) más la presión intersticial ( $P_w$ ) y menor que la correspondiente al empuje al reposo ( $P_0$ ) más la presión intersticial.

$$P_a + P_w \leq P_T \leq P_0 + P_w$$

#### B. Para el caso de suelos no cohesivos

La presión de trabajo en el frente ( $P_T$ ) debe ser mayor que la correspondiente al empuje activo ( $P_a$ ) más la presión intersticial ( $P_w$ ). El material presente en el frente de excavación para el caso del Metro de Lima se correspondería con esta formulación.

$$P_a + P_w \leq P_T$$

De aquí parece deducirse que el valor de la presión de trabajo debe de estar comprendida entre la presión horizontal al nivel del eje utilizando el empuje al reposo (límite máximo) y la misma magnitud utilizando el empuje activo (límite mínimo).

#### 6.3.3.1.2 CRITERIO DE ROTURA DE G. ANAGNOSTOU Y K. KOVÁRI (1997)

Anagnostou y Kovári (1997), basándose en los modelos de equilibrio límite, desarrollaron modelos computacionales que proporcionan un marco útil para cuantificar los mecanismos de colapso del frente del túnel en suelos no cohesivos situados bajo el nivel freático. Simplificadamente, este método considera que la superficie de rotura corresponde a una cuña inferior de altura el diámetro del túnel y desde la clave del túnel a la superficie se supone un prisma de colapso vertical, tal y como se recoge en la **Figura 51**, mostrada a continuación.

Anagnostou y Kovári establecieron el equilibrio límite entre las diferentes fuerzas aplicadas, para distintas inclinaciones de la cara de la cuña con el plano vertical ( $\omega$ ). De este modo se obtiene el ángulo crítico de la cuña de rotura, determinado iterativamente, a base de maximizar la presión en el frente o reduciendo el coeficiente de seguridad.

Si la carga piezométrica en el interior de la cámara ( $h_f$ ) es inferior a la carga piezométrica del terreno ( $h_0$ ), las fuerzas de filtración ( $f$ ) actuarán contra el túnel y pondrán en peligro la estabilidad del frente, según se puede ver en la **Figura 52**.

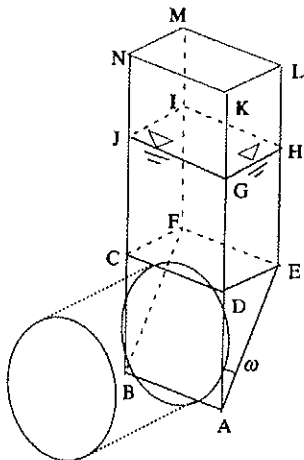


Figura 51: Esquema de colapso de Anagnostou y Kovári (tomado de Horn, 1961)

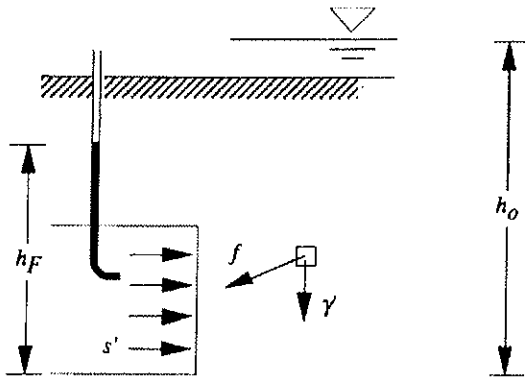


Figura 52: Esquema de esfuerzos en el frente de excavación.

Para determinar estas fuerzas de filtración ( $f$ ) se requiere un análisis numérico de flujo tridimensional. Los autores obtuvieron resultados como el mostrado en la **Figura 53**, proporcionando las isóneas piezométricas en un plano de simetría. La densidad creciente de las líneas potenciales en las cercanías del frente indica un incremento de las fuerzas de filtración.

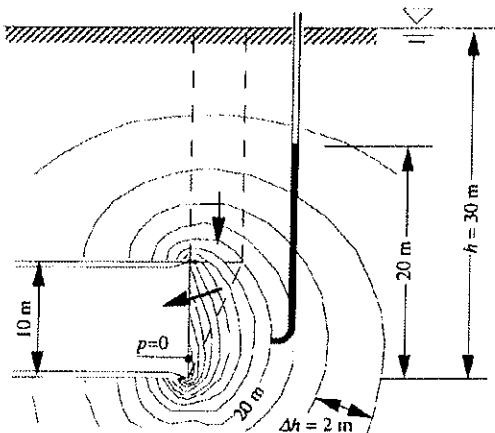


Figura 53: Cálculo de flujo en las proximidades del frente del túnel (Anagnostou y Kovári, 1997).



Tras el análisis de equilibrio límite aplicado a la superficie de colapso propuesta, Anagnostou y Kovári propusieron la siguiente expresión para el cálculo de la presión efectiva necesaria en la cámara para equilibrar el frente del túnel ( $s'$ ):

$$s' = F_0 \cdot \gamma' \cdot D - F_1 \cdot c + F_2 \cdot \gamma' \cdot \Delta h - F_3 \cdot c \cdot \frac{\Delta h}{D}$$

Donde,

$\gamma'$ : densidad sumergida del terreno

D: diámetro del túnel

c: cohesión

$\phi$ : ángulo de rozamiento interno del terreno

$\Delta h$ : diferencia entre la altura del nivel freático entre el frente del túnel ( $h_0$ ) y la altura piezométrica en la cámara ( $h_f$ ), de acuerdo con la Figura 50.

$F_0, F_1, F_2, F_3$ : coeficientes adimensionales que se obtienen a partir de los ábacos aportados por los autores tras un estudio paramétrico realizado por los mismos que se muestran en la **Figura 54**.

A las presiones efectivas que se deducen de la formulación anterior deben añadirse las presiones hidrostáticas del agua en el interior de la cámara, obteniendo de este modo la presión en el frente. Para la determinación de la presión en el frente, se han considerado distintas hipótesis de altura piezométrica en el interior de la cámara.

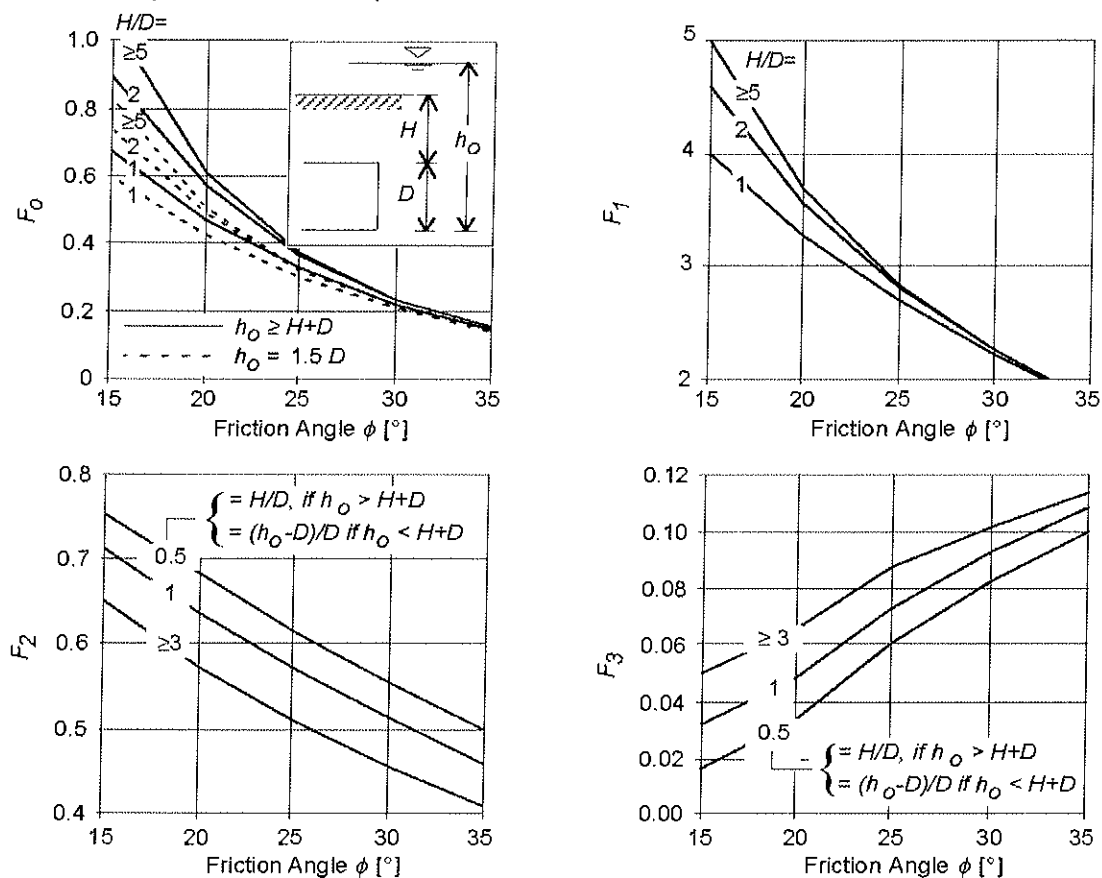


Figura 54: Ábacos para la estimación de los coeficientes  $F_0, F_1, F_2$  y  $F_3$ .

**6.3.4 Análisis de resultados**

Seguidamente, se presenta en la **Tabla 64**, la totalidad de los resultados obtenidos para las distintas secciones de cálculo analizadas y en base a las distintas metodologías propuestas en los puntos anteriores.

Como conclusión se recomienda la aplicación de una presión en CLAVE de 4 bares para el caso de la Línea 4 y de 1,5 bares para el caso de la Línea 2.

				Presión en la CLAVE (KPa)				
Línea 2				Hidroescudo	con	Tuneladora EPB		
P.K. de estudio	Material presente en el frente de excavación	Cobertera respecto a rasante (m)	Altura de la lámina de agua respecto a rasante (m)	Método de cálculo de Horn & Terzaghi	Método de cálculo de G. Anagnostou & K. Kovári	$K_a \cdot p'_v + p_w + 20$	Método de S.Kanayasu	Método de cálculo de G. Anagnostou & K. Kovári
0+450	GPS-s/GPS-f	18,19	16,09	150	110	145	125	70
2+100	GPS-f	19,83	12,61	135	75	126	106	55
6+150	GPS-f	25,33	0	-	-	111	91	40
12+575	GPS-f	27,05	0	-	-	120	100	40

				Presión en la CLAVE (KPa)				
Línea 4				Hidroescudo	con	Tuneladora EPB		
P.K. de estudio	Material presente en el frente de excavación	Cobertera respecto a rasante (m)	Altura de la lámina de agua respecto a rasante (m)	Método de cálculo de Horn & Terzaghi	Método de cálculo de G. Anagnostou & K. Kovári	$K_a \cdot p'_v + p_w + 20$	Método de S.Kanayasu	Método de cálculo de G. Anagnostou & K. Kovári
7+350	GPS-f	41,96	29,25	380	241	365	345	190

**Tabla 64: Resumen de los resultados obtenidos para las distintas metodologías aplicadas.**

**6.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En base a los resultados anteriormente expuestos se puede concluir:

- El tamaño máximo más representativo de la grava de Lima sería el de 35 cm, resultando las partículas de este tamaño bastante frecuentes y siendo superadas, en principio de forma excepcional u ocasional.
- Se trata de materiales de una alta abrasividad que obligarán a intensas labores de cambio de cortadores o de picas y supondrán también elevados desgastes del sinfín y, en general, de las piezas o conducciones en contacto con las gravas.
- Dada la granulometría de los materiales se deduce que el empleo de máquinas de tipo E.P.B. requerirá de un importante esfuerzo de acondicionamiento del material de la cámara de excavación. En condiciones con carga de agua el empleo de este tipo de máquinas deberá analizarse cuidadosamente.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 

- Los hidroescudos, obviando los problemas inherentes a la gestión de los lodos (separación, espacio para planta de tratamiento, etc), pueden ser quizá la opción más adecuada cuando exista presencia de carga de agua. Sin embargo la fracción más gruesa de la grava de Lima hace que, granulométricamente, estos materiales queden parcialmente fuera del umbral habitualmente aceptado en base a experiencias previas; por lo que debe ser analizado este aspecto de cara al coste que puede suponer en cuanto al tratamiento del material en la cámara.
- Respecto a la estabilidad del frente durante la excavación mediante tuneladora, se recomienda la aplicación de una presión en clave de 4 bares para el caso de la Línea 4 y de 1,5 bares para el caso de la Línea 2.
- La elección de método de excavación tradicional en el tramo comprendido entre Nicolás Arriola y Mercado Santa Anita (Tramo 5), responde a una mejor adecuación a los plazos de obra previstos para la puesta en servicio de la Primera Etapa A y cumple con las provisiones del Contrato de Concesión.
- Adicionalmente, dado que el trazado del túnel debe atravesar un macizo rocoso entre las progresivas 19+550 y 19+650 hace que la excavación por métodos convencionales resulte más adecuada en este tramo, al evitar riesgos por excesivo desgaste de las picas cabeza de corte de la tuneladora y riesgo de atrapamiento de la misma.
- En el tramo de túnel comprendido entre las estaciones de Nicolás Arriola y Evitamiento se ha constatado mediante la campaña geotécnica la presencia de un macizo rocoso entre las progresivas 18+250 y 18+630. Por esta razón se propone excavación mediante métodos convencionales también en este tramo, adyacente al tramo 5.
- Por lo que respecta al tramo 6, comprendido entre las estaciones Mercado Santa Anita y Municipalidad de Ate, estaba previsto la ejecución del mismo mediante TBM, a excepción del túnel terminal de Municipalidad de Ate, que se planteaba mediante métodos convencionales. Sin embargo, debido a los afloramientos de roca localizados en la proximidad de este tramo (PK 26+330 a 26+420), y pese a que no se ha detectado ningún macizo rocoso durante los trabajos de prospección geotécnica, no se puede descartar la afección a materiales rocosos durante la ejecución del túnel. Por esta razón se propone también el empleo de excavación por métodos convencionales en esta zona.

7 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAZADO. ASPECTOS RELEVANTES.

000738

**Línea 2**

La campaña complementaria ha permitido comprobar que, en el sector inicial de la línea, hasta el cruce con el ramal de la L4, la presencia de agua será el principal condicionante geotécnico.

El nivel de agua en este sector se presenta casi superficial (entre 1,5 y 3 m) en el entorno de Estación de Puerto del Callao y primeros 1,75 kilómetros para ir, paulatinamente localizándose a mayor profundidad hasta que en la zona de la Estación de Insurgentes se detecta a 13,5 m de profundidad.

En principio la última estructura singular o estación del primer sector de línea 2 en la que se espera afección del nivel freático será la Estación de Insurgentes, puesto que se ha comprobado que a la altura de la Estación Carmen de la Legua ha sido localizado un nivel de agua estable a 23,78 m de profundidad, no llegando a afectar a esta última estación.

Coincidiendo con esta misma zona de Línea 2, comienzan a tener menor presencia los niveles o lentejones de material arenoso (SM) o cohesivo (CL/ML) pasando el perfil geotécnico a presentar el aspecto monótono que caracteriza a la ciudad de Lima en esta zona. Esto es, el material previsto encontrar en el frente serán de forma prácticamente sistemática, las gravas de Lima (GP-S).

Dentro de la grava de Lima se ha delimitado de forma aproximada el contacto entre lo que se ha denominado el nivel suelto (GP-Ss) y el nivel firme (GP-Sf). El criterio para esta diferenciación ha sido la velocidad de propagación de las ondas p medida en la sísmica de refracción (1.000 m/s). La campaña complementaria de geofísica ha permitido confirmar la necesidad de establecer esta diferenciación, a la vez que ha permitido delimitarla en sectores insuficientemente reconocidos en fases precedentes de investigación.

La profundidad de la base del nivel de grava suelta presenta los mayores valores en:

- Estación Puerto del Callao: 16 m
- Estación Juan Pablo II: 14 m
- Pozo PV3: 12 m
- Pozo PV4: 15 m
- Estación Carmen de la Legua: 14 m
- Pozo PV8: 12 m
- Pozo PV10: 13 m
- Tercera vía Parque Murillo: 13 m
- Estación Vista Alegre: 13 m

Por tanto, en el entorno de las anteriores estructuras se prevé que la grava menos firme se localice en clave del túnel.

En el entorno de Juan Pablo II, adicionalmente, se podrán perforar en clave materiales CL y SM. Estos últimos también en la aproximación hacia Carmen de La Legua.

Adicionalmente podrá darse esta circunstancia en las proximidades de La Alborada (entorno 8+425) y de Mercado de Santa Anita (entorno 23+250).

Por lo general este nivel de "contacto" no suele encontrarse a más de 10 m de profundidad, suponiendo que el espesor de este nivel menos firme tiene un espesor de entre 3 y 7 m.

No obstante ha de resaltarse que este nivel de grava suelta se diferencia en términos relativos respecto al inferior, no dejando de tratarse de gravas bastante densas de alta capacidad portante y limitada deformabilidad. Por otro lado, el único criterio de diferenciación, como hemos dicho, ha sido la velocidad de propagación de las ondas p.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



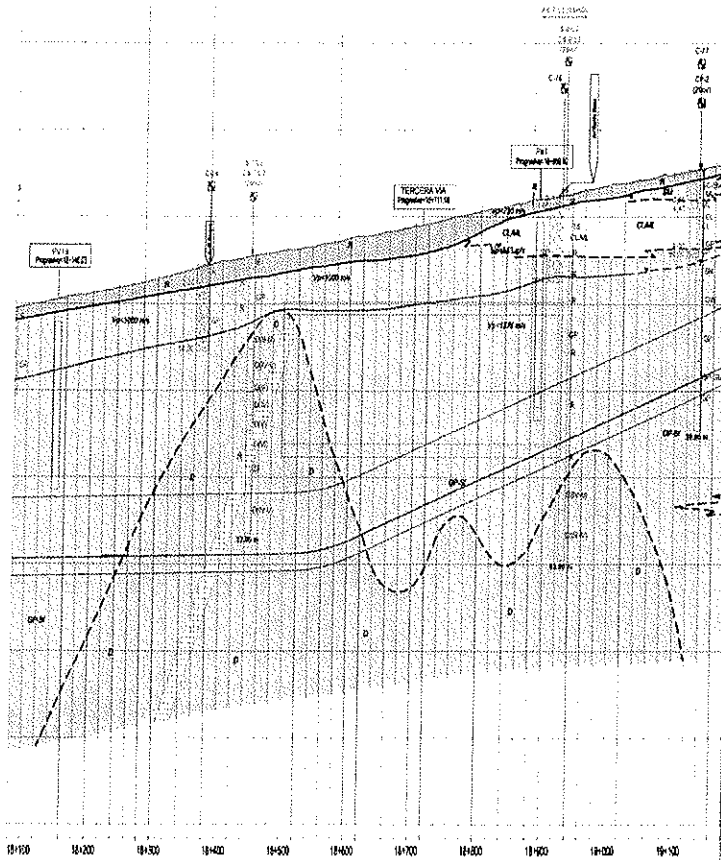


#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

A destacar resulta, de igual modo, la presencia de roca en el frente de excavación. Este aspecto ha podido acotarse mejor mediante la campaña complementaria. 000739

De los sondeos previstos con el objetivo de localizar el sustrato rocoso, los S-7 y S-8 han identificado roca diorítica. En el sondeo S-7/L2 a 9,0 m y en el sondeo S-8/L2 a 32 m. Se da la circunstancia adicional de que en el sondeo S-7 se ha identificado una zona de falla, con material arenizado, entre los 18,3 y 26,4 m.

De este modo, se espera que el túnel se perforo en roca entre el p.k. 18+250 y el p.k. 18+630, donde está previsto la perforación mediante métodos convencionales, tal y como se muestra en la **Figura 55**.



**Figura 55: Primer sector de Línea 2 donde se espera frente en roca diorítica.**

Residualmente se han detectado un sustrato carbonatado en el P.K. 16+240, que no afectan a la rasante del trazado de la línea 2, ya que se ha reconocido a más profundidad y a una distancia del trazado considerable. En la **Figura 56** se muestra este sustrato detectado.

En la progresiva 26+460 también ha sido detectado un macizo rocoso diorítico, tal y como se muestra en la **Figura 57**, gracias a la información suministrada por la perforación P-17 realizada en la campaña complementaria de Proinversión denominada Prioridad 2.

Con los datos disponibles podría decirse que no serían previsibles frentes o excavaciones en roca más allá de este entorno y que la afección por este motivo resultará, finalmente, limitada, aunque este extremo no puede descartarse totalmente.



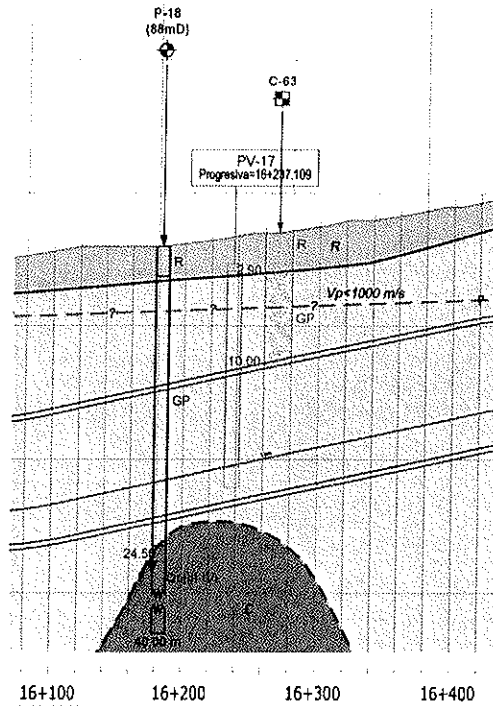


Figura 56: Sector de la Línea 2 donde se no se afecta el sustrato carbonatado detectado. PK 16+240 L2.

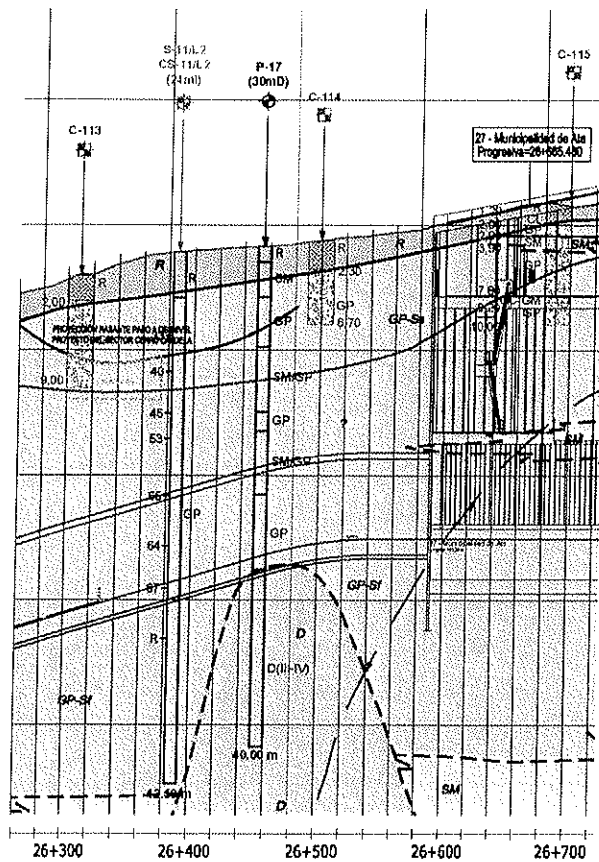


Figura 57: Segundo sector de Línea 2 donde se espera afección de roca diorítica en la zona inferior de la sección de excavación. PK 26+460 L2.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





#### A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

Finalmente, el sondeo S-12/L2 realizado en la Estación de Municipalidad de Ate ha detectado el nivel freático a 14,70 m de profundidad, lo que confirmaría la información ya apuntada en este sentido del sondeo P-18 de campañas precedentes y la perforación P-04 realizada por Proinversión en la Etapa 1A. El sondeo S-12/L2 se localiza a unos 375 m del sondeo S-11/L2, realizado entre la Municipalidad de Ate y el Pozo de Ventilación PV26, que no ha localizado el nivel freático. Se atribuye, por tanto, esta afección hidrogeológica a la infiltración a través del macizo rocoso localizado en el entorno inmediato.

#### **Ramal Av. Faucett – Av. Gambeta**

La totalidad del ramal se perforaría mediante tuneladora bajo el nivel freático y con el frente en la grava de Lima; así lo confirman todos los sondeos perforados en este tramo.

Aunque al otro lado del río Rimac el sondeo P-07A (p.k. 6+050), correspondiente a estudios anteriores, no reconoció nivel freático, el sondeo S-4/L4 (p.k. 7+350), localizado sobre la Estación de Carmen de la Legua, ha detectado un nivel freático a 23,78 m de profundidad afectando a esta última estación del ramal.

A falta de de un mayor número de puntos de reconocimiento cabrían dudas sobre si las estaciones de El Quilca (p.k. 5+350) y Morales Duarez (p.k. 6+371) presentarían afección hidrogeológica de algún tipo. Desde un punto de vista conservador podría ser conveniente considerar ambas estructuras como bajo el nivel freático.

Respecto a la grava de Lima, se ha delimitado, al igual que en Línea 2, entre el nivel algo suelto superior (GP-Ss) y el nivel firme (GP-Sf).

Las mayores profundidades de localización de este contacto se localizan en:

- Estación Gambeta: 10 m
- Pozo PV1: 13 m
- Estación Canta Callao: 13 m
- Pozo PV3: 13 m
- Pozo PV7: 12 m
- Estación Carmen de la Legua: 15 m

Por tanto, en el entorno de estas estaciones, así como en casi todo el sector inicial hasta el p.k. 3+200 se presentará este nivel menos firme en clave de perforación.





### 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y documentación anteriormente expuestos es posible extraer las siguientes conclusiones generales:

- Mediante la información de los estudios anteriores, la campaña complementaria de reconocimientos geotécnicos realizados por el Consorcio y la documentación aportada por Proinversión en la Primera Etapa y la campaña Prioridad 2, ha sido posible elaborar un perfil estratigráfico y un perfil geotécnico longitudinal de la "Línea 2 y ramal Av. Faucett - Av. Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao".
- Los estudios geofísicos, además de permitir diferenciar los distintos materiales representados en el perfil geológico-geotécnico longitudinal elaborado, han sido utilizados para la determinación de los módulos de deformación estáticos, a partir de los dinámicos deducidos de las velocidades de corte (Vs), y para la caracterización del tipo de terreno (según AASTHO), a partir del cual se han realizado los análisis de amplificación sísmica para la determinación de la aceleración sísmica de cálculo mediante el método probabilista.
- Las estaciones de Carmen de la Legua (ramal Av. Faucett – Av. Gambeta) y Municipalidad de Ate (línea 2) estarán afectadas por el nivel freático.
- Las zonas del resto del trazado afectadas por presencia de un nivel de agua son las mismas que ya se anticipaban con la información previa, es decir, en la línea 2 hasta la estación de Insurgentes y ramal L4 hasta Morales Duarez.
- En el entorno de las progresivas 18+240-18+630 y 26+460 se ha detectado un sustrato rocoso diorítico a cota de túnel que se afectará a lo largo de unos 400 m en total. De igual modo no se esperan, a priori, otras zonas sensibles con este riesgo potencial mediante la perforación de los sondeos S-8/L2, S-11/L2 y S-12/L2, aunque esta presencia no puede descartarse totalmente.
- Por lo que respecta al tramo 6, comprendido entre las estaciones Mercado Santa Anita y Municipalidad de Ate, debido a los afloramientos de roca localizados en la proximidad de este tramo (PK 26+330 a 26+420), y dado que se han detectado macizos rocosos durante (PK 26+460) los trabajos de prospección geotécnica, no se puede descartar la afección mayor a materiales rocosos durante la ejecución del túnel. Por esta razón se propone también el empleo de excavación por métodos convencionales en esta zona.
- Desde el punto de vista deformacional, y centrándose en la grava de Lima, puede decirse que la campaña de sísmica pasiva efectuada avala los valores de módulo de deformación que se vienen manejando hasta el momento, si bien se han de hacer las puntualizaciones siguientes:
  - Por un lado los valores  $G_{m\acute{a}x}$  asignados serían una envolvente conservadora.
  - Por otro lado se carece de datos directos de los módulos 'estáticos' por la dificultad de realizar dilatómetros o placas de carga.
  - Una vez obtenidos ensayos dilatométricos y ensayos de placa de carga efectuados por Proinversión para la Ingeniería de Detalle de la Primera Etapa A, se ha constatado que los valores de módulos elásticos de cálculo considerados para las gravas de Lima son del mismo orden, encontrándose éstos del lado de la seguridad.
- La permeabilidad de la grava quedaría caracterizada por un valor medio de  $7,62 \cdot 10^{-5}$  m/s, con valores máximo y mínimo de  $4,92 \cdot 10^{-4}$  y  $5,00 \cdot 10^{-6}$  m/s respectivamente, lo que puede calificarse como una permeabilidad media. En estas condiciones se cree que la excavación de las estaciones podrá realizarse mediante agotamientos, quizá complementados con compartimentaciones mediante paneles de bentonita, sin necesidad de recurrir a la realización de complejos tapones de fondo.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL






**9 BIBLIOGRAFÍA**

- [1] A.J. Martínez Vargas. Conglomerado de Lima Metropolitana en cimentaciones. Conferencia Internacional de Ingeniería Sísmica. Lima, 2007.
- [2] Aguilar Bardales, Z. et al. Diseño e implementación de un equipo de corte directo para suelos gravosos en el laboratorio. Instituto de la Construcción y Gerencia. XVII Congreso de la Ingeniería Civil. 2009. Perú.
- [3] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2003). Manual de Diseño de Puentes,
- [4] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2013). Manual de Carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción.
- [5] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2013). Manual de Carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos.
- [6] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2012). Manual de Carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección geología y geotecnia.
- [7] SENCICO (2003). Norma Técnica E.030 Diseño Sismo-Resistente,
- [8] AASHTO, (2010). LRFD Bridge Design Specifications.
- [9] Pedraza Gilzanz, J. (1996) Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones.
- [10] Macharé, J., Benavente, C. y Audin, L. INGEMMET (2008). Mapa Neotectónico del Perú.
- [11] Ayala, L. (2009). Sedimentología de los acantilados de la Costa Verde. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- [12] Ayala L., Macharé J. (2011). Geología y conservación de los acantilados de la Costa Verde – Lima. Guía de excursión SGP.
- [13] INGEMMET (1996). Mapa y Memoria explicativa del mapa geológico de los cuadrángulos de Lurin, Chancay, Lima y Chosica. Escala 100,000.
- [14] León Lecaros, W., Palacios Moncayo, O., Vargas Vilchez, L., y Sánchez Fernández, A. INGEMMET (2000). Mapa y Memoria explicativa del mapa geológico del Perú. Escala 1.000.000.
- [15] Tavera, H. (2013). Estudio de Peligro sísmico para el proyecto Nuevas Vías de Lima.
- [16] Henríquez Pantaleón, C. (2007). Mejora de terrenos potencialmente licuables con inyecciones de compactación.
- [17] Borchardt, R. D. (1994). Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification).
- [18] Kramer, S.L., (1996). Geotechnical Earthquake Engineering.
- [19] Youngs, R.R., Silva, W.J., Humphrey, J.R. (1997). Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes.
- [20] Abrahamson N. A., Silva W. J. (1997). Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes.
- [21] Douglas J. (2001). A comprehensive worldwide summary of strong-motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates (1969 to 2000).
- [22] Arcila, M.M., Muñoz Martín A., De Vicente, G. (2002). Análisis sismotectónico de la convergencia Caribe, Nazca, Sudamérica.



- [23] Jonathan P. Stewart, M.EERI, Thomas F. Blake, M.EERI, and Robert A. Hollingsworth. A Screen Analysis Procedure for Seismic Slope Stability. Earthquake Spectra, Volume 19, No. 3, pages 697–712, August 2003; Earthquake Engineering Research Institute.
- [24] Jonathan P. Stewart, M.EERI, John Douglas, Mohammad Javanbarg, Yousef Bozorgnia, M.EERI, Norman A. Abrahamson, M.EERI, David M. Boore, Kenneth W. Campbell M.EERI, Elise Delavaud, Mustafa Erdik, M.EERI, and Peter J. Stafford, M.EERI. Selection of Ground Motion Prediction Equations for the Global Earthquake Model.
- [25] Villegas J. C. (2004). Aplicación de la distribución de Poisson para el cálculo del periodo de retorno de los sismos.
- [26] Bolaños A. y Monroy O. (2004), "Espectros de Peligro Sísmico Uniforme", Tesis para Optar el Grado de Magister en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- [27] Semillero Grupo Quimbaya – CEIFI1 CÓDIGO: INS-03 . (2005). Tasas de recurrencia sísmica en la zona central de los Andes Colombianos a partir de la completitud del catálogo hasta el año 2004.
- [28] Suarez, J. Deslizamiento; Análisis geotécnico.
- [29] Macharé, J., Benavente, C. y Audin, L. INGEMMET (2008). Mapa Neotectónico del Perú.
- [30] Macharé, J., Benavente, C., Laurence, A. (2009), "Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008", Boletín No 40 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- [31] International Building Code, (2009), International Code Council, Marzo 2009.

## A.4. Geología y Geotecnia del Proyecto

A.4	A) DISEÑO DE INGENIERÍA
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

# A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO. APÉNDICES

A.4	A) DISEÑO DE INGENIERÍA
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

## A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO.

### APÉNDICE 1. REGISTROS DE SONDEOS MECÁNICOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA   
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





[1130]

000749

Profundidad (m)	HQ BD	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Gravimetría % Paso	Granulometría	Estado natural	Esqueje de corte	Trabajo	Contenidos
20.0															
21.0		13/09/13				CL. Arcilla limosa marrón oscuro ojiza. Plasticidad media.	22.1	1.9	21.15	0.4 mm	2 mm	Humedad			
22.0						GP. Grava mal graduada. Gravos subredondeadas en matriz arenosa fina marrón oscuro. Tamaño de grano de las gravas 0.5 a 8 cm. Tamaño modal: 2 a 3 cm. Gravos 5 - 8 cm. 20%, gravas 0.2 a 5 cm. 50%. Arena fina. 30%. Compacidad densa.			22.09	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
23.0						GP. Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa gruesa marrón oscuro. Gravos y bolos poliméricos subangulosos. Tamaño máximo de los bolos: 13 cm (23 m y 22.4m). Tamaño gravas: 0.5-10 cm. Modal: 5-6 cm. Porcentajes Bolos 10-13 cm: 20%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm: 30%; arena: 15% compacidad densa.			22.69	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
24.0									23.5	0.4 mm	2 mm	Gravimetría			
25.0									24	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
26.0									24.45	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
27.0									25	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
28.0									25.9	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
29.0									26.7	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									27	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									27.52	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									28	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									28.5	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									29.1	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									29.55	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			
30.0									29.55	0.08 mm	2 mm	Gravimetría			

**CLIENTE:**  
**ProInversión**  
**TRABAJO:**  
 Campaña Geotécnica Complementaria.  
 Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  
**Oyosa**  
 Ingeniería y Construcción

**Supervisor:** Pablo Aguerri  
**Empresa:** Ceoconsult Perú  
**Sondista:**  
**Equipo:** Ceoconsult 1

**SONDEO:** S-1 L2  
 Hoja: 3 de 4  
 F. de inicio: 29/09/2013  
 F. finalización: 15/09/2013

**Ensayos de laboratorio**

Edómetro	Esqueje de corte	Trabajo	Contenidos
ec	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	M.O
ec	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	SO3
ec	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	CO3Ca

**Muestras/Ensayos**

Intervalo (m)	Tipos	Resultados
20.0 - 21.0	50R	
21.0 - 22.0	50R	
22.0 - 23.0	50R	
23.0 - 24.0	50R	
24.0 - 25.0	50R	
25.0 - 26.0	50R	
26.0 - 27.0	50R	
27.0 - 28.0	50R	
28.0 - 29.0	50R	
29.0 - 30.0	50R	

**Granulometría % Paso**

Granulometría	Humedad
max	
2 mm	
0.4 mm	
0.08 mm	
2 mm	

**Resultados**

Intervalo (m)	Tipos	Resultados
20.0 - 21.0	50R	
21.0 - 22.0	50R	
22.0 - 23.0	50R	
23.0 - 24.0	50R	
24.0 - 25.0	50R	
25.0 - 26.0	50R	
26.0 - 27.0	50R	
27.0 - 28.0	50R	
28.0 - 29.0	50R	
29.0 - 30.0	50R	

**Q de Barton**

**RMR (Seco)**

**Nº de juntas/m**

**Metereozación**

**MI MUESTRA INALTERADA**  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 Ox: ÓXIDO

**TP TESTIGO PARAFINADO**  
 MW MUESTRA DE AGUA

**SPT PENETRÓMETRO**  
 AR: ARCILLA



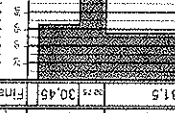
**PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO**  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 INGENIERO EN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

Nota N° 7. Modificación de línea 77

[1131]

000750

<p><b>CLIENTE:</b></p>  <p><b>ProInversión</b>  <small>Proyectos de Inversión y Desarrollo</small></p>	<p><b>TRABAJO:</b></p> <p><b>Campaña Geotécnica Complementaria,  Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b></p>	<p><b>EMPRESA CONSULTORA:</b></p>  <p><b>Ayessa</b>  <small>AYESSA CONSULTING PERU S.A.C.</small></p>	<p><b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri  <b>Empresa:</b> Geconconsult Perú  <b>Sondista:</b> Geconconsult 1  <b>Equipo:</b> Geconconsult 1</p>	<p><b>P.K.:</b> 0+256  <b>X UTM:</b> 267.090.10  <b>Y UTM:</b> 8.666.782.71  <b>Z UTM:</b> 4.0</p>	<p><b>SONDEO:</b> S-1L2  <b>Hoja:</b> 4 de 4  <b>F. de inicio:</b> 29/09/2013  <b>F. finalización:</b> 15/09/2013</p>																																																																									
<p><b>Profundidad (m):</b> 30.00</p> <p><b>Tipo de perforación:</b> HD 80</p> <p><b>Fecha:</b> 15/09/13</p> <p><b>Revestimiento:</b></p> <p><b>Prof. Agua (m):</b></p> <p><b>Nivel:</b></p>	<p><b>Columna litológica:</b></p> <p>GP. Grava mal gradada. Gravos y bolos en matriz arenosa gruesa. Bólos y gravas polimórficos subangulosos a subredondados. Tamaño de 1 a 15 cm. Limado modal 16 a 7 cm. Compactación densa.</p> <p>SW-SM. Arenas finas a medias con algo de limo. Color marrón oscuro de tonalidad anaranjada en algunos sectores. Compactación densa.</p>	<p><b>Final manobra (m):</b> 30.45</p> <p><b>Esesor (m):</b> 0.75</p> <p><b>Prof. Interior (m):</b> 30.75</p>		<p><b>Meiorización:</b></p> <p><b>N° de juntas/m:</b></p> <p><b>RMR (Seco):</b></p> <p><b>Q de Barton:</b></p>	<p><b>Muestras/Ensayos:</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Intervalo (m)</th> <th>Tipos</th> <th>Resultados</th> </tr> <tr> <td>30.00 - 30.45</td> <td>503</td> <td>18/36/60</td> </tr> </table> <p><b>Colpas/30cm:</b> 66</p>	Intervalo (m)	Tipos	Resultados	30.00 - 30.45	503	18/36/60	<p><b>Ensayos de laboratorio:</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Granulometría</th> <th colspan="3">Límites Atterberg</th> <th colspan="3">Estadop natural</th> <th colspan="3">Edometría</th> <th colspan="3">Ensayo de corte</th> <th colspan="3">Tresval</th> <th colspan="3">Contenidos</th> </tr> <tr> <th>max</th> <th>4 mm</th> <th>0.4 mm</th> <th>0.075 mm</th> <th>2 mm</th> <th>WM</th> <th>YP</th> <th>Wp</th> <th>Wc</th> <th>Wl</th> <th>Wp</th> <th>Wc</th> <th>Wu</th> <th>Wp</th> <th>Wc</th> <th>Wu</th> <th>Wp</th> <th>Wc</th> <th>Wu</th> <th>Wp</th> <th>Wc</th> <th>Wu</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Granulometría			Límites Atterberg			Estadop natural			Edometría			Ensayo de corte			Tresval			Contenidos			max	4 mm	0.4 mm	0.075 mm	2 mm	WM	YP	Wp	Wc	Wl	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu																							
Intervalo (m)	Tipos	Resultados																																																																												
30.00 - 30.45	503	18/36/60																																																																												
Granulometría			Límites Atterberg			Estadop natural			Edometría			Ensayo de corte			Tresval			Contenidos																																																												
max	4 mm	0.4 mm	0.075 mm	2 mm	WM	YP	Wp	Wc	Wl	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu	Wp	Wc	Wu																																																									

Nota: n° 2 Bólos 10-15 cm 45% Grava 5-10 cm 40% Arena 0.75 a 5 cm 25% Arena < 0.75

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
**REPRESENTANTE LEGAL**



MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LUGON  
 O CIARZO  
 AR ARCILLA  
 SPT PENETRÓMETRO  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO





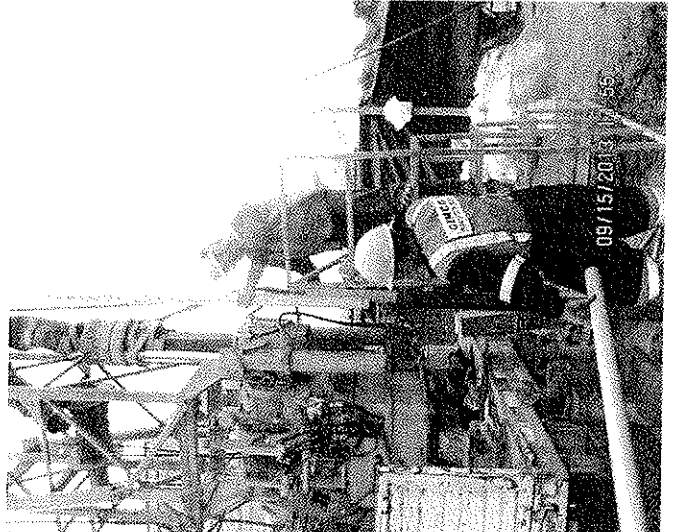
Proinversión

SONDEO N°:

S-1/L2



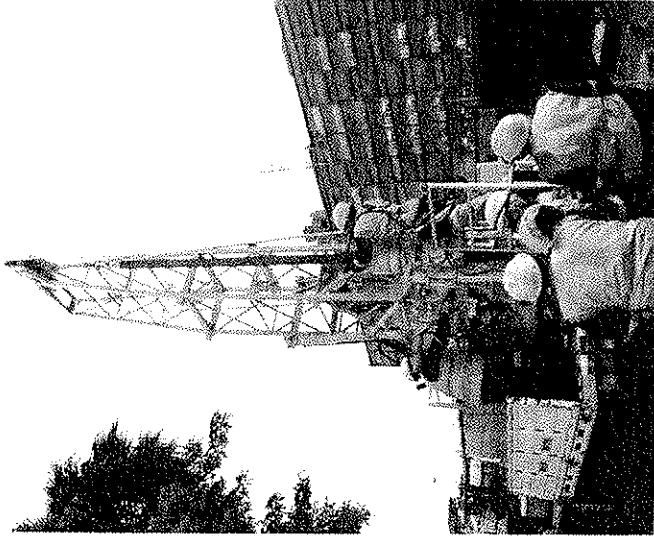
Ejecución de calicata previa para comprobación de servicios



Colocación de piezómetro en el sondeo S-1/L2



Perforación del sondeo S-1/L2



Restauración de la zona de trabajo del sondeo S-1/L2

[1132]

000751



A

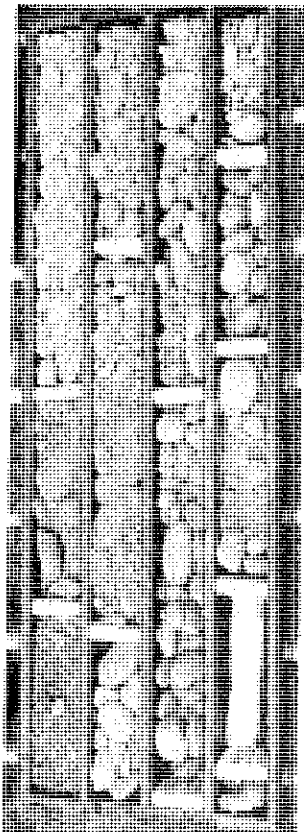


Promovisión

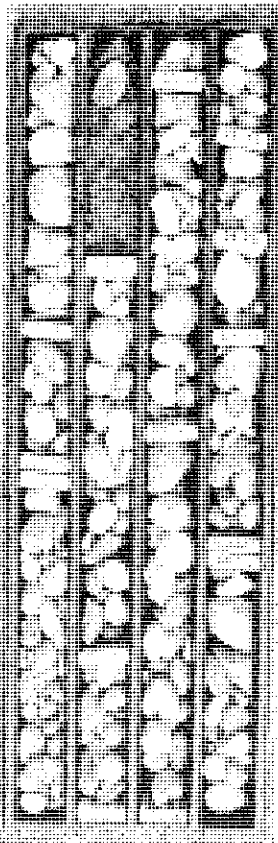
Asesoría Técnica y Operativa

SONDEO N°:

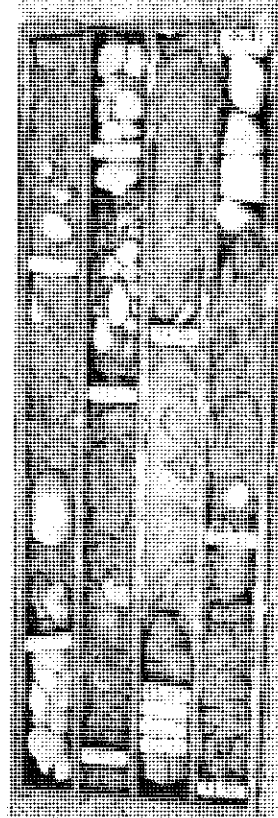
S-1/L2



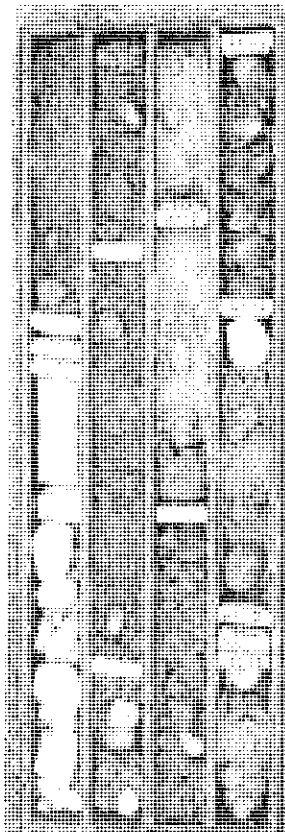
Caja 1. De 0,0 a 4,0 m



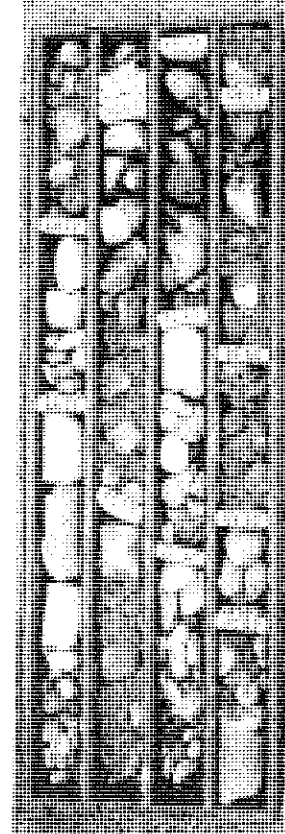
Caja 2. De 4,0 a 8,5 m



Caja 3. De 8,5 a 13,0 m



Caja 4. De 13,0 a 17,4 m



Caja 5. De 17,4 a 22,09 m

Caja 6. De 22,09 a 26,0 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[1133]

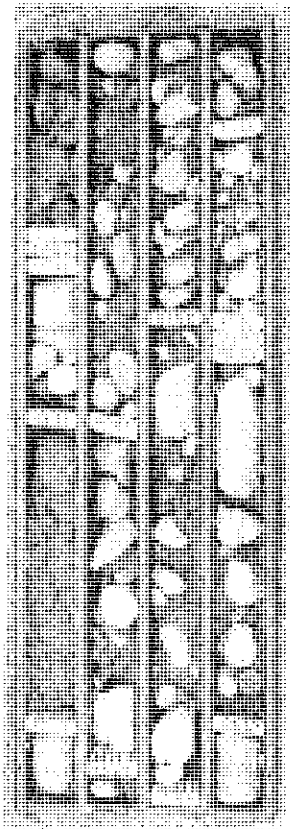
000752



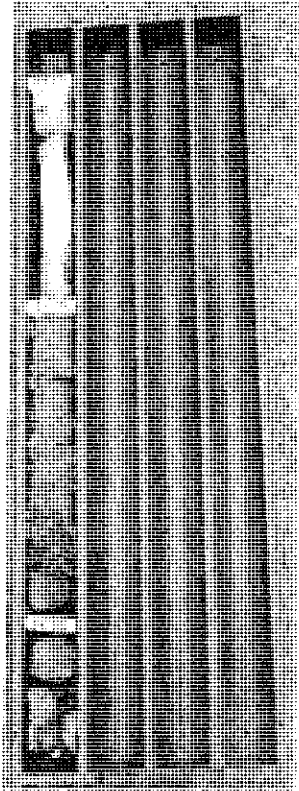
ProInversión  
CORPORACIÓN FINANCIERA

SONDEO N°:

S-1/L2



Caja 7. De 26,0 a 30,6m



Caja 8. De 30,6 a 37,5 m

[1134]

000753

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
GONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten signature

CLIENTE		TRABAJO: Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.	EMPRESA CONSULTORA: 	Supervisor: Pablo A. Guerra Empresa: Geosul Perú Sondista: Equipo: Geosul 2	P.K.: 14933 X UTM: 289567.67 Y UTM: 866030.44 Z UTM: 14.2	SONDEO: S-2 L2 Hoja: 1 de 4 F. de Inicio: 28/08/2013 F. finalización: 04/09/2013
				SUPERVISOR: Pablo A. Guerra EMPRESA: Geosul Perú SONDISTA: EQUIPO: Geosul 2		

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Fines de muestra (m)		Muestra/Ensayos	Ensayos de laboratorio														
									Inicio	Final		Granulometría % P. fino	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl				
1.0	HQ BD	28/08/13				Material arcilloso, limas arenosas o arena fina, de color marrón grisáceo, con fragmentos ocasionales subangulosos de 1 cm. Presencia ocasional de material antropico (ladrera, cerámica)	2.5	2.5	0.2	0.2																
2.0																										
3.0						Material antropico: arcilla limosa de color negro. Humedo, presencia de raices.																				
4.0						Cl. Arcilla de color marrón, húmeda. Plasticidad media, consistencia moderadamente firme a firme.	3.45	3.45																		
5.0						SM. Arena limosa de color marrón con oxidación. Ligeramente húmeda.	4.5	4.5																		
6.0						CH. Arcilla de color marrón grisáceo de plasticidad alta. Consistencia blanda. Húmeda.	5.05	5.05																		
7.0																										
8.0						SM. Arena limosa con presencia de alguna grava de 1 a 2 cms de tamaño, subredondeadas a subangulosas. Color marrón grisáceo; húmedas 15 a 20% Bracas, 80% arena y 20-30% limas GP. Gravas de color gris polimictica, predominando doritas.	7.5	7.5																		
9.0						Tamaño de grano de 0.5 a 8 cms, modal de 3 a 4 cms. Se lavan limas a causa de la perforación. Gravas subredondeadas.	10.2	10.2																		

Muestra/Ensayos	Intervalo (m)	Resultados	Colpas/30cm

Q de Barron	RMR (Saco)	Nº de juntas/m	Meteorización	Muestra/Ensayos	Intervalo (m)	Resultados	Colpas/30cm

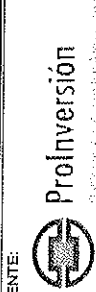

Nota nº 1: Interpolación Arcillas con gravas de color marrón, húmeda, de plasticidad media-alta y gravas subangulosas de tamaño 20 a 1 y 3 cms.




MA MUESTRA ALTERNADA SPT PENETROMETRO  
 LG ENSAYO LUCION SPT PENETROMETRO  
 Q CUARZO SPT PENETROMETRO  
 DX OXIDO SPT PENETROMETRO  
 MW MUESTRA DE AGUA TP TESTIGO PARAFINADO MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIONOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO  
 AV ARCILLA

[1136]

000755

<b>CLIENTE:</b>  ProInversión	<b>TRABAJO:</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  Ovesa		<b>Supervisor:</b> Pablo Aguirre <b>Empresa:</b> Geconsult Peru <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> Geconsult 2		<b>P.K.:</b> 1+933 <b>X UTM:</b> 269567,67 <b>Y UTM:</b> 8665030,44 <b>Z UTM:</b> 14,2		<b>SONDEO:</b> S-2 L2 Hoja: 2 de 4 <b>F. de inicio:</b> 28/08/2013 <b>F. finalización:</b> 04/09/2013	
		<b>PROFUNDIDAD (m)</b> : 0,00 - 0,50 - 1,00 - 1,50 - 2,00 - 2,50 - 3,00 - 3,50 - 4,00 - 4,50 - 5,00 - 5,50 - 6,00 - 6,50 - 7,00 - 7,50 - 8,00 - 8,50 - 9,00 - 9,50 - 10,00		<b>Muestras/Ensayos</b> Intervalo (m): 1,00, 1,50, 2,00, 2,50, 3,00, 3,50, 4,00, 4,50, 5,00, 5,50, 6,00, 6,50, 7,00, 7,50, 8,00, 8,50, 9,00, 9,50, 10,00 Resultados: SPT 1m/1,5m, SPT 1,5m/2,0m, SPT 2,0m/2,5m, SPT 2,5m/3,0m, SPT 3,0m/3,5m, SPT 3,5m/4,0m, SPT 4,0m/4,5m, SPT 4,5m/5,0m, SPT 5,0m/5,5m, SPT 5,5m/6,0m, SPT 6,0m/6,5m, SPT 6,5m/7,0m, SPT 7,0m/7,5m, SPT 7,5m/8,0m, SPT 8,0m/8,5m, SPT 8,5m/9,0m, SPT 9,0m/9,5m, SPT 9,5m/10,00m		<b>Ensayos de laboratorio</b> Estado natural: VL, VLP, VMP, VMA, VMB, VMN, VMZ, VMC, VMD, VME, VMF, VMG, VMH, VMJ, VMK, VML, VMM, VMN, VMO, VMP, VMQ, VMR, VMS, VMT, VMU, VMV, VMW, VMX, VMY, VMZ Granulometría % Pases: max, 2 mm, 0,4 mm, 0,075 mm, 2 mm, 0,4 mm, 0,075 mm		<b>Códigos</b> Códigos: C, T, S, K, M, C, S, O, C, D, C, A, R, Z, O, X, O, F, R, A, N, C, L, G, M, A, P, A, R, A, F, I, N, A, D, O	
<b>Columna litológica</b> Descripción litológica: GP Gravas de color gris polimíctica, predominando distales. GP Grava con arena y algo de finos, de color marrón grisáceo y húmeda. Mezcla mal graduada de gravas (50%), arenas (45%) y finos (5%) Tamaño de grava 0,5 a 10 cm subredondeada. Tamaño modal 3 a 4 cm. Bolas de 10 y 15 cm. GP Grava con arena, con algo de finos, mal graduada de color marrón grisáceo y con limos húmedos. Gravas 60%, arena media a gruesa 35% y finos 5%. Tamaño de gravas de 0,3 a 6 cm. Tamaño modal de 3 a 4 cm. L Arcilla limosa, marrón rojiza de plasticidad baja a media, consistencia firme a muy firme. Húmeda. GP Grava con arena gruesa, pocos finos mal graduada, subredondeada a subangulosa. Bolos 10%, gravas 50%, arena 35% y finos 5%. Se reconocen bolos de 10 cm (16,05m) y 15 cm (17,26m). Gravas de tamaño 0,5 a 10 cm. Tamaño modal 3-5 cm. GP Grava mal graduada, grs. verbeosa, polimíctica. No se recuperan finos ni arenas por maniobras de perforación. Tamaño de grano modal de 3-5 cm. Máximo 10 cm y mínimo 0,5 cm.		<b>Meteorización</b> N° de juntas/m RMR (Seco) Q de Barton		<b>Fig. de Perfil</b> Final manobra (m) Espesor (m) Prof. interior (m)		20,23 19,3 18,3 18,3 21,45 19,25 18,5 16,05 15,45 14,85 14,35 13,85 13,4 1,8 1,25 13,95 1,8 2,35 3,15 2,5 12,7 12,3 11,9 11,5 10,9 10,6			

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





MA MUESTRA ALTERADA TP TESTICO PARAFINADO MW MUESTRA DE AGUA  
 LG ENSAYO LUCEON SPT PENETRÓMETRO SPT PENETRÓMETRO  
 Q CUARZO AI ARCILLA PF ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

[1137]

000756

CLIENTE:		EMPRESA CONSULTORA:		SUPERVISOR:		SONDEO:	
<b>ProInversión</b> S. R. L.		<b>ovesa</b> INGENIERIA CONSULTORA		Pablo Aguerri Geoconsult Peru		S-2 L2 3 de 4	
TRABAJO:		EMPRESA CONSULTORA:		EMPRESA:		F. de inicio:	
Campana Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		<b>ovesa</b> INGENIERIA CONSULTORA		Geoconsult Peru		28/08/2013	
COLUMNA LITOLÓGICA		MATERIAZACION		REZULTADOS		ENSAYOS DE LABORATORIO	
Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica
20.0	Q 40 B D	02/09/13					
21.0		03/09/13		21.45			
22.0							
23.0							
24.0							
25.0							
26.0							
27.0							
28.0							
29.0							
30.0							
20.0	Q 40 B D	02/09/13					
21.0		03/09/13		21.45			
22.0							
23.0							
24.0							
25.0							
26.0							
27.0							
28.0							
29.0							
30.0							

MA MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LUGEON  
 Q CUARZO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 AC ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIONÉTICO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

<b>CLIENTE:</b>  Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  Pablo Aguirri Geconsult Perú Sondista: Equipo: Geconsult 2		<b>SONDEO:</b> Hoja: 4 de 4 F. de Inicio: 28/08/2013 F. Finalización: 04/09/2013		P.K.: 1+833 X UTM: 268567.67 Y UTM: 8666030.44 Z UTM: 14.2	
<b>TRABAJO:</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		<b>Supervisor:</b> Pablo Aguirri <b>Empresa:</b> Geconsult Perú <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> Geconsult 2		<b>SONDEO:</b> Hoja: 4 de 4 F. de Inicio: 28/08/2013 F. Finalización: 04/09/2013		P.K.: 1+833 X UTM: 268567.67 Y UTM: 8666030.44 Z UTM: 14.2	
<b>Descripción litológica</b> CL Arcilla limosa de plasticidad baja a media. Consistencia muy firme a dura. Humeda de color marrón rojizo. CL Arcilla algo limosa, plasticidad baja a media. Consistencia muy firme. Color marrón amarillento. Humeda.		Prof. Interior (m) 32.6 31.65 30.95		Espesor (m) 0.95 1.65		Final manobra (m) 30.45 32.15	
Columna litológica Prof. Agua (m) Revestimiento Fecha Tipo de perforación Profundidad (m)		09/09/13 HQ BD		31.0 32.0 33.0 34.0 35.0 36.0 37.0 38.0 39.0 40.0		30.45 32.15	
<b>Muestras/Ensayos</b> Tipo Intervalo (m) Resultados Golpes/30cm		Tipo Intervalo (m) Resultados Golpes/30cm		Tipo Intervalo (m) Resultados Golpes/30cm		Tipo Intervalo (m) Resultados Golpes/30cm	
<b>Ensayos de laboratorio</b> Granulometría % Paso Límites Atterberg Estado natural P. asociado Edámetro Ensayo de comp. Trabajo Contenido		Granulometría % Paso Límites Atterberg Estado natural P. asociado Edámetro Ensayo de comp. Trabajo Contenido		Granulometría % Paso Límites Atterberg Estado natural P. asociado Edámetro Ensayo de comp. Trabajo Contenido		Granulometría % Paso Límites Atterberg Estado natural P. asociado Edámetro Ensayo de comp. Trabajo Contenido	

MI MUESTRA MALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 OX OXIDO  
 MA MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LUGEN  
 Q CUARZO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 A: ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 NM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

*Handwritten signature*

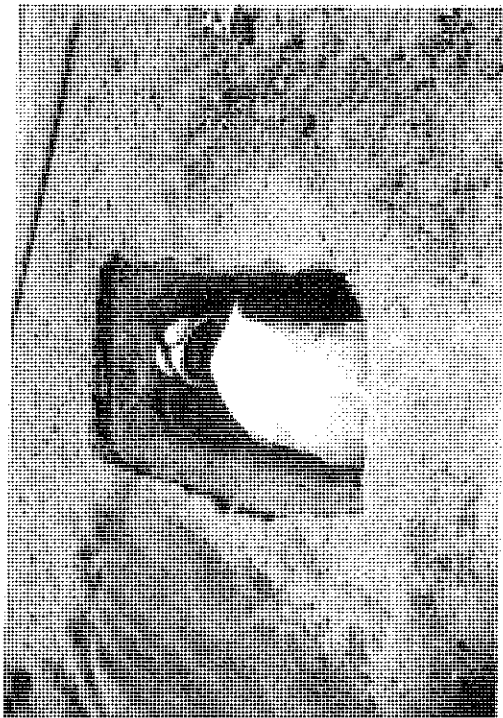


ProInversión

Corporación Promotora de Inversión

SONDEO N°:

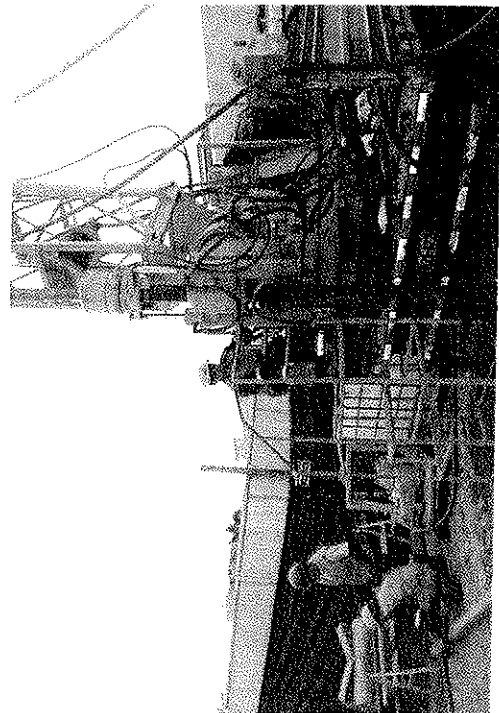
S-2/L2



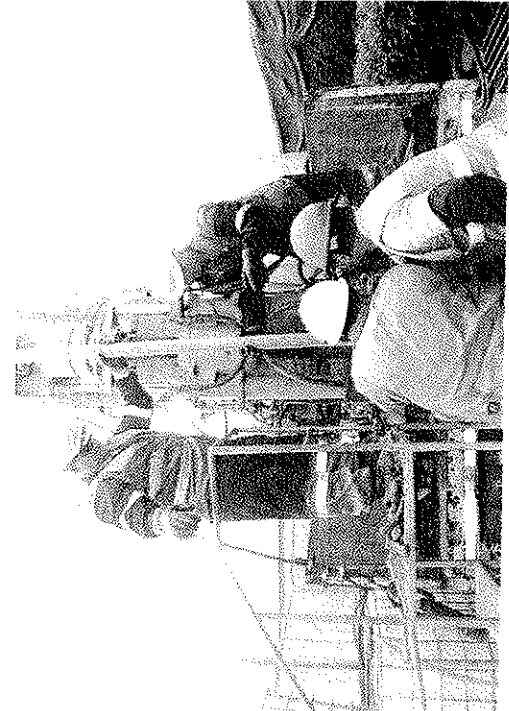
Ejecución de calicata previa para comprobación de servicios



Colocación de PVC para la perforación del sondeo S-2/L2



Perforación del sondeo S-2/L2



Colocación de piezómetro en el sondeo S-2/L2

[1139]

000758



Handwritten signature

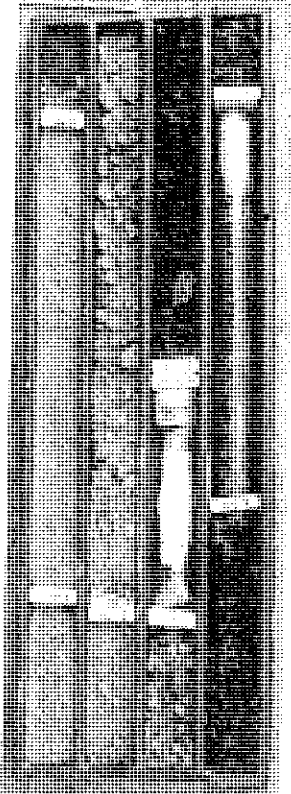




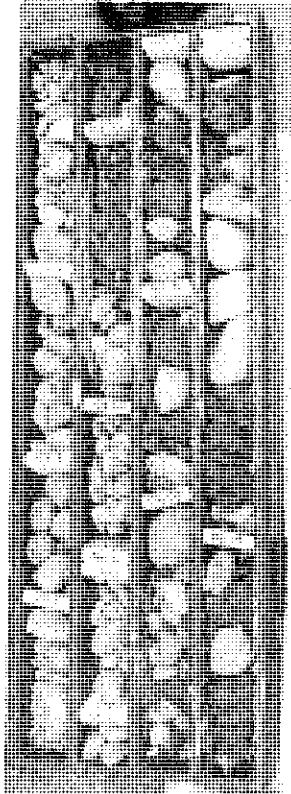
ProInversión

SONDEO N°:

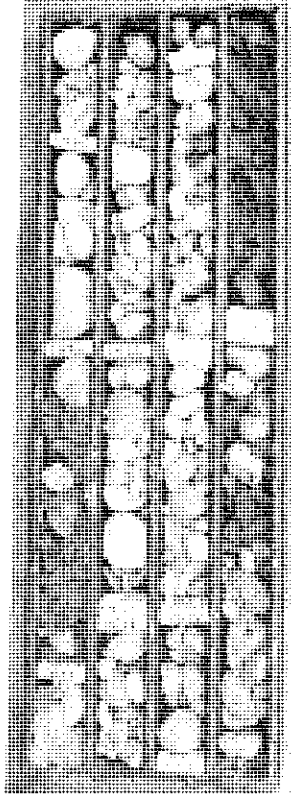
S-2/L2



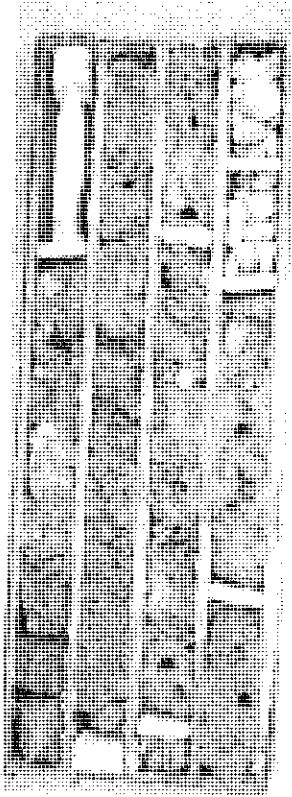
Caja 1. De 0,0 a 4,35 m



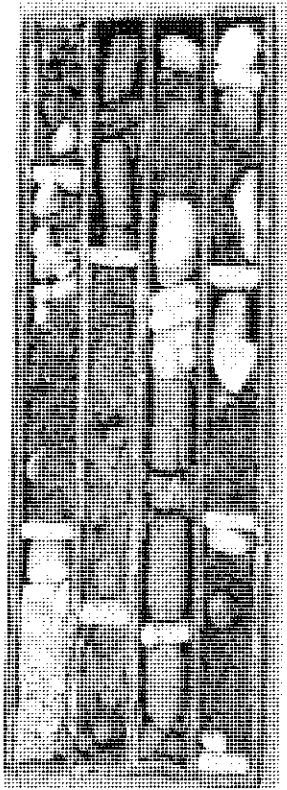
Caja 3. De 8,40 a 13,10 m



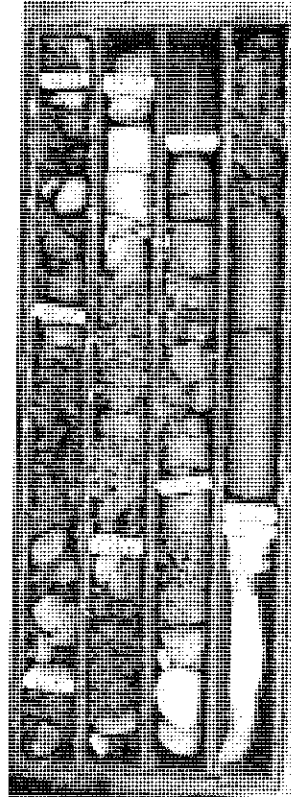
Caja 5. De 17,60 a 22,85 m



Caja 2. De 4,35 a 8,40 m



Caja 4. De 13,10 a 17,60 m

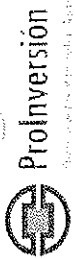


Caja 6. De 22,85 a 27,80 m

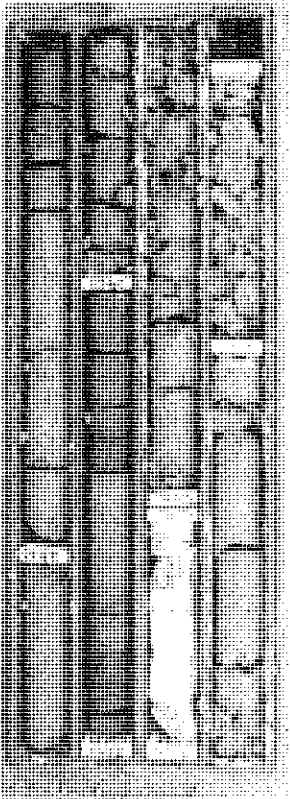
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



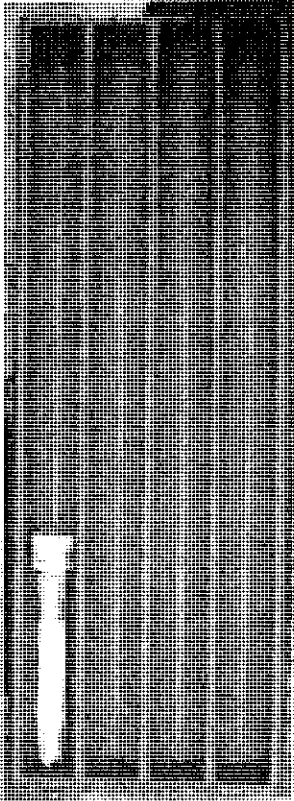
*[Handwritten mark]*



SONDEO N°: S-2/L2



Caja 7. De 27,80 a 32,15m



Caja 8.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



1142

000761

CLIENTE: ProInversión

TRABAJO: Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA: OVEASA

Supervisor: Pablo Aguerri
Empresa: Cooconsult Perú
Sondista: Cooconsult 2
Equipo: Cooconsult 2

P.K.: 8+7.10
X UTM: 274887.91
Y UTM: 8666187.32
Z UTM: 92.85

SONDEO: S-3 L2
1 de 4
F. de inicio: 07/09/2013
F. finalización: 15/09/2013

Main data table with columns for Profundidad (m), Tipo de perforación, Fecha, Revestimiento, H/M, Columna litológica, Descripción litológica, Profil inferior (m), Profil superior (m), Espesor (m), Final manobra (m), Meteorización, Nº de juntas/m, RMR (Seco), Q de Barton, Tipo, Intervalo (m), Resultados, Golpes/30cm, Granulometría, Límites Atterberg, Estado natural, Humedad, Densidad, F específico, R Q S, Tipo, Ensayo de corte, Tipo, Tipo, Contenedores.

Muestra de agua: MV MUESTRA DE AGUA
Tipo: TP TESTIGO PARAFINADO
Presiometro: SPT PENETROMETRO
Arcilla: A: ARCILLA
Muestra alterada: MA MUESTRA ALTERADA
Luz: LG ENSAYO LUJON
Cuarzo: C: CUARZO
MI MUESTRA INALTERADA
LF ENSAYO LEFRANC
OX: OXIDO
PR: ENSAYO PRESIOMETRICO
DL: ENSAYO DILATOMETRICO



Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica		Prot. Inferior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Meleorización	Nº de Infiltración	PMR (Seco)	Q de Barton	Muestras/Ensayos		Ensayos de laboratorio																		
20.0																Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Granulometría % Paso	Wp	Wt	Límites Atterberg	Estado natural	Edo. Seca	R.O.S (k/cent²)	Edómetro	Ensayo de corte	Traxial	Contenido							
20.0		13/09/13						GP Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa meda a gruesa (frecuentemente lavada por la perforación) de color gris. Gravos subangulosos a subredondeados, polimodales. Tamaño máximo de bolos 14 cm. Bolos mayores de 10 cm 15%. Gravos de 5 a 10 cm 35%. Gravos de 0.2 a 5 cm 35%. Arenas 15%.	22.15	4.95	30.15																									
22.0		14/09/13						GP Grava mal graduada, gravos subangulosos y subredondeados de color gris, polimodal, y bolos de tamaño máximo 13 cm. Tamaño modal 6 cm. La matriz ha sido lavada por la perforación. Compacidad densa. Bolos de 10 a 13 cm; 20%. Gravos de 5 a 10 cm; 50%. Gravos de 0.2 a 5 cm 20%. Arena (matriz) 10%.	27.4	5.25	32.65																									
26.0		15/09/13						GP Grava mal graduada en matriz arenosa gruesa a mediana, de color gris. Grava subangulosos y subredondeados, polimodal, compacidad densa. Tamaño máximo de 10 cm. Tamaño modal 5 cm. Gravos de 5 a 10 cm 50%. Gravos de 0.2 a 5 cm 20%. Arenas 26%.	30.0	2.6	32.6																									

[1144]  
000763



EMPRESA CONSULTORA  
**ayessa**  
CONSULTORIA

CLIENTE: **ProInversión**  
Campana Geotécnica Complementaria.  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

Supervisor: Pablo Aguerri  
Empresa: Geiconsult Perú  
Sordista:  
Equipo: Geiconsult 2

P.K.: 6+7.10  
X UTM: 274887.91  
Y UTM: 6666187.32  
Z UTM: 92.85



SONDEO: S-3 L2  
Hoja: 3 de 4  
F. de inicio: 07/09/2013  
F. finalización: 15/09/2013

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
CONSORCIO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Muestra Alterada: MA MUESTRA ALTERADA  
L.S. ENSAYO LUJEDN  
G. CUARZO  
Ox. COXIDO  
SPT PENETRÓMETRO  
A: ARCILLA  
TP TESTIGO PARAFINADO  
MW MUESTRA DE AGUA  
PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

[1145]  
000764

<b>CLIENTE:</b>  <b>ProInversión</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>Ovesa</b> Ingeniería y Consultoría		<b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri <b>Empresa:</b> Geotecnica Peru <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> Geocorisul 2		<b>P.K.:</b> 6+710 <b>X UTM:</b> 274887,91 <b>Y UTM:</b> 8666187,32 <b>Z UTM:</b> 92,85		<b>SONDEO:</b> S-3 L2 <b>Hoja:</b> 4 de 4 <b>F. de inicio:</b> 07/09/2013 <b>F. finalización:</b> 15/09/2013					
<b>Ensayos de laboratorio</b>													
<b>Muestras/Ensayos</b>		<b>Granulometría</b> % Pasos 2 mm 0.4 mm 0.075 mm Max		<b>Límites Atterberg</b> WL WP		<b>Estadística</b> Humedad Saca		<b>Ensayo de corte</b> Tipo c φ (°) c (kg/cm²) φ (°)		<b>Fractal</b> Tipo φ (°) c (kg/cm²)		<b>Contenido</b> M.O. S.O. C.O. C.O. C.O.	
<b>Resultados</b> Golpes/30cm SDR		<b>Intervalo (m)</b> 0.00 - 0.05 0.05 - 0.10 0.10 - 0.15 0.15 - 0.20 0.20 - 0.25 0.25 - 0.30 0.30 - 0.35 0.35 - 0.40 0.40 - 0.45 0.45 - 0.50 0.50 - 0.55 0.55 - 0.60 0.60 - 0.65 0.65 - 0.70 0.70 - 0.75 0.75 - 0.80 0.80 - 0.85 0.85 - 0.90 0.90 - 0.95 0.95 - 1.00		<b>Tipos</b> SDR		<b>Q de Barrón</b>		<b>RMR (Seco)</b>		<b>Nº de juntas/m</b>		<b>Meteorización</b>	
<b>Profundidad (m)</b> 0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00		<b>Final mancha (m)</b> 32 31.35 30.9 30.45		<b>Espesor (m)</b> 1.85		<b>Prof. Interior (m)</b> 32		<b>Descripción litológica</b> Columna litológica GP Gravas mal gradadas con bolos en matriz arenosa gruesa de color gris. Tamaño máximo de grano: 12 cm en cota 30.45 m. La matriz se ha lavado producto de la perforación. Tamaño modal: 5 cm. Bolos de 10 a 12 cm: 15%; gravas de 5 a 10 cm: 45%; Gravas de 0.2 a 5 cm: 25%; matriz arenosa: 15%.		<b>NOTAS</b>		<b>Revestimiento</b>	
<b>Fecha</b> 15/09/13		<b>Tipo de perforación</b>		<b>Revestimiento</b>		<b>Prof. Agua (m)</b>		<b>NOTAS</b>		<b>Revestimiento</b>			

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 FONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 OX ÓXIDO  
 Q CUARZO  
 M1 MUESTRA INALTERADA  
 UG ENSAYO LUGENON  
 Q CUARZO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 A1 ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO



**ProlInversión**

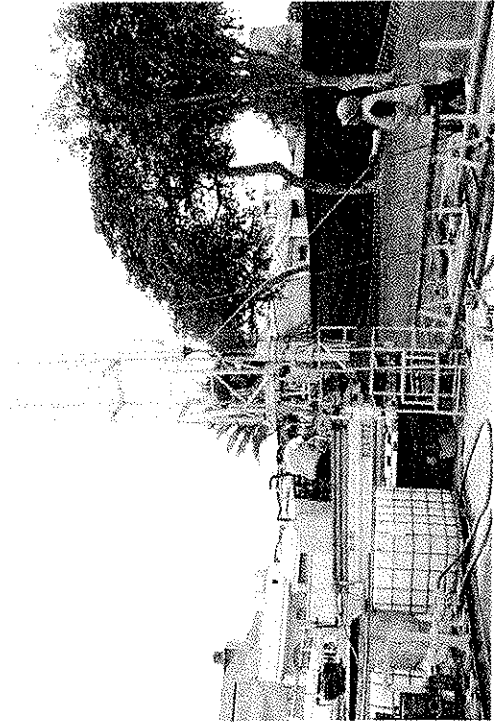
Asesoría e Ingeniería

SONDEO N°:

S-3/L2



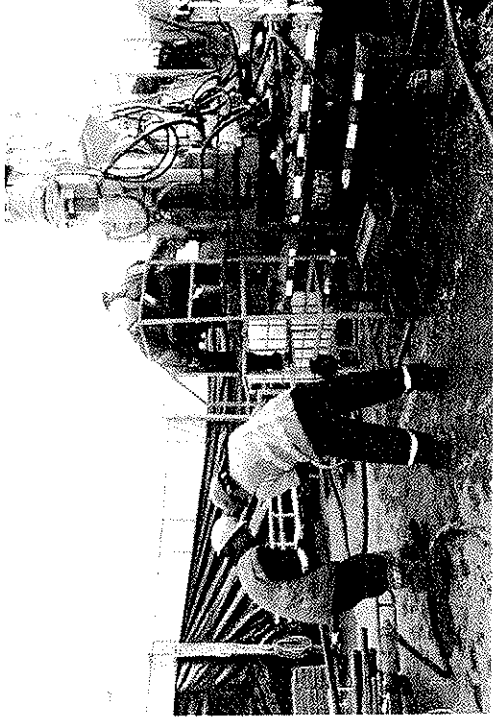
Ejecución de calicata previa para comprobación de servicios



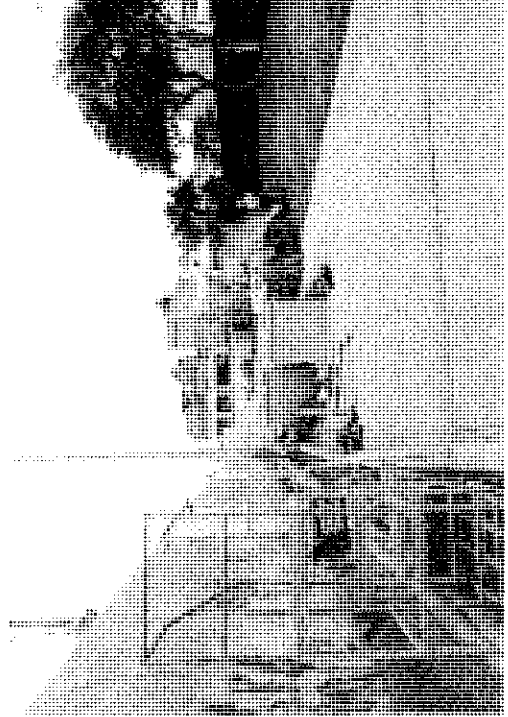
Ejecución del ensayo de Cono de Peck



**ayesa**



Perforación del sondeo S-3/L2



Área de trabajo e instalación de equipo.

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
**REPRESENTANTE LEGAL**



*[Handwritten signature]*

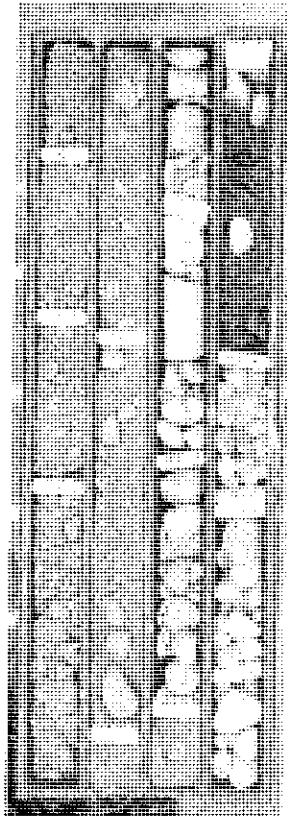


Proinversión

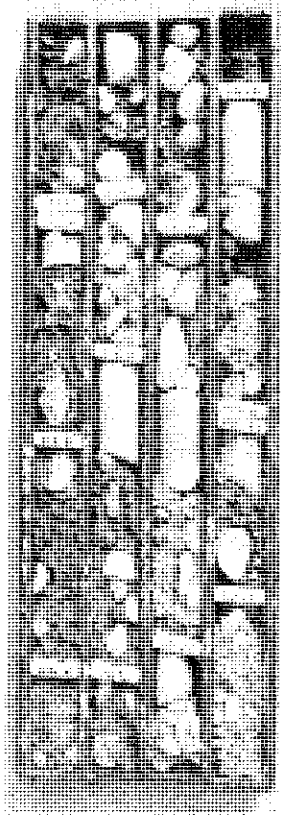
Ministerio de Economía y Finanzas

SONDEO N°:

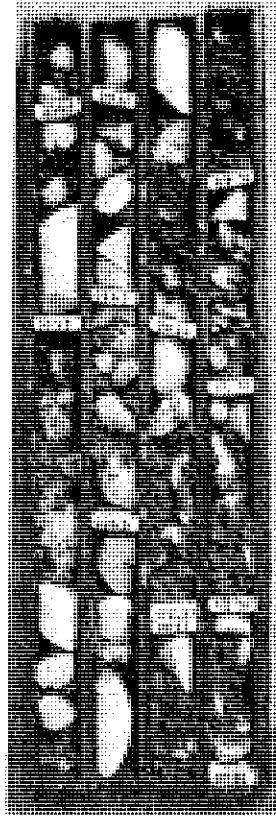
S-3/L2



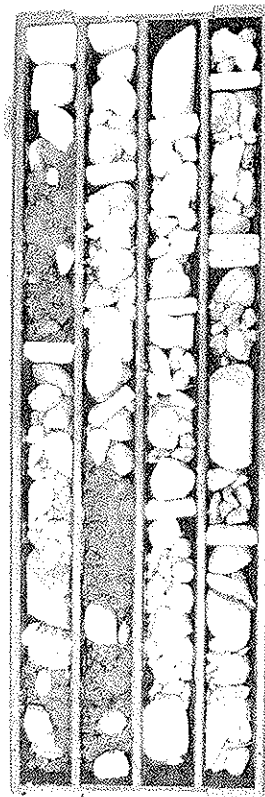
Caja 1. De 0,0 a 4,20 m



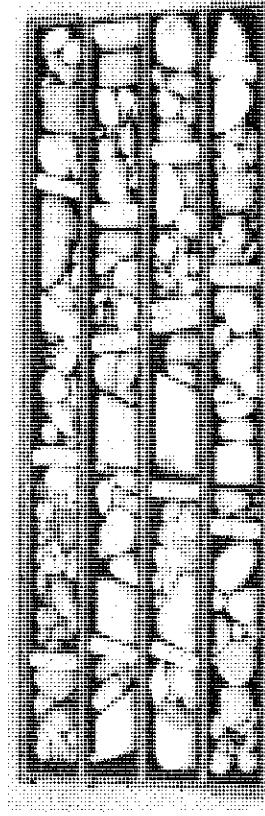
Caja 2. De 4,20 a 8,25 m



Caja 3. De 8,25 a 12,50 m



Caja 4. De 12,50 a 17,0 m



Caja 5. De 17,0 a 21,20 m

Caja 6. De 21,20 a 25,65 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[1147]

000766





Proinversión

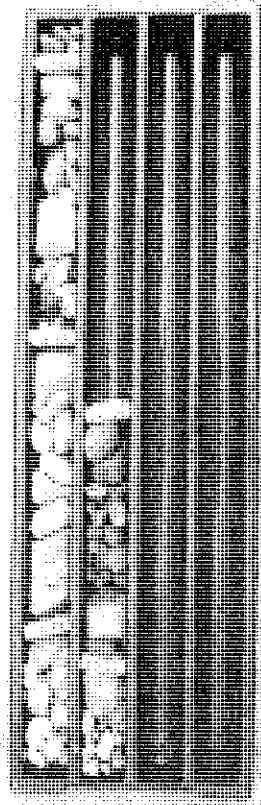
República Peruana de Inversión

SONDEO Nº:

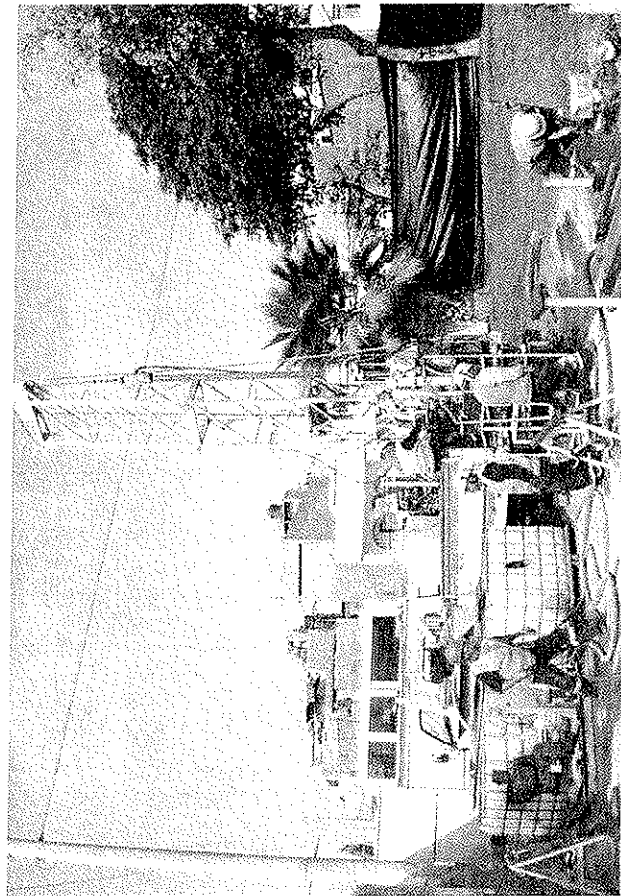
S-3/L2



Caja 7. De 25,65 a 30,15m



Caja 8. De 30,15 a 32,0 m



Vista durante la perforación del sondeo S-3/L2

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten mark or signature

CLIENTE:  
**ProInversión**  
TRABAJO:  
Campana Geotécnica Complementaria.  
Mtro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.EMPRESA CONSULTORA:  
**OVESO**

Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: Geotechnical Peru  
Sondista: Geotechnical  
Equipo: Geotechnical 2

P.K.: 12+023  
X UTM: 278.304.0  
Y UTM: 8.865.991.0  
Z UTM: 135.2

SONDEO: **S-4 L2**  
Hoja: 1 de 4  
F. de inicio: 18/09/2013  
F. finalización: 22/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Muestreas/Ensayos													
							Intervalo (m)	Resultados	Colpas/30cm	Granulometría % Fases	Límites Atterberg	Equipos parafrag	Edómetro	Ensayo de corte	Tensión	Comentarios				
0.0	HQ BD	18/09/13																		
1.0						Relevo entópico. Mezcla heterogénea de arenas, limos y arcillas de color marrón o gris, con algunas gravillas y gravas subangulosas.	0.9	1	0.1											
2.0						Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa fina, marrón oscura. Gravos polimórficos subangulosos. Tamaño medio: 2 - 8 cm. Tamaño modal: 6 cm. Porcentajes estimados: Grava 5 - 8 cm: 60%; Grava 0.2 - 5 cm: 15%; Matriz 25%.	2	2	1.5											
3.0						Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa gruesa, marrón oscuro, frecuentemente lavada por la perforación. Gravos y bolos grises polimórficos, subangulosos de 1 a 14 cm. Tamaño modal: 6-8 cm. Estimación porcentual: bolos 10-14 cm: 40%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm: 20%; matriz arenosa: 10% (lavado).	3	3	2.7											
4.5							4.5	4	1.5											
5.3							5	5	2.7											
6.2							6	6	2.7											
7.25							7	7	2.7											
7.85							8	8	2.7											
8.8							9	9	2.7											
9.8							10	10	2.7											
10.25							11	11	2.7											
11.2							12	12	2.7											
12.25							13	13	2.7											
13.5							14	14	2.7											
14.5							15	15	2.7											
15.5							16	16	2.7											
16.5							17	17	2.7											
17.5							18	18	2.7											
18.5							19	19	2.7											
19.5							20	20	2.7											
20.5							21	21	2.7											
21.5							22	22	2.7											
22.5							23	23	2.7											
23.5							24	24	2.7											
24.5							25	25	2.7											
25.5							26	26	2.7											
26.5							27	27	2.7											
27.5							28	28	2.7											
28.5							29	29	2.7											
29.5							30	30	2.7											
30.5							31	31	2.7											
31.5							32	32	2.7											
32.5							33	33	2.7											
33.5							34	34	2.7											
34.5							35	35	2.7											
35							36	36	2.7											
35.5							37	37	2.7											
36							38	38	2.7											
36.5							39	39	2.7											
37							40	40	2.7											
37.5							41	41	2.7											
38							42	42	2.7											
38.5							43	43	2.7											
39							44	44	2.7											
39.5							45	45	2.7											
40							46	46	2.7											
40.5							47	47	2.7											
41							48	48	2.7											
41.5							49	49	2.7											
42							50	50	2.7											
42.5							51	51	2.7											
43							52	52	2.7											
43.5							53	53	2.7											
44							54	54	2.7											
44.5							55	55	2.7											
45							56	56	2.7											
45.5							57	57	2.7											
46							58	58	2.7											
46.5							59	59	2.7											
47							60	60	2.7											
47.5							61	61	2.7											
48							62	62	2.7											
48.5							63	63	2.7											
49							64	64	2.7											
49.5							65	65	2.7											
50							66	66	2.7											

Final manobra (m) 50

Mezclas: RMR (Seco) 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100

Nº de juntas/m 0


Meteorización 0

Q de Barton 0

Tipos de Ensayos: 50R, 50R

Ensayos de laboratorio: 50R

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



MI MUESTRA INALTERADA  
LF ENSAYO LEFRANC  
Cx: Oxido

MA MUESTRA ALTERADA  
LG ENSAYO LUGERON  
R: CUARZO

SPT PENETRÓMETRO  
Ar: ARCILLA

TP TESTIGO PARAFINADO  
M: MUESTRA DE AGUA

PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
DL ENSAYO DILATOMÉTRICO



[1151]

000770

**CLIENTE:** ProlInversión  
**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.  
**EMPRESA CONSULTORA:** GVESSO

**Supervisor:** Pablo Aguero  
**Empresa:** Geconsult Peru  
**Sonidista:**  
**Equipo:** Geconsult 2

**P.K.:** 12+023  
**X UTM:** 278.104.0  
**Y UTM:** 8.665.991.0  
**Z UTM:** 135.2

**SONDEO:** S-4 L2  
**Hoja:** 3 de 4  
**F. de inicio:** 18/09/2013  
**F. finalización:** 22/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final muestra (m)																									
										20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0															
20.0	HQ BD	21/09/13					Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa media (estimación, lavada por la perforación). Gravos subangulosos poliméricos de color gris. Compactación densa. Tamaño 2 a 12 cm. Tamaño modal 6-8 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-12 cm. 15%, gravas 5-10 cm. 50%, Gravos 0.2-5 cm. 20%, matriz. 15% (estimada, lavada).	24	4	20.2	20.4	20.6	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.2	23.4	23.6	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	25.0	
21.0							Gravas mal graduadas. Gravos subangulosos en matriz arenosa media (estimación, lavada por perforación). Gravos subangulosos y angulosos, poliméricos, color gris, compactación densa. Tamaño de 2 a 14 cm. Tamaño modal 6-8 cm. Estimación porcentual: bolos 10-14 cm. 10%, Gravos 5-10 cm. 55%, Gravos 0.2-5 cm. 20%; Matriz. 15% (estimación, lavada).																												
22.0							Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media-fina (estimación, lavada por perforación), grava subangulosa, polimérica, gris, compactación densa. Tamaño de 2 a 11 cm. Tamaño modal 4 a 6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-11 cm. 10%, Gravos 5-10 cm. 45%, Gravos 0.2-5 cm. 30%, Matriz (estimada, lavada) 15%.	27.75	2.15	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5
23.0																																			
24.0																																			
25.0																																			
26.0																																			
27.0																																			
28.0																																			
29.0																																			
30.0																																			

Ensayos de laboratorio

Muestra/Ensayos	Intervalo (m)	Tipo	Granulometría % Pasos		Límites de Atterberg		Estado natural		Esfuerzo de corte		Triaxial	Contenido
			max	2 mm	0.4 mm	0.075 mm	WP	PL	Humedad	Plasticidad		
Resultados												
Colpas: 30cm												

MI MUESTRA INALTERADA LF ENSAYO LUGEN Ox CUAZO

MI MUESTRA ALTERADA SPT PENETRÓMETRO Ar ARCILLA

MI MUESTRA PARA FINADO TP TESTIGO PARA FINADO MV MUESTRA DE AGUA



[1152]

000771

CLIENTE: **ProInversión**  
 EMPRESA CONSULTORA: **avesa**  
 SUPERVISOR: Pablo Aguirre  
 EMPRESA: Geconsult Peru  
 SONDISTA: Geconsult 2  
 EQUIPO: Geconsult 2

TRABAJO: **Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**

SONDEO: **S-4 L2**  
 Hoja: 4 de 4  
 F. de inicio: 18/09/2013  
 F. finalización: 22/09/2013

P.K.: 12+023  
 X UTM: 278.104.0  
 Y UTM: 8.665.991.0  
 Z UTM: 135.2

**Ensayos de laboratorio**

Granulometría % Paso	max	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	4.75 mm	7.5 mm	14.75 mm	30.0 mm	60.0 mm	75.0 mm	150.0 mm	300.0 mm
	min	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	4.75 mm	7.5 mm	14.75 mm	30.0 mm	60.0 mm	75.0 mm	150.0 mm	300.0 mm

**Muestras/Ensayos**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**Q de Barton**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**RMR (Sec)**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**Nº de juntas/m**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**Mezclas**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**Profundidad (m)**

Intervalo (m)	30-33.0
Resultados	50R
Tipos	50R

**Descripción litológica**

Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa media a fina (estimación). Matriz lavada por perforación. Grava subangulosa y subredondeada. Polimítica, compactada densa, color gris. Tamaño de 2 a 14 cm. Tamaño medial 3-4 cm.

**Columna litológica**

Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa media a fina (estimación). Matriz lavada por perforación. Grava subangulosa y subredondeada. Polimítica, compactada densa, color gris. Tamaño de 2 a 14 cm. Tamaño medial 3-4 cm.

Nota: 5. Estimación porcentual: 10-14 cm 5%, 15-20 cm 30%, 20-30 cm 45%, mayor 10% (estimada).  
 Lavado: 100% de 14 cm a 30.0 cm.

MA MUESTRA ALITERADA  
 LG ENSAYO LUGER  
 O CUARZO  
 MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 Ox Oxido  
 SPT PENETROMETRO  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 AW MUESTRA DE AGUA  
 AR ARCILLA  
 PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

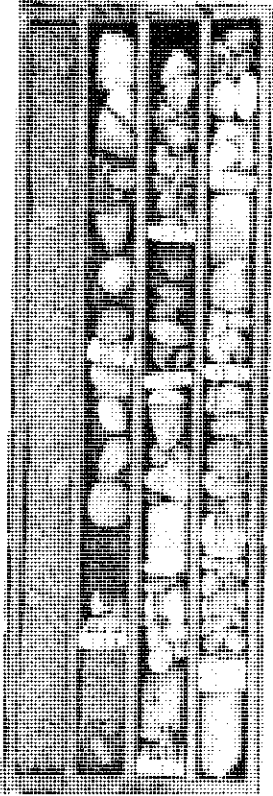




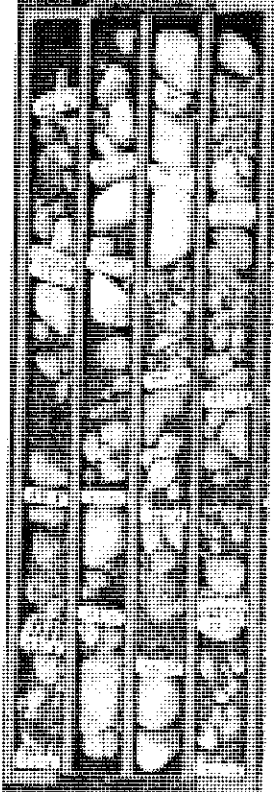
ProInversión

SONDEO N°:

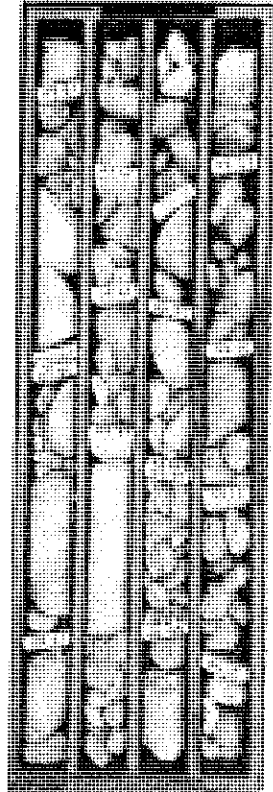
S4 L2



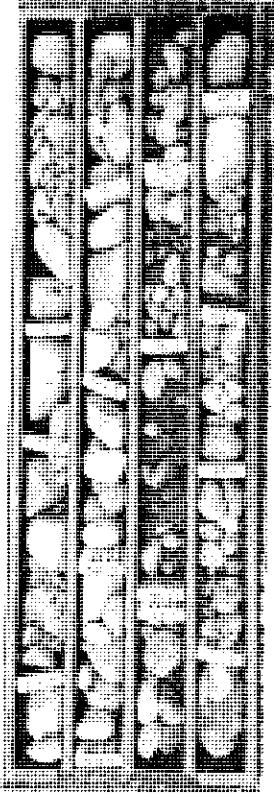
Caja 1. De 0,0 a 3,80 m



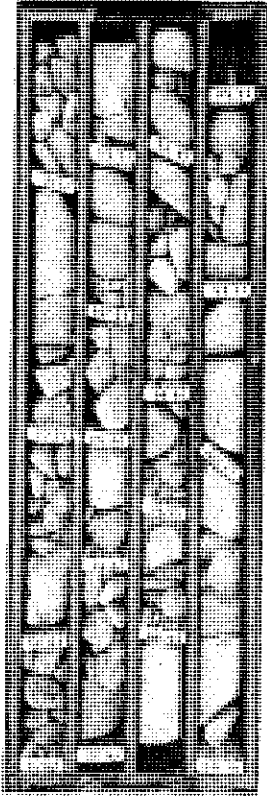
Caja 3. De 8,35 a 13,15 m



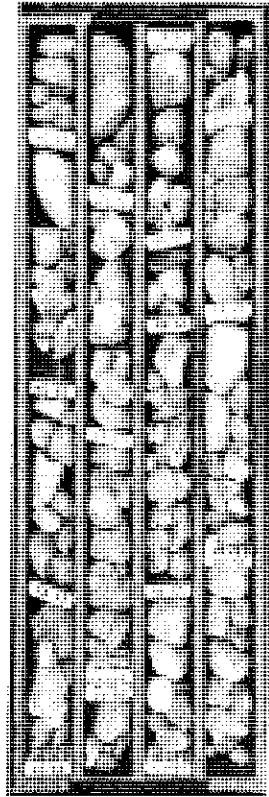
Caja 5. De 17,60 a 22,50 m



Caja 2. De 3,80 a 8,35 m



Caja 4. De 13,15 a 17,60 m



Caja 6. De 22,50 a 27,75 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

[1153]  
000772

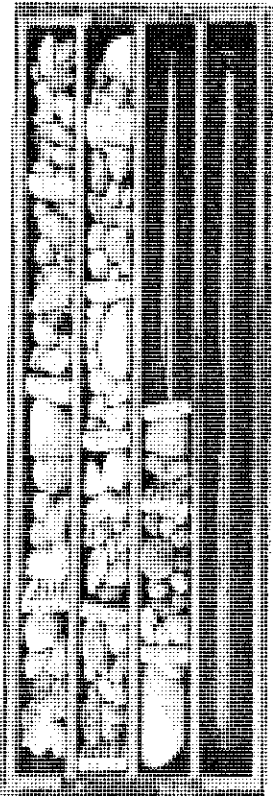


ProInversión

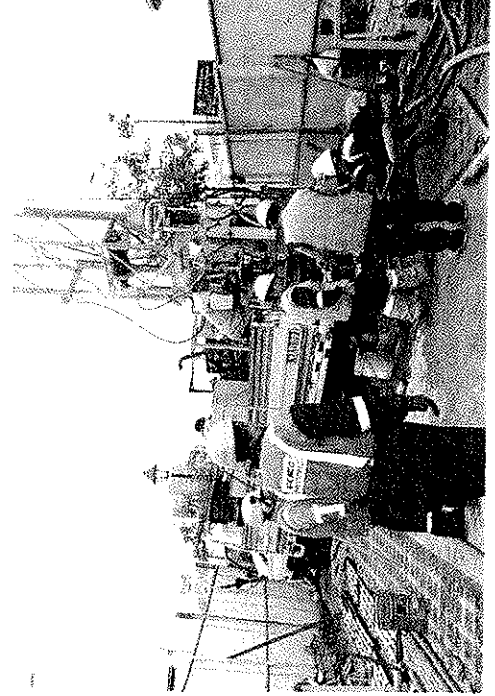
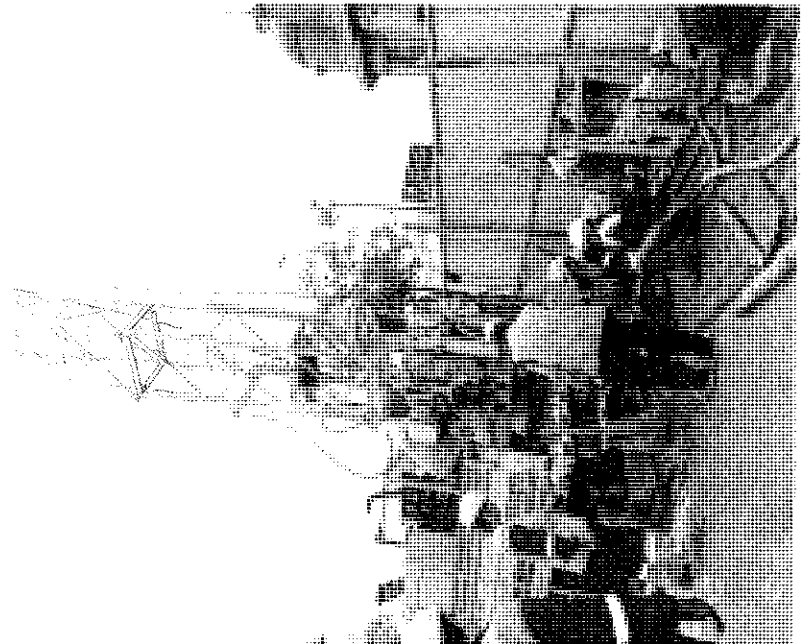
Corporación Promotora de Inversión

SONDEO N°:

S4 L2



Caja 7. De 27,75 a 31,0m



A

CLIENTE: **ProInversión**  
 TRABAJO: **Campaña Geotécnica Complementaria. Línea 2 y ramal L4. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**  
 EMPRESA CONSULTORA: **aveso**  
 Supervisor: **Pablo Aquero**  
 Empresa: **Geiconsult Peru**  
 Sondista: **Geiconsult 2**  
 Equipo: **Geiconsult 2**  
 P.K.: **15+730**  
 X UTM: **281589**  
 Y UTM: **8665896**  
 Z UTM: **177.3**  
 SONDEO: **S-5 L2**  
 Hoja: **1 de 4**  
 F. de inicio: **17/09/2013**  
 F. finalización: **20/09/2013**

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor (m)	Final manobra (m)	Muestras/Ensayos		Ensayos de laboratorio	
										Interv. (m)	Resultados	Gravimétrica % Págs	Humedad
10.00	HO BD	18/09/13					Grava mal gradada. Gravas y bolos en matriz arenosa gruesa de color gris. (recuperada). Gravas polimicas subangulosas de compacidad media de 1 a 11 cm de tamano. Tamaño modal 5-5 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 46%; Gravas 0.2-5 cm: 46%; Matriz: 10% (estimada).	4.45	9	5.1	5.1	5.1	5.1
9.00							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa de color gris. Gravas polimicas y subangulosas. Tamaño: 1 a 11 cm. Tamaño modal 4-6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 40%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Arenas (matriz): 25%.	5.75	9	5.75	5.75	5.75	5.75
8.00							Grava mal gradada. Gravas y bolos subangulosos polimicos de color gris y de 2 a 14 cm de tamano. Tamaño modal 5-10 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 10%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm y matriz: 10%.	0.69	9	0.69	0.69	0.69	0.69
7.00							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa de color gris. Gravas polimicas y subangulosas. Tamaño: 1 a 11 cm. Tamaño modal 4-6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 40%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Arenas (matriz): 25%.	3.25	9	3.25	3.25	3.25	3.25
6.00							Grava mal gradada. Gravas y bolos subangulosos polimicos de color gris y de 2 a 14 cm de tamano. Tamaño modal 5-10 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 10%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm y matriz: 10%.	6.25	9	6.25	6.25	6.25	6.25
5.00							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa de color gris. Gravas polimicas y subangulosas. Tamaño: 1 a 11 cm. Tamaño modal 4-6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 40%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Arenas (matriz): 25%.	6.25	9	6.25	6.25	6.25	6.25
4.00							Grava mal gradada. Gravas y bolos subangulosos polimicos de color gris y de 2 a 14 cm de tamano. Tamaño modal 5-10 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 10%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm y matriz: 10%.	6.25	9	6.25	6.25	6.25	6.25
3.00							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa de color gris. Gravas polimicas y subangulosas. Tamaño: 1 a 11 cm. Tamaño modal 4-6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 40%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Arenas (matriz): 25%.	3.4	9	3.4	3.4	3.4	3.4
2.00							Grava mal gradada. Gravas y bolos subangulosos polimicos de color gris y de 2 a 14 cm de tamano. Tamaño modal 5-10 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 10%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm y matriz: 10%.	3	9	3	3	3	3
1.00							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa de color gris. Gravas polimicas y subangulosas. Tamaño: 1 a 11 cm. Tamaño modal 4-6 cm. Estimación porcentual: Bolos 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 40%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Arenas (matriz): 25%.	2.8	9	2.8	2.8	2.8	2.8
0.00							Grava mal gradada. Gravas y bolos subangulosos polimicos de color gris y de 2 a 14 cm de tamano. Tamaño modal 5-10 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 10%; Grava 5-10 cm: 30%; Grava 0.2-5 cm y matriz: 10%.	1.8	9	1.8	1.8	1.8	1.8

MA MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LUGEDN  
 Q. CUARZO  
 M. MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 Ox: OXIDO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 A: ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIÓMETRICO. DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

[1155]

000774

*(Handwritten signature)*



**CLIENTE:** ProInversión  
 TRABAJO: Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.  
**EMPRESA CONSULTORA:** OVEESA CONSULTING S.A.  
**Supervisor:** Pablo Aguirri  
**Empresa:** Geoconsult Peru  
**Sondista:**  
**Equipo:** Ceconsult 2  
**P.K.:** 15+730  
**X UTM:** 281589  
**Y UTM:** 8665896  
**Z UTM:** 177.3  
**SONDEO:** S-5 L2  
**Hoja:** 2 de 4  
**F. de inicio:** 17/09/2013  
**F. finalización:** 20/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Textura	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Sec)	Q de Barton	Resultados		Ensayos de laboratorio			Tipo	Tramado	Contenidos								
														Intervalo (m)	Colpes/30cm	Granulometría % Pasa	Límites Atterberg	Estare natural				Fundeb	C	OC	OC3	Edmetro	Esayo de corte	Y <sub>p</sub> (%)	Y <sub>l</sub> (%)
19,95									19,95																				
19,35									19,35																				
18,9									18,9																				
18,35									18,35																				
18,0									18,0																				
17,3									17,3																				
16,95									16,95																				
16,35									16,35																				
16									16																				
15,95									15,95																				
15,35									15,35																				
14,7									14,7																				
14,1									14,1																				
13,45								13,45	13,45																				
13,8									13,8																				
12,3									12,3																				
12,85									12,85																				
13,45									13,45																				
13,9									13,9																				
14,1									14,1																				
14,7									14,7																				
15,05									15,05																				
15,3									15,3																				
15,9									15,9																				
16,35									16,35																				
16,95									16,95																				
17,3									17,3																				
18,0									18,0																				
18,9									18,9																				
19,35									19,35																				
20,85									20,85																				

Muestra Inalterada: MI MUESTRA INALTERADA  
 Muestra Alterada: MA MUESTRA ALTERADA  
 Tipo de Perforación: TP TESTIGO PARAFINADO  
 Tipo de Muestra: MM MUESTRA DE AGUA  
 Tipo de Ensayo: LE ENSAYO LUGON  
 Tipo de Arcilla: AI ARCILLA  
 Tipo de Ensayo Presiométrico: PE ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
 Tipo de Ensayo Dilatométrico: DE ENSAYO DILATOMÉTRICO

[1157]

000776

**CLIENTE:**  
ProInversión  
Metros de Lima y Callao S.A.

**TRABAJO:**  
Campaña Geotécnica Complementaria.  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal I.4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  
avesa  
S.A.  
INGENIERIA CONSULTIVA

**Supervisor:** Pablo Aguirre  
**Empresa:** Geiconsult Perú  
**Sonlista:**  
**Equipo:** Geiconsult 2

**P.A.:** 15+730  
**X UTM:** 281588  
**Y UTM:** 8665866  
**Z UTM:** 177.3

**SONDEO:**  
Hoja: 3 de 4  
F. de inicio: 17/09/2013  
F. finalización: 20/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Muestra litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manifiesto (m)	Matriz (Seco)				N° de juntas/m	Materización	C de Barton	Muestras/Ensayos	Ensayos de laboratorio					Contenedores	
										Gravillas (>2mm)	Gravillas (2-4mm)	Gravillas (4-8mm)	Gravillas (>8mm)					Gravillas (max)	Gravillas	Gravillas	Gravillas	Gravillas		Gravillas
20.0	HQ BD	20/09/13				Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa sin finos. Compacidad densa, policáulicas, subredondeadas y subangulosas. Tamaño de 1 a 11 cm. Tamaño modal: 4 cm. Estimación porcentual: Gravillas: 10-51 cm: 5%. Gravillas 5-10 cm: 35%. Gravillas 0.2-5 cm: 30%. Matriz: 25%.	20.85	2.8	20.45	20.8								Gravillas (max): 2 mm, 0.4 mm, 0.08 mm, 2 μm	Límites Atterberg: WL, WP	Estado natural: Humedad, Densidad	Estudio de corte: Tipo, γ', γ <sub>v</sub>	Edificio: R.C.S. (k/cm <sup>2</sup> ), P. específico	MO, SO, CO	
21.0						Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa sin finos. Compacidad densa, de color gris oscuro. Grava subangulosas y subredondeadas. Tamaño de 1 a 7 cm. Tamaño modal de 4 a 5 cm. Estimación porcentual: Gravillas: 5-7 cm: 45%. Gravillas 0.2-5 cm: 15%. Matriz: 40%.	22.5	1.65	21.5	21.5														
22.0						Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa gruesa, de color marrón grisáceo.	22.5	3.15	24.6	24.6														
24.0						Grava mal gradada. En matriz arenosa media con algo de finos. Color marrón grisáceo. Gravas subangulosas policáulicas de compacidad densa. Tamaño: 2-9 cm. Tamaño modal: 5-6 cm. Estimación porcentual: Gravillas: 5-9 cm: 35%. Gravillas 0.2-5 cm: 25%. Matriz: 40%.	25.85	0.80	26.45	26.45														
26.0						Grava mal gradada. Grava en matriz arenosa media a fina.	26.45	26.45	26.45	26.45														
27.0						Grava mal gradada. Grava en matriz arenosa media con finos. Color marrón grisáceo. Gravas subangulosas y subredondeadas. Compacidad densa, Policáulicas. Tamaño: 2-8 cm. Tamaño modal: 4 cm. Estimación porcentual: Gravillas 5-8 cm: 15%. Gravillas 0.2-5 cm: 40%. Matriz: 45%.	29.95	3.15	29.95	29.95														
28.0						Color marrón grisáceo. Gravas subangulosas de compacidad densa, policáulicas. Tamaño: 1-7 cm. Tamaño modal: 3-4 cm. Estimación porcentual: Gravillas: 5-7 cm: 25%. Gravillas 0.2-5 cm: 50%. Matriz: 25%.	29.95	29.95	29.95	29.95														

Nota n° 1. Color marrón grisáceo. Gravas subangulosas de compacidad densa, policáulicas. Tamaño: 1-7 cm. Tamaño modal: 3-4 cm. Estimación porcentual: Gravillas 5-7 cm: 25%. Gravillas 0.2-5 cm: 50%. Matriz: 25%.

TP TESTIGO PARAFINADO RW MUESTRA DE AGUA  
SPT PENETRÓMETRO  
MA MUESTRA INALTERADA MI MUESTRA INALTERADA  
LG ENSAYO LUIGEN LF ENSAYO LUFRANC  
O CUARZO OX ÓXIDO

A: ARCILLA  
PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO





ProInversión

Regulación de la Inversión Privada

TRABAJO:

Campaña Geotécnica Complementaria,  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aquerrí  
Empresa: Geosconsult Peru  
Sondista:  
Equipo: Geoconsult 2

P.K.: 15+730  
X UTM: 281589  
Y UTM: 8865896  
Z UTM: 177.3

SONDEO: S-6 L2  
Hoja: 4 de 4  
F. de inicio: 17/09/2013  
F. finalización: 20/09/2013

Profundidad (m)	31.00
Tipo de perforación	HO BD
Fecha	20/09/13
Revestimiento	
Prof. Agua (m)	
Notas	

Columna litológica	
Descripción litológica	Gravas más gradadas. Grava en matriz arenosa gruesa a media con limos. Color marrón grisáceo. Gravas subangulosas y angulosas, polimícticas, compacidad densa. Tamaño 2-7 cm. Tamaño menor 4-5 cm. Estimación porcentual: Gravas 5-7 cm: 35%, Gravas de 0.2-5 cm: 30%, Matriz: 35%.
Prof. interior (m)	31.13
Esosor (m)	1.18
Final manobra (m)	30.80
Acabado	

Meteorización	
Nº de juntas/m	
RMR (Seco)	
Q de Barton	
Muestras/Ensayos	Resultados
Intervalo (m)	50R
Tipo	

Grandulometría % Fino	
Max	
7.5 mm	
4.75 mm	
0.075 mm	
0.075 mm	
2 µm	
Wp	
límites Atterberg	
Humedad	
Estado natural	
Índice de plasticidad	
Índice de consistencia	
Ethmetro	
Ensayo de corte	
Terminat	
Contenidos	

Ensayos de laboratorio	
Muestras/Ensayos	
Intervalo (m)	
Resultados	
Tipo	
Colpes/30cm	
Granulometría % Fino	
Max	
7.5 mm	
4.75 mm	
0.075 mm	
0.075 mm	
2 µm	
Wp	
límites Atterberg	
Humedad	
Estado natural	
Índice de plasticidad	
Índice de consistencia	
Ethmetro	
Ensayo de corte	
Terminat	
Contenidos	

[1158]

000777

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



MI MUESTRA INALTERADA  
LF ENSAYO LUGEDN  
Q: CUARZO

SPT PEREOMETRO  
A: ARCILLA

TF TESTIGO PARAFINADO  
MM MUESTRA DE AGUA

PR ENSAYO PRESIONOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

A

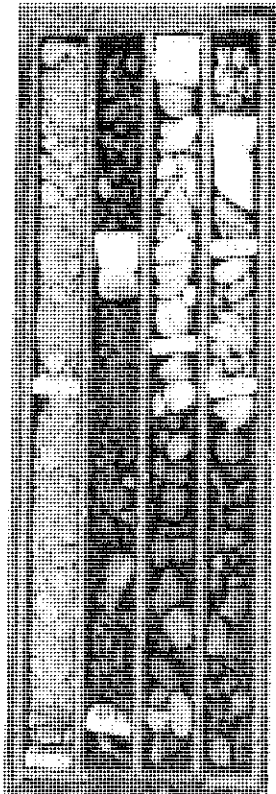


ProInversión

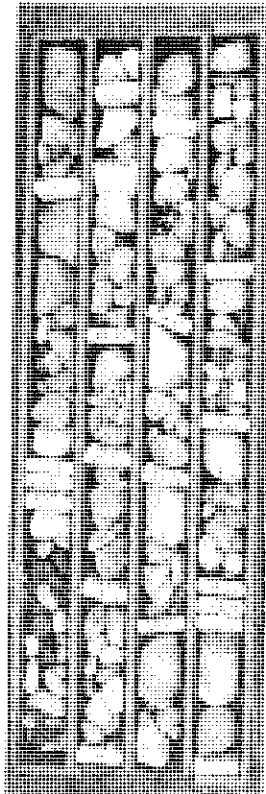
Proyecto de Inversión Pública

SONDEO N°:

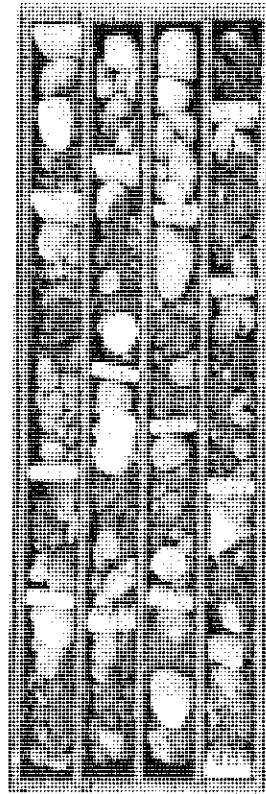
S5 L2



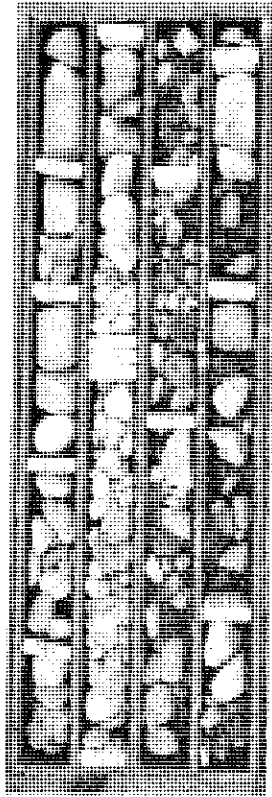
Caja 1. De 0,0 a 4,65 m



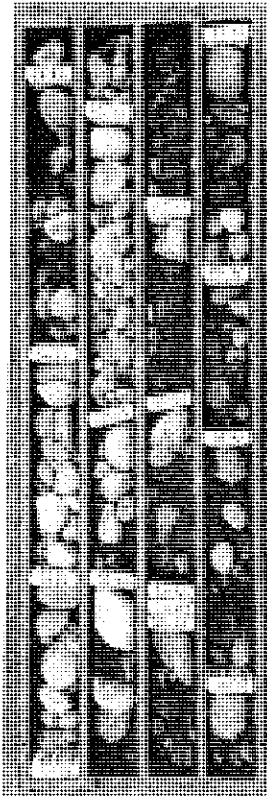
Caja 3. De 8,65 a 12,65 m



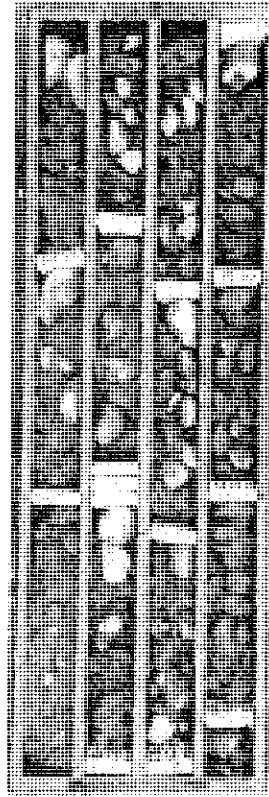
Caja 5. De 16,95 a 21,20 m



Caja 2. De 4,65 a 8,65 m



Caja 4. De 12,65 a 16,95 m



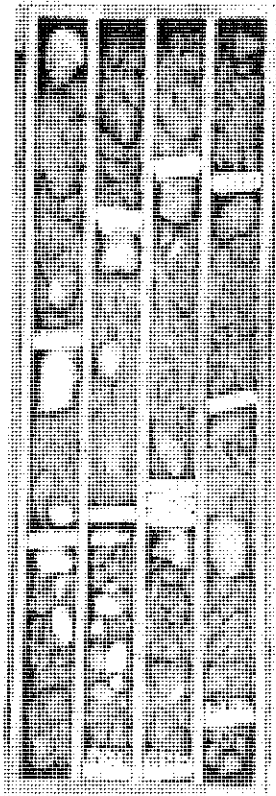
Caja 6. De 21,20 a 25,25 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

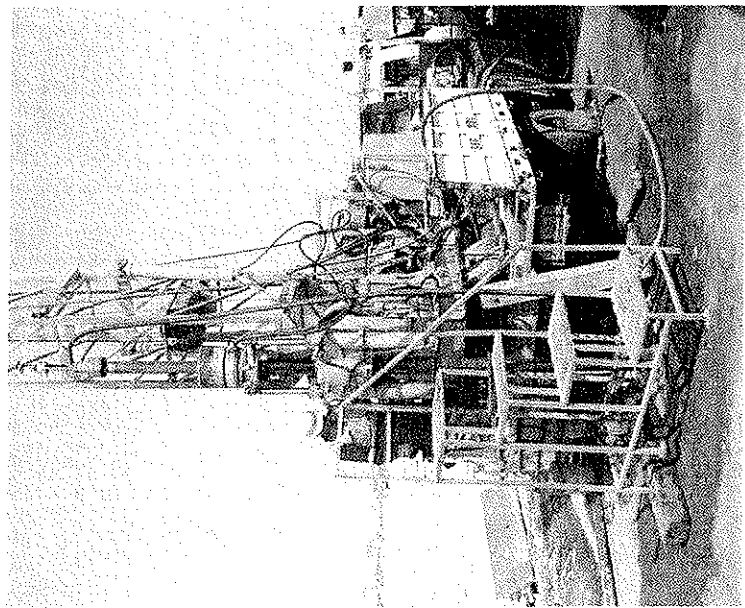


[1159]

000778



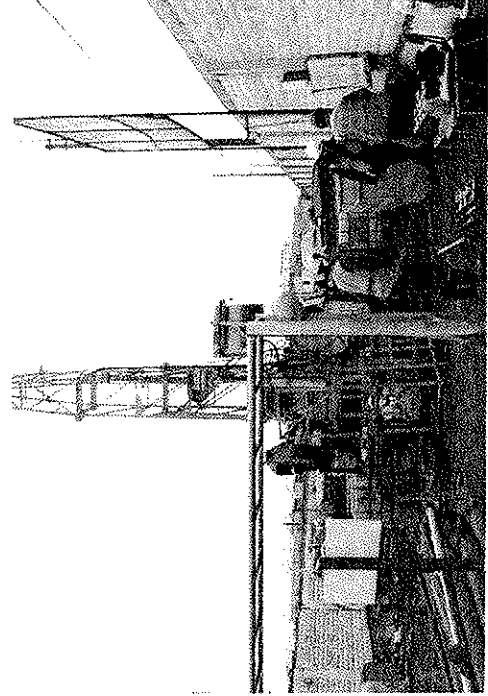
Caja 7. De 25,25 a 29,95 m



*[Handwritten signature]*



Caja 8. De 29,95 a 31,15 m





CLIENTE: **ProInversión**  
Calle: Av. Alameda 1000, Lima 3, Perú

TRABAJO: **Campana Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA: **avesa**  
C/Occconsult 2

Supervisor: **Pablo Aguirre**  
Empresa: **Cecoconsult Perú**  
Sondista: **Cecoconsult 2**  
Equipo: **Cecoconsult 2**

P.K.: **16+594**  
X UTM: **282400.7**  
Y UTM: **866598.26**  
Z UTM: **186.4**

SONDEO: **S-6 L2**  
Z de 4  
F. de inicio: **24/09/2013**  
F. finalización: **27/09/2013**

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Inferior (m)	Espesor (m)	Muestreo										Muestro Alterado	Muestro Ligeiro	Muestro de Arcilla																																					
										19.95	19.55	19.15	18.75	18.35	17.95	17.55	17.15	16.75	16.35				15.95	15.55	15.15	14.75	14.35	13.95	13.55	13.15	12.75	12.35	11.95	11.55	11.15	10.75	10.35	9.95	9.55	9.15	8.75	8.35	7.95	7.55	7.15	6.75	6.35	5.95	5.55	5.15	4.75	4.35	3.95	3.55	3.15	2.75	2.35	1.95	1.55
20.0	BD HC	27/09/13					GP. Grava mal graduada en matriz arenosa media a gruesa (estimada), lavada por perforación, gravas subangulosas y subredondeadas, colores grises, gravas poliméricas, de compactación densa y tamaño de 1 a 11 cm. Tamaño modal 2 a 6 cm. Estimación porcentual: bloques de 10 a 11 cm. 5%, gravas de 5 a 10 cm. 45%, gravas de 0.2 a 5 cm. 35%, matriz (estimada) 15%.	11.05	2.05	19.95	19.55	19.15	18.75	18.35	17.95	17.55	17.15	16.75	16.35	15.95	15.55	15.15	14.75	14.35	13.95	13.55	13.15	12.75	12.35	11.95	11.55	11.15	10.75	10.35	9.95	9.55	9.15	8.75	8.35	7.95	7.55	7.15	6.75	6.35	5.95	5.55	5.15	4.75	4.35	3.95	3.55	3.15	2.75	2.35	1.95	1.55	1.15	0.75	0.35
15.0	BD HC	26/09/13					GP. Grava mal graduada en matriz arenosa gruesa, color gris, de compactación densa. Gravos subangulosos, poliméricos de 2 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal: 5 cm. Estimación porcentual: gravas de 5 a 7 cm. 30%, gravas de 0.2 a 5 cm. 40%, matriz 30%.	13.2	2.15	19.95	19.55	19.15	18.75	18.35	17.95	17.55	17.15	16.75	16.35	15.95	15.55	15.15	14.75	14.35	13.95	13.55	13.15	12.75	12.35	11.95	11.55	11.15	10.75	10.35	9.95	9.55	9.15	8.75	8.35	7.95	7.55	7.15	6.75	6.35	5.95	5.55	5.15	4.75	4.35	3.95	3.55	3.15	2.75	2.35	1.95	1.55	1.15	0.75	0.35
10.0	BD HC	26/09/13					GP. Grava mal graduada en matriz arenosa gruesa a media (estimación, matriz lavada por perforación), poliméricas, de compactación densa, de 2 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal: 5 a 7 cm. Estimación de porcentajes: gravas de 5 a 10 cm. 60%, gravas de 0.2 a 5 cm. 25%, matriz (estimada) 15%.	15.35	2.15	19.95	19.55	19.15	18.75	18.35	17.95	17.55	17.15	16.75	16.35	15.95	15.55	15.15	14.75	14.35	13.95	13.55	13.15	12.75	12.35	11.95	11.55	11.15	10.75	10.35	9.95	9.55	9.15	8.75	8.35	7.95	7.55	7.15	6.75	6.35	5.95	5.55	5.15	4.75	4.35	3.95	3.55	3.15	2.75	2.35	1.95	1.55	1.15	0.75	0.35
5.0	BD HC	27/09/13					GP. Grava mal graduada en matriz arenosa media a gruesa (estimada), lavada por perforación, de color gris, poliméricas, subangulosas, de compactación densa. Estimación porcentual: gravas de 5 a 10 cm. 60%, gravas de 0.2 a 5 cm. 25%, matriz (estimada) 15%.	18	2.65	19.95	19.55	19.15	18.75	18.35	17.95	17.55	17.15	16.75	16.35	15.95	15.55	15.15	14.75	14.35	13.95	13.55	13.15	12.75	12.35	11.95	11.55	11.15	10.75	10.35	9.95	9.55	9.15	8.75	8.35	7.95	7.55	7.15	6.75	6.35	5.95	5.55	5.15	4.75	4.35	3.95	3.55	3.15	2.75	2.35	1.95	1.55	1.15	0.75	0.35

Muestras/Ensayos		Granulometría % Paso		Límites Atterberg		Estado natural		Ensayo de corte		Esbomero		F. específico		R C S (kN/m <sup>2</sup> )		Tipo		Tiempo		Contenidos	
Intervalo (m)	Copas/30cm	max	2 mm	0.075 mm	ML	VP	Wp	Wu	cu	cc	ac	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
18/28/72	5																				
5.0																					









ProInversión

CLIENTE:

TRABAJO:  
Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aguerrí  
Empresa: Geoconsult Perú  
Sondista:  
Equipo: Geoconsult 2

P.K.: 16+594

X UTM: 282400.7

Y UTM: 8665598.26

Z UTM: 196.4

SONDEO: S-6 L2

Hoja: 4 de 4

F. de inicio: 24/09/2013

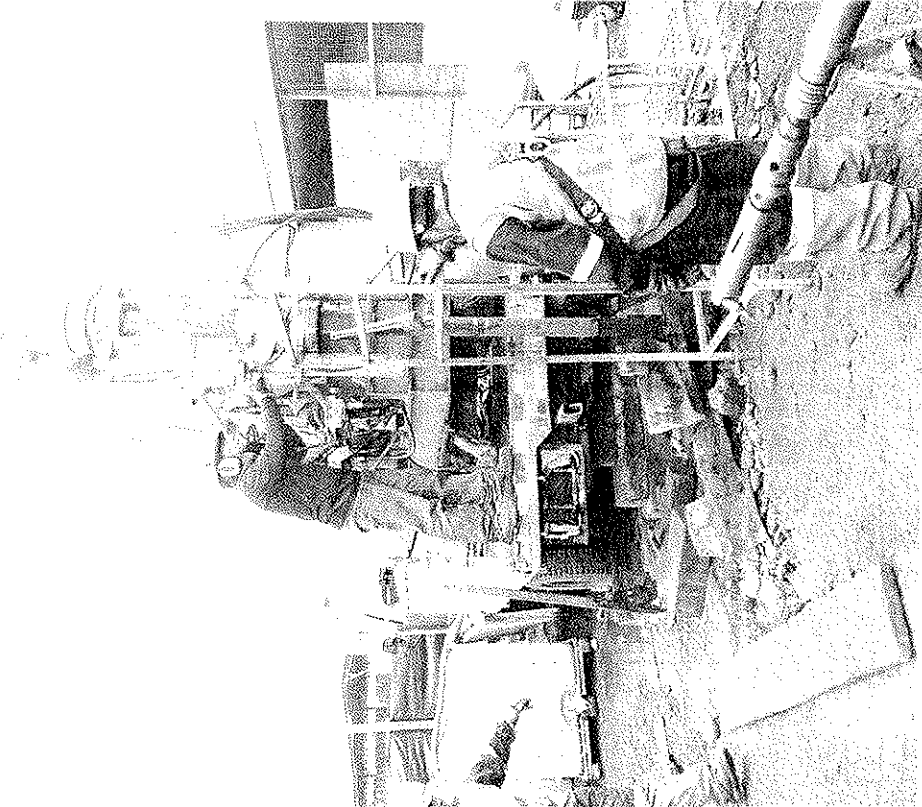
F. finalización: 27/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Materialización	Nº de juntas/m	RMR (Seco)	Q de Barton	Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Golpes/30cm	Granulometría % Pasa	Límites Atterberg	Estado natural	Ensayo de cont. (kg/cm³)	Trialat	Contenidos	
0.0	BD HQ	27/09/13					GP. Grava mal graduada en matriz arenosa media a gruesa (estimada, lavada por perforación), gravas subangulosas, compactación densa, polimérica de color gris, de tamaño de 2 a 8 cm. Estimación porcentual gravas de 5 a 8 cm: 65%, gravas de 0.2 a 5 cm 30%, matriz: 15%.	0.2	2	31.9 31.6 31.3 30.9 30.6															
0.2																									
0.4																									
0.6																									
0.8																									
1.0																									
1.2																									
1.4																									
1.6																									
1.8																									
2.0																									
2.2																									
2.4																									
2.6																									
2.8																									
3.0																									
3.2																									
3.4																									
3.6																									
3.8																									
4.0																									

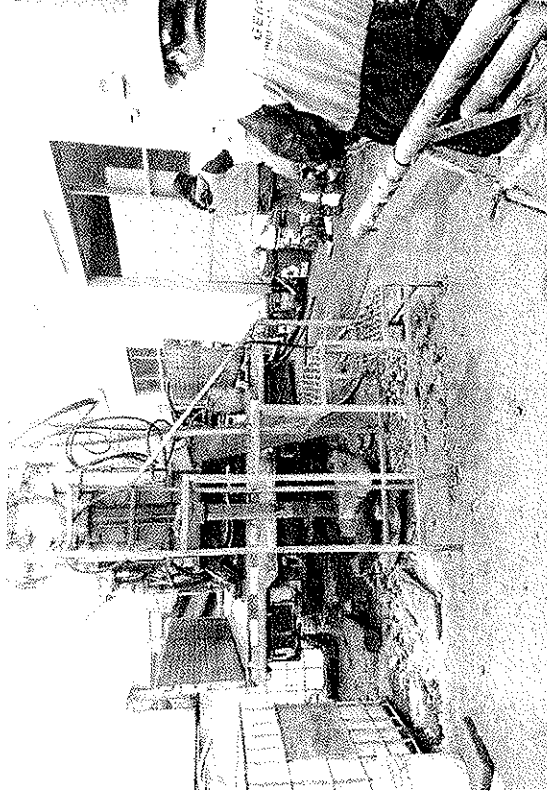
[1164]

000783





Maniobras de perforación en el sondeo S6/L2



Sondeo S-6/L-2



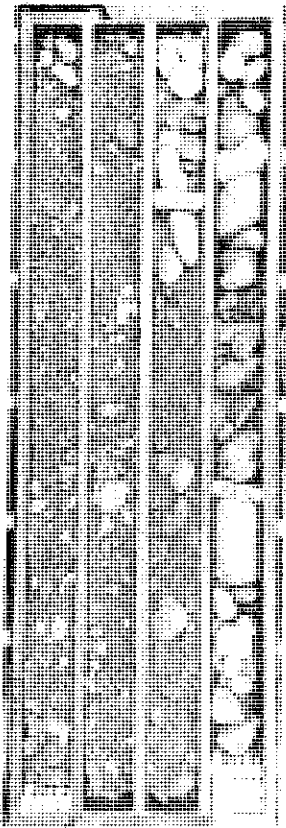


Promversión

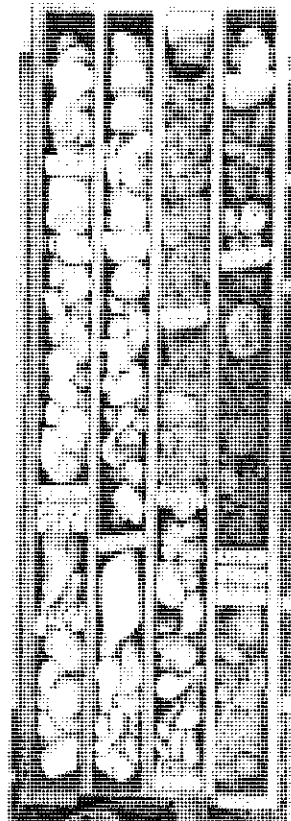
Av. San Agustín 100, Lima 100

SONDEO N°:

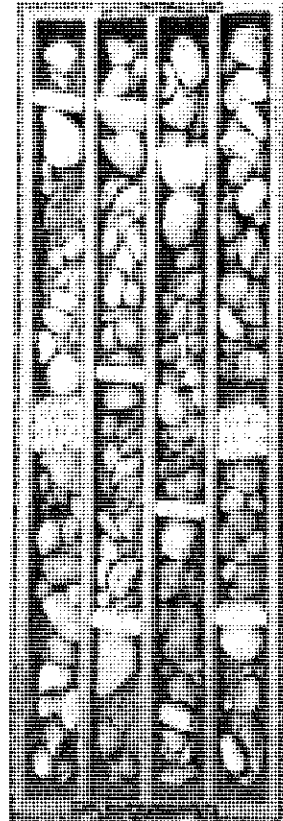
S-6/L2



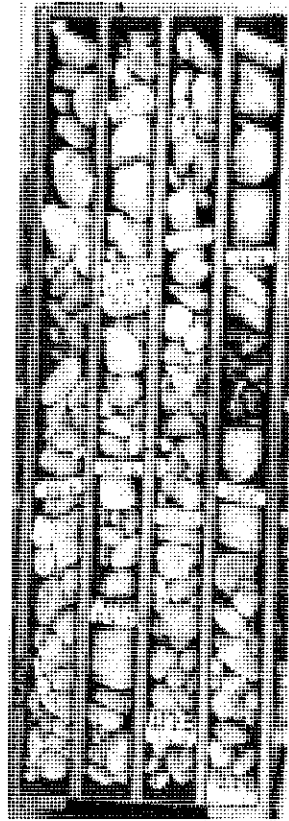
Caja 1. De 0,0 a 4,30 m



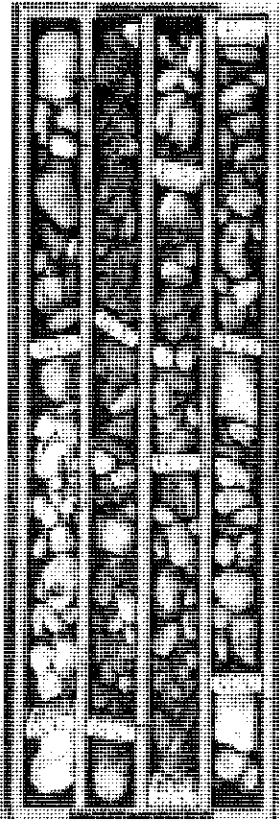
Caja 3. De 8,65 a 13,25 m



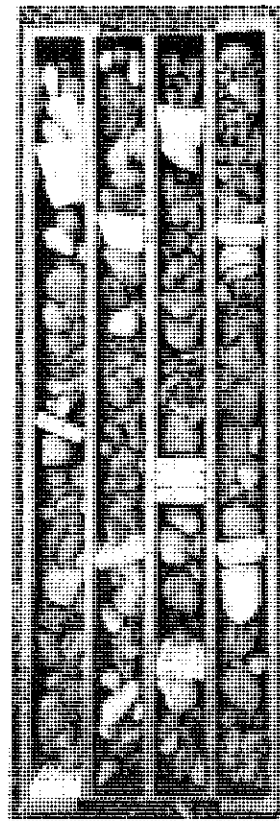
Caja 5. De 17,5 a 21,70 m



Caja 2. De 4,25 a 8,65 m



Caja 4. De 13,24 a 17,50 m



Caja 6. De 21,70 a 25,8 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A

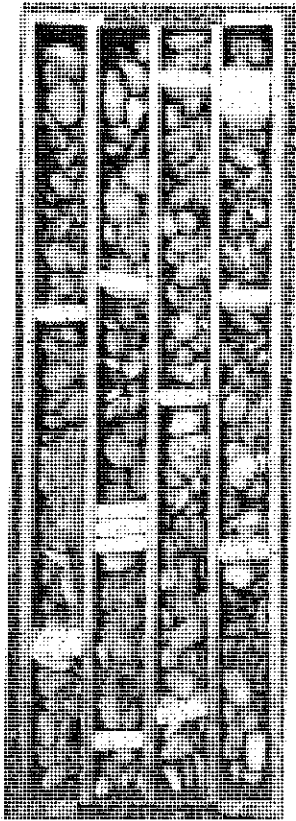


ProInversión

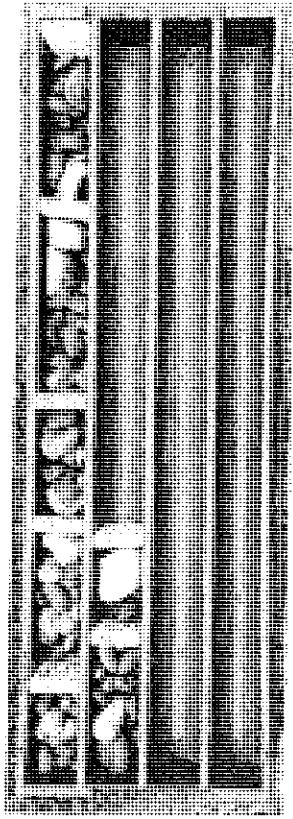
Agencia de Promoción de Inversión

SONDEO N°:

S-6/L2



Caja 7. De 25,8 a 30,1 m



Caja 8. De 30,1 a 32 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO MANRABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[1167]

000786



CLIENTE: ProInversión

TRABAJO: Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA: OVEASA

Supervisor: Pablo Aguerri  
 Empresa: Geoconsult Peru  
 Sondista: Geoconsult 1  
 Equipo: Geoconsult 1

P.K.: 18+446  
 X UTM: 284.225,0  
 Y UTM: 8.668.704,0  
 Z UTM: 219,4

SONDEO: S-7 L2  
 Hoja: 1 de 4  
 F. de inicio: 01/10/2013  
 F. finalización: 06/10/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Muestras/Ensayos	Intervalo (m)	Resultados	Ensayos de laboratorio																
								Granulometría % Paso	Límites Atterberg	Estado natural	P. específicos	Edómetro	Ensayo de corte	Trial	Contenidos									
1,0	HQ 8D	01/10/13		1,45	Material arcilloso. Material de relleno formado por limos arcillosos con gravas subangulosas con fragmentos de ladrillos, cemento y maderas, de colores marrón y gris, ligeramente húmedo.	0,5																		
2,0				2,3	Gravas limosas. Gravas con limos y arenas finas, de color marrón oscuro, húmeda. Gravas angulosas y subangulosas de 0,5 a 6 cm. Tamaño modal 3 a 4 cm. Estimación de porcentajes: gravas de 5 a 6 cm 25%, gravas de 0,2 a 5 cm 30%, arenas 30%, matriz: 15%.	2,3																		
3,0				4,05	Gravas mal graduadas. Gravas en matriz arenosa media a fina (estimada, lavada en algunas muestras, por la perforación), con algunos bolsos de color gris, compactad densa, gravas subangulosas y angulosas de 1 a 12 cm de tamaño. Tamaño modal 3 a 6 cm. Estimación porcentual: bolsos de 10 a 12 cm 5%, gravas de 5 a 10 cm 60%, gravas de 0,2 a 5 cm 20%, matriz: 15% (estimada, lavada).	3,4																		
4,0				6,35	Grava mal graduada en matriz arenosa media gruesa (estimación, matriz lavada por las perforación). Gravas angulosas y subangulosas, polimíticas, de compactad densa, color gris de 0,5 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal 3 a 4 cm. Estimación porcentual: Gravas de 5 a 7 cm 35%, gravas de 0,2 a 5 cm 50%, matriz: 15% (lavada por perforación).	6,35																		
5,0				7,6	Grava mal graduada con bolsos en matriz arenosa media a gruesa (estimada, lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, polimíticas, de compactad densa, color gris y de tamaño de 1 a 18 cm. Tamaño modal de 6 a 8 cm. Bolsos de 15 a 18 cm 10%, bolsos de 10 a 15 cm 15%, gravas de 6 a 10 cm 45%, gravas de 0,2 a 5 cm 15% y matriz: 15% (lavada).	7,6																		
6,0				9	Substrato rocoso moderadamente alterado y fracturado. Densidad significativa. Fracturas limas de arcillas, arcillas. Fracturas abiertas y virguladas. Dureza de roca B3-B4, color gris, tonos y patrones de fracturas suaves-ligeramente rugosos. Se distinguen un mínimo de dos familias de fracturas. Orientación 15-30° con respecto al core y 75 a 90° con respecto al core	9																		

[1168]

000787

Nota #1: Calcular de 1 a 13 y 7

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO H. JAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



MI MUESTRA INALTERADA LF ENSAYO LEFRANC Ox: OXIDC  
 MA MUESTRA ALTERADA LG ENSAYO LUGEON  
 SPT PENETRÓMETRO Ar: APCIILA  
 7P TESTIGO PARAFINADO MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

CLIENTE		TRABAJO:		EMPRESA CONSULTORA:		SUPERVISOR:		SONDEO:	
ProInversión		Campaña Geotécnica Complementaria.		EYESA C		Pablo Aguerri		S-7 L2	
M. P. O. S. R. S. S.		Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.		EYESA C		Pablo Aguerri		Hoja:	
S. P. D. S. S.				EYESA C		Geoconsult Peru		2 de 4	
S. P. D. S. S.				EYESA C		Geoconsult Peru		F. de inicio:	
S. P. D. S. S.				EYESA C		Geoconsult Peru		01/10/2013	
S. P. D. S. S.				EYESA C		Geoconsult Peru		F. finalización:	
S. P. D. S. S.				EYESA C		Geoconsult Peru		06/10/2013	

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Final (m)	Inicio (m)	Caudal (l/s)	Metración	N° de juntas	MTR (Seco)	C de Barton	Muestras/Ensayos		Intervalo (m)	Resultados	Tipos	Ensayos de laboratorio			
																	Tipo	Resistencia				Edómetro	Ensayo de corte	Trabajo	Contenido
20.1	HB BD	05/10/13				Columna litológica	Substrato rocoso moderadamente alterado y fracturado. Dicha litología silíceo-arcillosa, formada por areniscas, arenolitas, areniscas y arenolitas. Se observan fragmentos de la estructura original de la roca. Fracturas rellenas de arcilla y roca molida. Posible zona de ozalio o falla.	10.9	3.6	20.1	10.5	11.2	1.0					3.0	3.0						
18.3							Basamento rocoso completamente alterado y fracturado. Posible zona de falla. Se recupera unas arenas medias gruesas con gravas con algo de limo de color marrón amarillento arenarriado. Las gravas tienen un tamaño de 2 a 10 cm y corresponden a relictos de roca mas sana. 6% arenas. 40% gravas (SUCS: SW-SP-SM).	18.3	2.6	19.1	18.3	17.7	1.0					3.0	3.0						
15.7							Basamento rocoso fríasado y alterado. Dicha litología con fracturas abiertas rellenas de sercilla, oxidada de dureza R3 - R4, fracturas ondiliadas, poco rugosas, de paredes blandas. Dos familias de juntas 50-45° y 75° con respecto al core. De 15.40 a 15.65 m G.M. III y RCS R3-R1).	15.7	1.2	16.3	15.7	15.5	1.0					3.0	3.0						
14.5							Basamento rocoso fríasado y alterado. Dicha litología con fracturas abiertas rellenas de sercilla, oxidada de dureza R3 - R4, fracturas ondiliadas, poco rugosas, de paredes blandas. Dos familias de juntas 50-45° y 75° con respecto al core. De 15.40 a 15.65 m G.M. III y RCS R3-R1).	14.5	1.2	15.1	14.5	13.9	1.0					3.0	3.0						

[1169]  
000788

MA MUESTRA ALTERADA	IP TESTIGO PARAFINADO	MW MUESTRA DE AGUA
LF ENSAYO LEFRANC	SPT PENETRÓMETRO	
OX ÓXIDO	A: ARELLA	
	O: CUARZO	
		PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO
		DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

**CLIENTE:** ProInversión  
**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.  
**EMPRESA CONSULTORA:** OVEESA CONSULTORES S.A.  
**Supervisor:** Pablo Aguirre  
**Empresa:** Geiconsult Peru  
**Sonlista:**  
**Equipo:** Geiconsult 1  
**P.K.:** 18+446  
**X UTM:** 284.225.0  
**Y UTM:** 8.665.704.0  
**Z UTM:** 2.19.4  
**SONDEO:** S-7 L2  
**Hoja:** 3 de 4  
**F. de inicio:** 01/10/2013  
**F. finalización:** 06/10/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Vistas	Columna litológica	Descripción litológica	Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio																			
								Intervalo (m)	Resultados	Granulometría al Paso	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl									
20.0	HO BD	06/10/13					Substrato rocoso altamente alterado y fracturado. Dicotila biotítica muy alterada (G.M. IV-V), resistencia R0-A2, fracturas abiertas ligeramente rugosas, relleno arenoso, paredes oxidadas, se aprecian al menos dos familias de fracturas con orientación 0 a 15° con respecto al core y 45-60° con respecto al core. El alto grado de fracturación hace que se recupere roca molida en diferentes tramos.	SPT	50PR	0.4 mm	2 mm	0.08 mm	2 µm	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl
22.0							Substrato rocoso completamente alterado y triturado, posible zona de falla. Se recuperan arenas medias a finas bastante limosas de color marrón amarillento anaranjadas. (SUCS SM).	SPT	50PR	0.4 mm	2 mm	0.08 mm	2 µm	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl
24.0							Substrato rocoso completamente alterado y triturado, posible zona de falla. Se recuperan arenas medias de color marrón grisáceo (SUCS SW-SP). Compactación densa a muy densa.	SPT	50PR	0.4 mm	2 mm	0.08 mm	2 µm	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl	Wp	Wl
26.0																													
28.0																													
30.0																													

[1170]  
000789

MI MUESTRA INALTERADA LF ENSAYO LEFRANC  
 MA MUESTRA ALTERADA LG ENSAYO LUGEON  
 SPT PENETRÓMETRO  
 IP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA  
 AL ARCILLA  
 O CUARZO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

**CLIENTE:** Prolinversión  
**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.  
**EMPRESA CONSULTORA:** OYESA CONSULTORES S.A.  
**Supervisor:** Pablo Aguerri  
**Empresa:** Geconsul S Peru  
**Sondista:** Geconsul 1  
**Equipo:** Geconsul 1

**SONDEO:** S-7 L2  
 Hoja: 4 de 4  
 F. de inicio: 01/10/2013  
 F. finalización: 06/10/2013

**P.K.:** 18+446  
**X UTM:** 284 225.0  
**Y UTM:** 6 655 704.0  
**Z UTM:** 219.4

**Ensayos de laboratorio**

Edómetro	Ensayo de corte	Triaxial	Contenedores
cc	o	o	CO3CA
eo	o	o	SO3
cc	o	o	MO
eo	o	o	o
cc	o	o	o
eo	o	o	o

**Muestras/Ensayos**

Granulometría % Paso	Unidades Alteridad	Estigio natural	Humedad	Wp	WL	WU
75 µm	Wp					
4.75 mm						
75 µm						
0.4 mm						
2 mm						
75 µm						
0.4 mm						
2 mm						

**Resultados**

Intervalo (m)	Tipos
0.00 - 0.10	
0.10 - 0.20	
0.20 - 0.30	
0.30 - 0.40	
0.40 - 0.50	
0.50 - 0.60	
0.60 - 0.70	
0.70 - 0.80	
0.80 - 0.90	
0.90 - 1.00	
1.00 - 1.10	
1.10 - 1.20	
1.20 - 1.30	
1.30 - 1.40	
1.40 - 1.50	
1.50 - 1.60	
1.60 - 1.70	
1.70 - 1.80	
1.80 - 1.90	
1.90 - 2.00	
2.00 - 2.10	
2.10 - 2.20	
2.20 - 2.30	
2.30 - 2.40	
2.40 - 2.50	
2.50 - 2.60	
2.60 - 2.70	
2.70 - 2.80	
2.80 - 2.90	
2.90 - 3.00	
3.00 - 3.10	
3.10 - 3.20	
3.20 - 3.30	
3.30 - 3.40	
3.40 - 3.50	
3.50 - 3.60	
3.60 - 3.70	
3.70 - 3.80	
3.80 - 3.90	
3.90 - 4.00	
4.00 - 4.10	
4.10 - 4.20	
4.20 - 4.30	
4.30 - 4.40	
4.40 - 4.50	
4.50 - 4.60	
4.60 - 4.70	
4.70 - 4.80	
4.80 - 4.90	
4.90 - 5.00	
5.00 - 5.10	
5.10 - 5.20	
5.20 - 5.30	
5.30 - 5.40	
5.40 - 5.50	
5.50 - 5.60	
5.60 - 5.70	
5.70 - 5.80	
5.80 - 5.90	
5.90 - 6.00	
6.00 - 6.10	
6.10 - 6.20	
6.20 - 6.30	
6.30 - 6.40	
6.40 - 6.50	
6.50 - 6.60	
6.60 - 6.70	
6.70 - 6.80	
6.80 - 6.90	
6.90 - 7.00	
7.00 - 7.10	
7.10 - 7.20	
7.20 - 7.30	
7.30 - 7.40	
7.40 - 7.50	
7.50 - 7.60	
7.60 - 7.70	
7.70 - 7.80	
7.80 - 7.90	
7.90 - 8.00	
8.00 - 8.10	
8.10 - 8.20	
8.20 - 8.30	
8.30 - 8.40	
8.40 - 8.50	
8.50 - 8.60	
8.60 - 8.70	
8.70 - 8.80	
8.80 - 8.90	
8.90 - 9.00	
9.00 - 9.10	
9.10 - 9.20	
9.20 - 9.30	
9.30 - 9.40	
9.40 - 9.50	
9.50 - 9.60	
9.60 - 9.70	
9.70 - 9.80	
9.80 - 9.90	
9.90 - 10.00	

**Columna litológica**

Substrato rocoso altamente fracturado y alterado. Dicotila biotítica alterada (G.M. IV, R2-R3), juntas ligeramente rugosas a rugosas, oxidadas, con palmas de sericitas. Se estiman al menos tres familias de juntas que dan lugar a recuperación de fragmentos angulosos de tamaño grava (2 a 7 cm)

**Profundidad (m)**: 0.00, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00

**Prof. inferior (m)**: 32

**Prof. superior (m)**: 32

**Final manobra (m)**: 32, 31.45, 30.95, 30.6

**Espeor (m)**: 3

**Electroresistencia**

**Nº de juntas/m**

**RMa (Seco)**

**Q de Barron**

[1171]  
000790

MI MUESTRA INALTERADA  
 LG ENSAYO LEFRANC  
 Q. CUARZO  
 OX. OXIDO

MA MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LEFRANC  
 Q. CUARZO

SPT PENETRÓMETRO  
 A: ARCILLA

PR ENSAYO PARAFINADO  
 M: MUESTRA DE AGUA

PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO





ProInversión

Asesoría en Inversión y Desarrollo

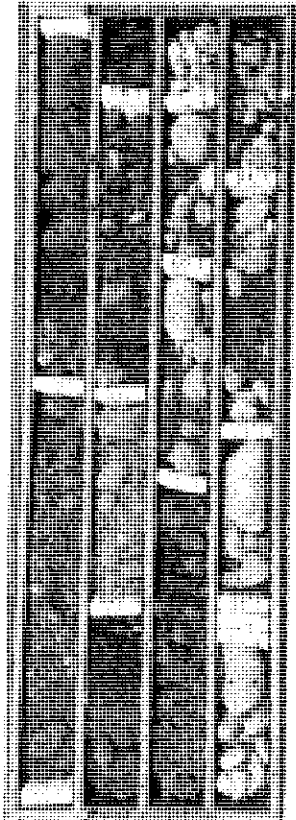
SONDEO N°:

S-7 L2

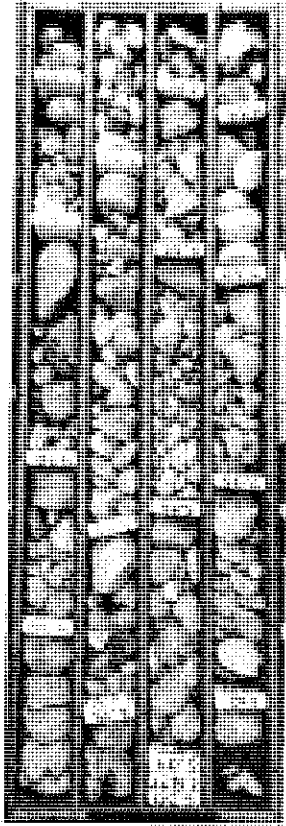


ayesa

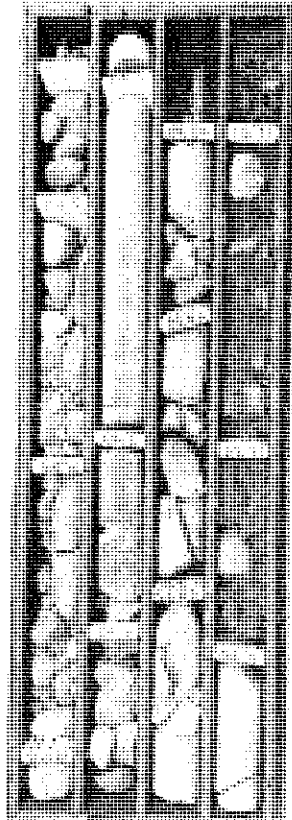
estudios



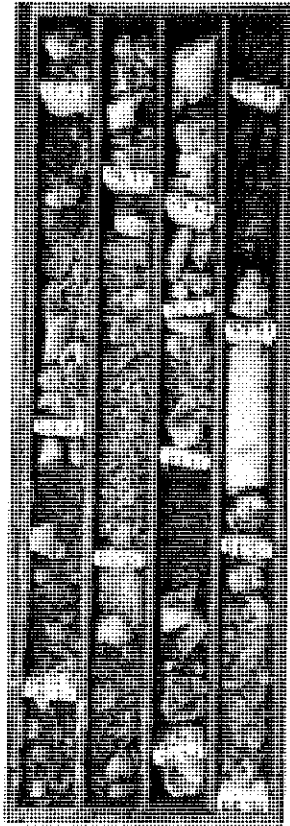
Caja 1. De 0,0 a 4,10 m



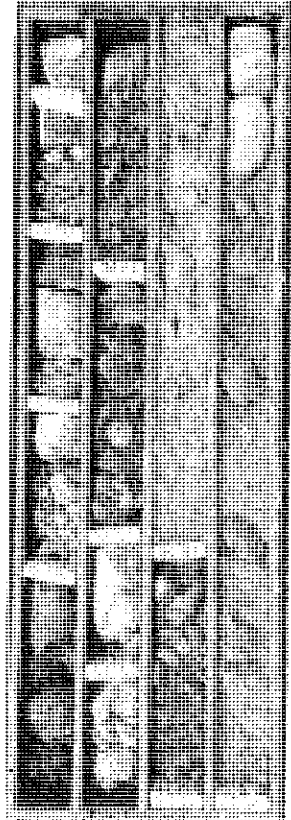
Caja 2. De 4,10 a 7,90 m



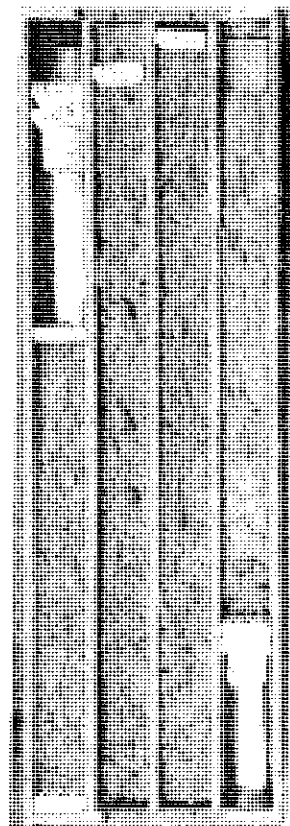
Caja 3. De 7,90 a 12,00 m



Caja 4. De 12,00 a 16,10 m



Caja 5. De 16,10 a 20,10 m



Caja 6. De 21,10 a 23,75 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[1172]

000791



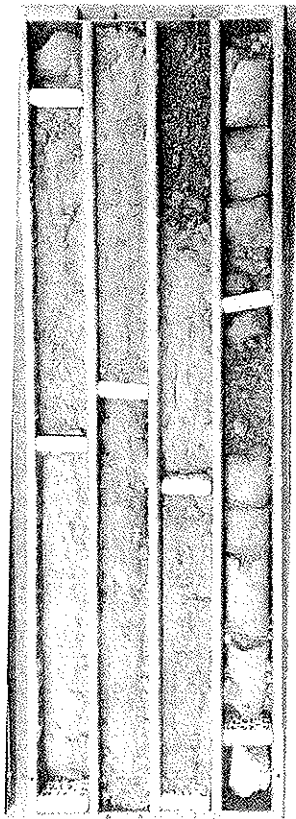


ProInversión

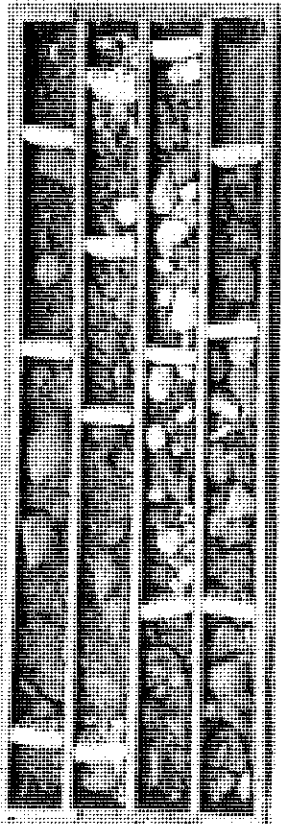
Corporación de Fomento de la Inversión Privada

SONDEO Nº:

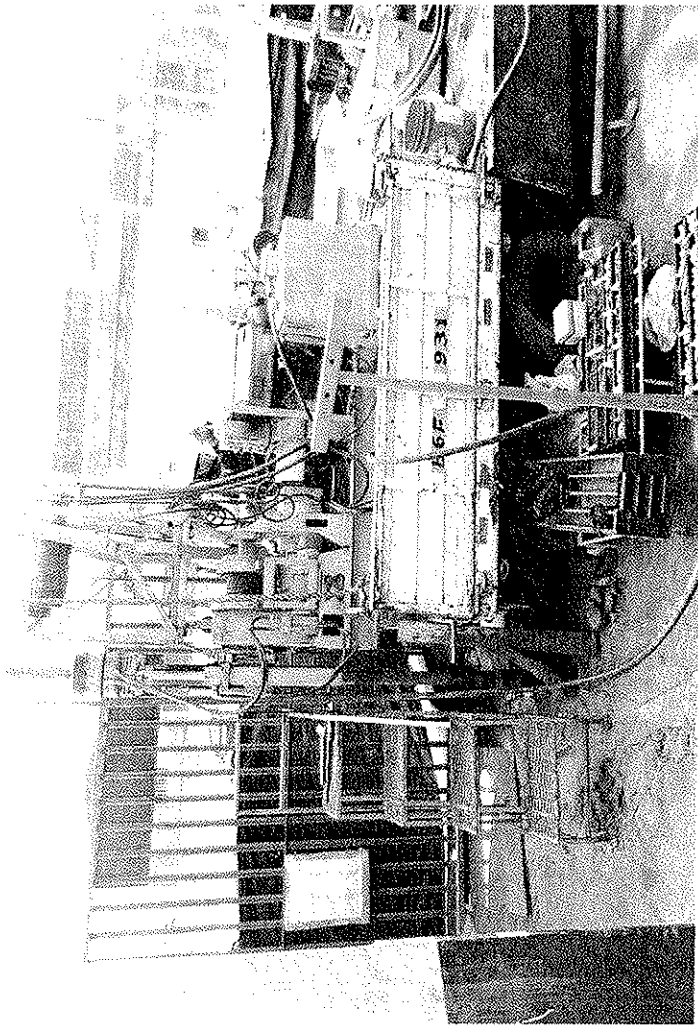
S-7 L2



Caja 7. De 23,75 a 27,55m



Caja 8. De 27,55 a 32,00 m



Vista durante la perforación del sondeo S-7 L2



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ING. BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[1173]

000792

Handwritten mark

<b>CLIENTE:</b>  <b>ProInversión</b>	<b>TRABAJO:</b> <b>Campaña Geotécnica Complementaria.</b> <b>Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b>	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>Geosoc</b>	<b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri <b>Empresa:</b> Geoconsulti Perú <b>Sonlista:</b> <b>Equipo:</b> Geoconsult 2	<b>P.K.:</b> 18+930 <b>X UTM:</b> 284.623.0 <b>Y UTM:</b> 8.665.977.0 <b>Z UTM:</b> 226.6	<b>SONDEO:</b> S-8 L2 <b>Hoja:</b> 1 de 6 <b>F. de inicio:</b> 25/09/2013 <b>F. finalización:</b> 28/09/2013		
<b>Profundidad (m)</b> 0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0	<b>BS HO</b> 25/09/13 <b>BD HO</b> 26/09/13 <b>HW</b>	<b>Revestimiento</b> <b>Facha</b> <b>Tipo de perforación</b> <b>Prof. Agua (m)</b> <b>Notas</b>	<b>Columna litológica</b> Descripción litológica Relleno antrópico. Limo con arenas finas de color marrón, húmedo con algunas gravas y contenido de fragmentos de vidrio. Arcilla limosa de plasticidad media alta, consistencia media a blanda. Limos arcillosos de plasticidad baja, húmedos. Mancha y color marrón. Arcilla limosa de plasticidad media, moderadamente firme, húmeda y marón. Limos con intercalación de arcillas limosas, de color marrón claro, consistencia firme, moderadamente húmedo. GP. Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa (estimada, lavada por la perforación). Grava subangulosa, de compacidad densa, polimodal, de 2 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal 6 a 8 cm. Estimación de porcentajes: gravas de 5 a 10 cm: 65%; grava de 0.2 a 5 cm: 20%; maíz: 15% (supuesto). GP. Grava mal graduada.	<b>Final manobra (m)</b> <b>Epaisseur (m)</b> <b>Prof. interior (m)</b> <b>Final manobra (m)</b> <b>Epaisseur (m)</b> <b>Prof. interior (m)</b>	<b>Metereización</b> <b>Nº de juntas/m</b> <b>RMR (Seco)</b> <b>Q de Barton</b>	<b>Muestras/Ensayos</b> <b>Resultados</b> <b>Intervalo (m)</b> <b>Tipo</b>	<b>Ensayos de laboratorio</b> <b>Granulometría</b> <b>Límites Atterberg</b> <b>Estudio natural</b> <b>Edómetro</b> <b>Ensayo de corte</b> <b>Trial</b> <b>Compuetas</b>



CLIENTE: **ProInversión**

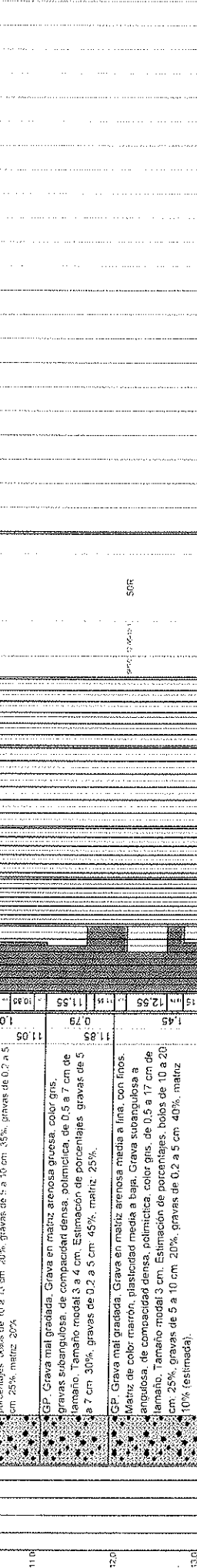
TRABAJO: **Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA: **aveso**

Supervisor: **Pablo Aguero**  
 Empresa: **Geoconsult 2**  
 Sondista:  
 Equipo: **Geoconsult 2**

P.K.: **18+930**  
 X UTM: **284.623.0**  
 Y UTM: **8.665.977.0**  
 Z UTM: **226.6**

SONDEO: **S-8 L2**  
 Hoja: **2 de 5**  
 F. de inicio: **25/09/2013**  
 F. finalización: **28/09/2013**



Profundidad (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Fract. manobra (m)
10.00			11.05	1.05	10.95
11.00			11.05	0.79	10.88
12.00			11.05	1.45	11.55
13.00			13.03	1.45	12.55
14.00			1.8		14.3
15.00			15.1		14.3
16.00			2.9		15.1
17.00			18		15.8
18.00			18		16.3
19.00			2		16.5
20.00			18		17.7

Muestras/Ensayos	Intervalo (m)	Resultados	Ensayos de laboratorio			
			Edómetro	Ensayo de corte	Trituración	Comienzo
Muestra No. 1	18 - 19	SOR	0.89	1.9	19	100

**[1175]**

**000794**

MA MUESTRA ALTERNADA  
 LG ENSAYO LUIGON  
 Q CUARZO

MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 Ox OXIDO

SPT PENETRÓMETRO  
 AV ARCILLA

TF TESTIGO PARAFINADO  
 MM MUESTRA DE AGUA

PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

[1176]

000795

**CLIENTE:**  Prolinversión

**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  Geosconsult

**Supervisor:** Pablo Aguero  
**Empresa:** Geosconsult Perú  
**Sondista:**  
**Equipo:** Geosconsult 2

**P.K.:** 18+930  
**X UTM:** 284.523.0  
**Y UTM:** 9.665.977.0  
**Z UTM:** 2.26.6

**SONDEO:** S-8 L2  
**Hoja:** 3 de 5  
**F. de inicio:** 25/09/2013  
**F. finalización:** 28/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)																					
										30	29.6	28.9	28.2	27.8	27.4	26.9	26.5	26.0	25.6	25.1	24.6	24.1	23.6	23.1	22.6	22.1	21.6	21.1	20.6	20.1	
20.0	BD HC	27/09/13					GP. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media con limos. Gravos subangulosos, de color gris, compactación densa, poliméricos de 2 a 8 cm de tamaño y tamaño modal 4 cm. Estimación de porcentajes: Gravos de 5 a 8 cm: 60%, gravos de 0.2 a 5 cm: 20%, matriz: 20% (estimada, lavada en algunas maniobras).	21.4	1.4	29.6	29.6	28.9	28.2	27.8	27.4	26.9	26.5	26.0	25.6	25.1	24.6	24.1	23.6	23.1	22.6	22.1	21.6	21.1	20.6	20.1	
21.0							GP. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media con limos. Gravos subangulosos, de color gris, compactación densa, poliméricos de 2 a 8 cm de tamaño y tamaño modal 4 cm. Estimación de porcentajes: Gravos de 5 a 8 cm: 60%, gravos de 0.2 a 5 cm: 20%, matriz: 20% (estimada, lavada en algunas maniobras).	22.2																							
22.0							GP. Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa media a gruesa. Gravos subangulosos, poliméricos, compactación densa, Coia 23.75 a 23.85 m, matriz arcillosa, color marrón, plasticidad alta, consistencia blanda. Gravos de 3 a 17 cm de tamaño. Tamaño modal de 6 a 7 cm. Estimación de porcentajes: Bolos de 15 a 17 cm: 10%, bolos de 10 a 15 cm: 20%, gravos de 5 a 10 cm: 40%, gravos de 0.2 a 5 cm: 15%, matriz: 15% (lavada en algunas maniobras de la perforación).	25.3																							
23.0							GP. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa gruesa. Gravos subangulosos, poliméricos, de color gris, compactación densa, de 1 a 8 cm de tamaño. Tamaño modal 4 cm. Estimación de porcentajes: gravos de 5 a 8 cm: 50%, gravos de 0.2 a 5 cm: 35%, matriz: 15%.	26.3	1																						
24.0							GP. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa gruesa. Gravos subangulosos, color gris, compactación densa, poliméricos, de 3 a 7 cm de tamaño y tamaño modal 4 a 6 cm. Estimación de porcentajes: gravos de 5 a 7 cm: 60%, gravos de 0.2 a 5 cm: 25%, matriz: 15%.	27.8	1.5																						
25.0		28/09/13					GP. Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa media a gruesa (estimada, lavada por la perforación). Gravos subangulosos poliméricos, compactación densa, color gris, de 1 a 17 cm, tamaño modal 5 a 6 cm. Estimación porcentual: bolos de 10 a 17 cm: 35%, gravos de 5 a 10 cm: 30%, gravos de 0.2 a 5 cm: 30%, gravos de 0.2 a 5 cm: 20%, matriz: estimada 15%.	29.15	1.35																						
26.0							GP. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media a gruesa. Gravos subangulosos, poliméricos, color gris, compactación densa, de 1 a 10 cm de tamaño y tamaño modal de 4 a 7 cm. Estimación de porcentajes: gravos de 5 a 10 cm: 40%, gravos de 0.2 a 5 cm: 35%, matriz: 25%.	30.0	0.95																						

Ensayos de laboratorio

Muestras/Ensayos		Granulometría		Límites de Atterberg		Estado plástico		Ensayo de corte		Traxial		Comentarios	
Tipo	Intervalo (m)	Colpas/30cm	Granulometría % Pasaj	Wp	Lp	Wp	Wl	Tip	Tip	Tip	Tip	Tip	Tip
			max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
			2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
			0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.4 mm
			0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm	0.075 mm
			max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
			30R	30R	30R	30R	30R	30R	30R	30R	30R	30R	30R

CLIENTE: **Proinversión**  
 Oficina de Asesoría Jurídica - OAJ

TRABAJO:  
**Campaña Geotécnica Complementaria,  
 Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA:  
**Geosasa**

Supervisor: Pablo Aguero  
 Empresa: Geotechnical Perú  
 Sondista:  
 Equipo: Geotechnical 2

P.K.: 18+930  
 X UTM: 284.623.0  
 Y UTM: 8.665.977.0  
 Z UTM: 226.6



SONDEO: **S-8 L2**  
 Hoja: 4 de 5  
 F. de inicio: 28/09/2013  
 F. finalización: 28/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Muestra	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor (m)	Prof. inferior (m)	Final manobra (m)		Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Muestra Alterada	Muestra Lugeon	Cuarzo	Muestra Penetrómetro	Muestra Parafinado	Muestra Dilatométrico	
										Nº	Final manobra (m)								
30.0	BD HQ	30/09/13						1.9	31.9	31.8	31.8								
31.0							Gr. Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media a gruesa. Gravos subangulosos, poliméricos, color gris, compacidad densa, de 1 a 10 cm de tamaño y tamaño modal de 4 a 7 cm. Estimación de porcentajes gravos de 5 a 10 cm: 40%, gravos de 0.2 a 5 cm: 35%, mátriz: 25%.			31.8	31.8								
32.0							Gr. Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa gruesa. Gravos subangulosos, poliméricos, color gris, compacidad densa, de 2 a 26 cm de tamaño y tamaño modal: 5 a 7 cm. Estimación de porcentajes bolos de 20 a 25 cm: 20%, bolos de 10 a 20 cm: 15%, gravos de 5 a 10 cm: 30%, gravos de 0.2 a 5 cm: 20%, mátriz: 15% (estimada).	31.9		32.5	32.5								
33.0							Substrato rocoso alterado y fracturado, con G.M. IV. Diorita biotica decolorada a gris verde-amarillento. Las fracturas presentan micas aliradas y oxidadas, reflejos de arrollas sercíticas, paredes algo rugosas, y onduladas, orientación 15 a 45°, con respecto al eje del core. Dureza R1-R2.	33.3		33.3	33.3								
34.0										33.9	33.9								
35.0								2.8		35.25	35.25								
36.0							Substrato rocoso moderadamente alterado y fracturado. Diorita biotica, de color gris. Fracturas rellenas de sercita de espesor 1 mm. Fracturas abiertas y selladas. Dureza de roca R4, orientación de las fracturas 45 a 75° respecto al core. Fracturas rugosas y onduladas, zonas de fracturación alta en cotas 36.95 a 37.10, 37.50 a 37.60, 37.75 a 37.85, 38.00 a 38.10 y 38.30 a 38.40 m.	36.1		35.85	35.85								
37.0										37.3	37.3								
38.0								2.9		38.1	38.1								
39.0							Substrato rocoso moderadamente alterado (G.M. III) intensamente fracturado. Diorita biotica, de color gris, dureza R3-R4. Fracturas rellenas de sercita, orientación 35 a 75° respecto al core. Fracturas ligeramente rugosas, zona liturada en cota 40.00 a 40.30 (G.M. IV y R1).	39		38.6	38.6								
40.0								1		40.4	40.4								

Muestras/Ensayos																
Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Capas/30cm			Características % Paso					Estados		Ensayo de		Tipos	
			max	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 um	WT	VP	Humedad	Dens	Secc	Empírico	Tamaño	Tamaño	Cometas
M1	31.8-31.9	SQR														
M2	33.3-33.9															
M4	35.25-35.85															
M3	37.3-38.1															
M5	40.4-40.4															

[1177]  
000796

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

<b>CLIENTE:</b>  <b>ProInversión</b> <small>Corporación Promotora de Inversión y Fomento</small>	<b>TRABAJO:</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>ayoso</b> <small>INGENIERIA Y CONSULTORIA</small>	<b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri <b>Empresa:</b> Geiconsult Perú <b>Sonlista:</b> <b>Equipo:</b> Geoconsult 2	<b>SONDEO:</b> S-3 L2 Hoja: 5 de 5 F. de inicio: 25/09/2013 F. finalización: 28/09/2013	<b>P. K.:</b> 18+830 <b>X UTM:</b> 284,623,0 <b>Y UTM:</b> 6,665,977,0 <b>Z UTM:</b> 226,6
--	--	--	--	--	---

Profundidad (m)	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0																																																																																																																																																																								
Tipo de perforación	BD HQ																																																																																																																																																																															
Fecha	30/09/13	01/10/13																																																																																																																																																																														
Revoluciones																																																																																																																																																																																
Prof. Agua (m)																																																																																																																																																																																
Nivel																																																																																																																																																																																
Columna litológica	Descripción litológica Substrato rocoso moderatamente alterado (G. M. III) intensamente fracturado. Dureza biotítica, de color gris. dureza R2-R4. Fracturas rellenas de arcilla, orientación 35 a 75° respecto al core. Fracturas ligeramente húmedas, zona filtrada en 2018 40,00 a 40,30 (C.M. IV y V).																																																																																																																																																																															
Prof. interior (m)	42																																																																																																																																																																															
Epesor (m)	2																																																																																																																																																																															
Final manobra (m)	41.85	41.25	40.85	40.4																																																																																																																																																																												
Geopares/30cm																																																																																																																																																																																
Muestras/Ensayos																																																																																																																																																																																
Tipo																																																																																																																																																																																
Intervalo (m)																																																																																																																																																																																
Resultados																																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> <th colspan="2">Granulometría</th> <th colspan="2">Límites de plasticidad</th> <th colspan="2">Edo. de compactación</th> <th colspan="2">Edo. de compactación</th> <th colspan="2">Cohesión</th> </tr> <tr> <th>Granulometría</th> <th>% Pasos</th> <th>Wp</th> <th>Wl</th> <th>PL</th> <th>PI</th> <th>P<sub>ac</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>sc</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>cc</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>cc</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>cc</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>cc</sub> (kPa/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>max</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.075 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.425 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.850 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Humedad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Consistencia</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Edo. de compactación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Edo. de compactación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cohesión</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cohesión</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Ensayos de laboratorio		Granulometría		Límites de plasticidad		Edo. de compactación		Edo. de compactación		Cohesión		Granulometría	% Pasos	Wp	Wl	PL	PI	P <sub>ac</sub> (kPa/m³)	P <sub>sc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)		max												2 mm												0.075 mm												0.425 mm												0.850 mm												2 mm												Humedad												Consistencia												Edo. de compactación												Edo. de compactación												Cohesión												Cohesión										
Ensayos de laboratorio		Granulometría		Límites de plasticidad		Edo. de compactación		Edo. de compactación		Cohesión																																																																																																																																																																						
Granulometría	% Pasos	Wp	Wl	PL	PI	P <sub>ac</sub> (kPa/m³)	P <sub>sc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)																																																																																																																																																																					
	max																																																																																																																																																																															
	2 mm																																																																																																																																																																															
	0.075 mm																																																																																																																																																																															
	0.425 mm																																																																																																																																																																															
	0.850 mm																																																																																																																																																																															
	2 mm																																																																																																																																																																															
	Humedad																																																																																																																																																																															
	Consistencia																																																																																																																																																																															
	Edo. de compactación																																																																																																																																																																															
	Edo. de compactación																																																																																																																																																																															
	Cohesión																																																																																																																																																																															
	Cohesión																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Muestras/Ensayos</th> <th colspan="2">Granulometría</th> <th colspan="2">Límites de plasticidad</th> <th colspan="2">Edo. de compactación</th> <th colspan="2">Edo. de compactación</th> <th colspan="2">Cohesión</th> </tr> <tr> <th>Tipo</th> <th>Intervalo (m)</th> <th>Resultados</th> <th>Granulometría</th> <th>% Pasos</th> <th>Wp</th> <th>Wl</th> <th>PL</th> <th>PI</th> <th>P<sub>ac</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>sc</sub> (kPa/m³)</th> <th>P<sub>cc</sub> (kPa/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Muestras/Ensayos		Granulometría		Límites de plasticidad		Edo. de compactación		Edo. de compactación		Cohesión		Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Granulometría	% Pasos	Wp	Wl	PL	PI	P <sub>ac</sub> (kPa/m³)	P <sub>sc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)																																																																																																																																																
Muestras/Ensayos		Granulometría		Límites de plasticidad		Edo. de compactación		Edo. de compactación		Cohesión																																																																																																																																																																						
Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Granulometría	% Pasos	Wp	Wl	PL	PI	P <sub>ac</sub> (kPa/m³)	P <sub>sc</sub> (kPa/m³)	P <sub>cc</sub> (kPa/m³)																																																																																																																																																																					

MI MUESTRA FINAL TERADA LF ENSAYO LEFRANC CX: CIXDQ	SPT PENETRÓMETRO AT ARCILLA	TP TESTIGO PARAFINADO AT ARCILLA	MA MUESTRA DE AGUJ PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO
---	--------------------------------	-------------------------------------	---

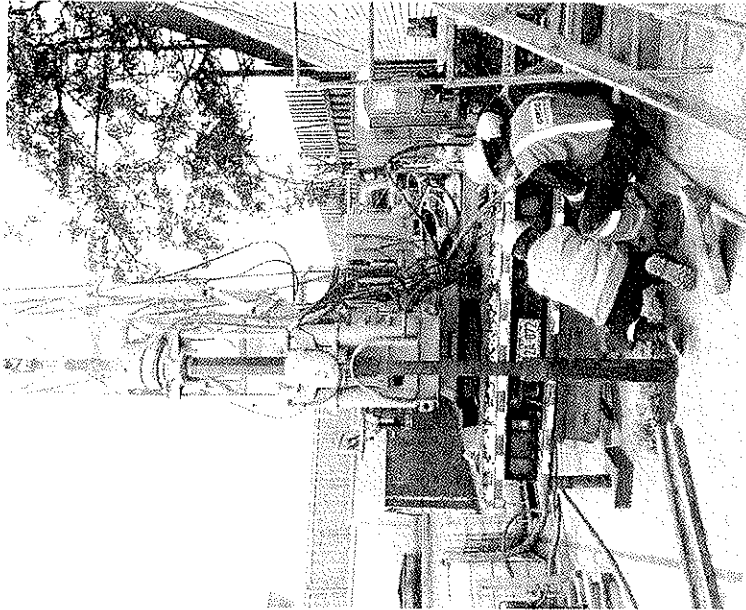


ProInversión

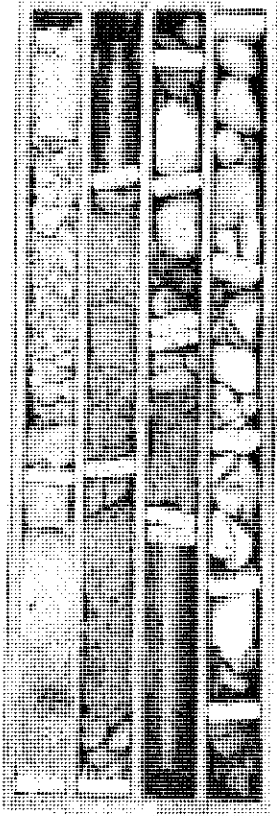
www.proinversion.gob.pe

SONDEO N°:

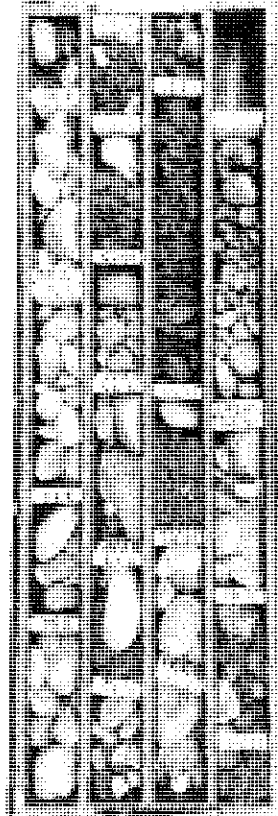
S-8 L2



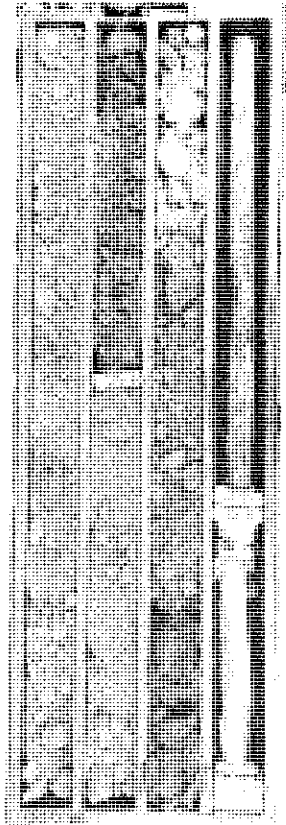
Vista durante la perforación del sondeo S-8 L2



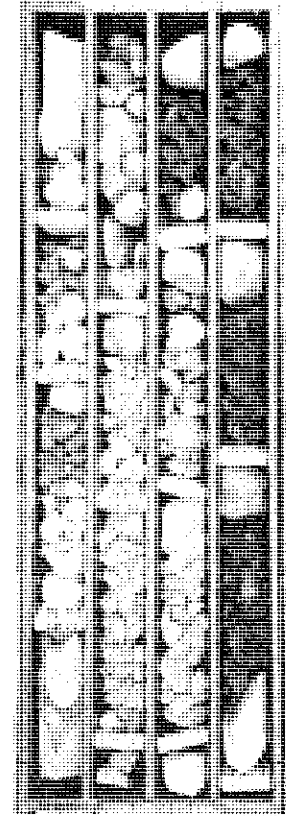
Caja 2. De 4,05 a 8,20 m



Caja 3. De 8,20 a 12,55 m



Caja 1. De 0,0 a 4,05 m



Caja 4. De 12,55 a 16,90 m

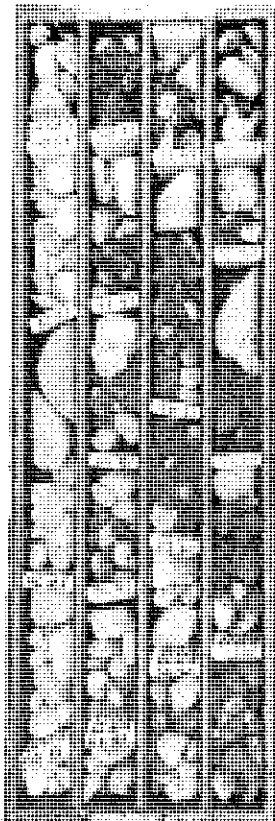
[1179]

000798

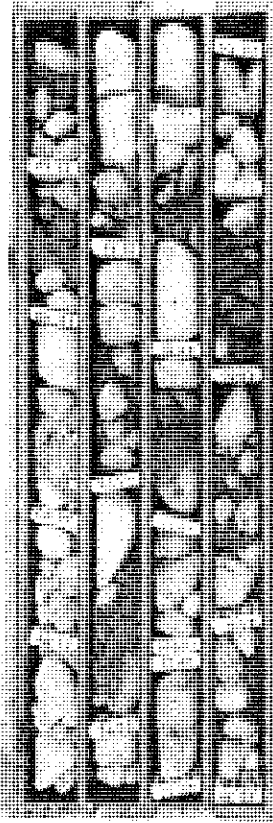


Handwritten signature

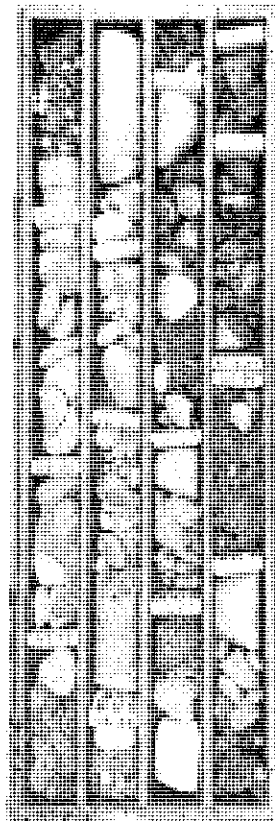




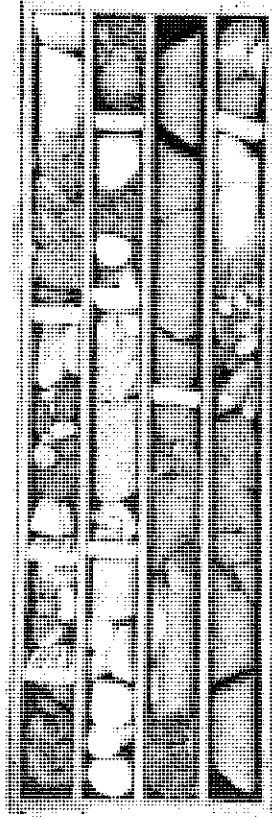
Caja 5. De 16,90 a 21,60 m



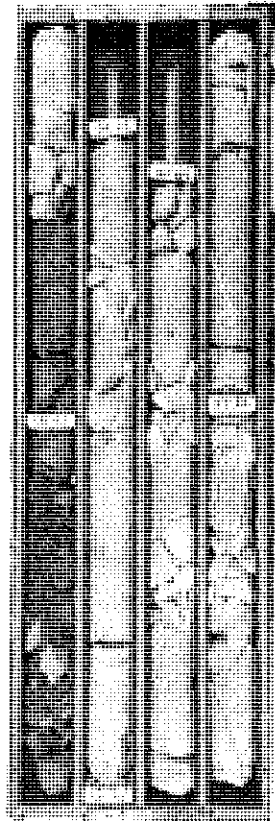
Caja 6. De 21,60 a 26,50 m



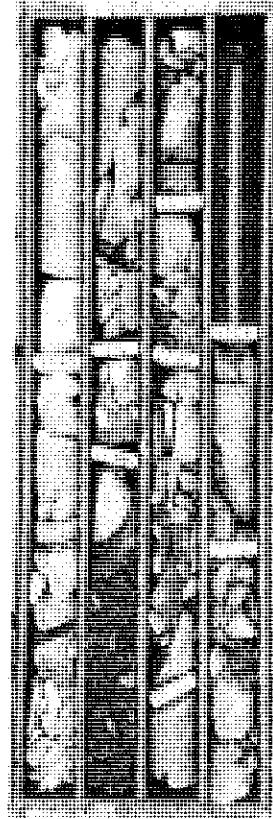
Caja 7. De 26,50 a 30,80 m



Caja 8. De 30,80 a 35,40 m



Caja 9. De 35,40 a 39,10 m



Caja 10. De 39,10 a 42,00 m

[1181]

000800

**CLIENTE:** ProInversión

**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:** OVEESA

**Supervisor:** Pablo Aguerri  
**Empresa:** Geocomsoft Perú  
**Sondista:**  
**Equipo:** Geocomsoft 1

**P.K.:** 21+446  
**X UTM:** 286914.36  
**Y UTM:** 8666994.71  
**Z UTM:** 266.2

**SONDEO:** S-9 L2  
1 de 4  
F. de inicio: 24/09/2013  
F. finalización: 27/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Ensayos de laboratorio															
						Granulometría % Pasaj	Límites Atterberg	Estado natural	Unidad	Especificidad	Índice S (kg/cm³)	Eódometro	Ensayo en consp	Trípode	Contenidos						
															MO	SO	CO				
1.0					Materiales arcillosos. Material de préstamo. Limo arenoso color marrón, húmedo, con granos subangulosos.																
2.0					Materiales arcillosos de relleno con finos, presenta pequeños fragmentos de ladrillos, cemento, maderas y vidrios con gravas subangulosas.																
3.0					GP, Grava mal graduada subangulosa y subredondeada, en matriz arenosa gruesa de color marrón grisáceo, compactación densa y de 1 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal 4 a 5 cm. Estimación de porcentajes: Grava de 5 a 7 cm: 45%, grava de 0.2 a 5 cm: 35%, maltez 20%.																
4.0																					
5.0																					
6.0																					
7.0																					
8.0																					
9.0																					
10.0																					

**Muestras/Ensayos**

Tipo	Intervalo (m)	Resultados
	3-3.45	12/16/23 : 36
	5-5.45	18/24/32 : 62
	9-9.95	23/37/48 : 85

**Q de Barton**

**Nº de juntas/m**

**Meleación**

**Final manobra (m)**

**Prof. inferior (m)**

**Prof. superior (m)**

**Muestra Alterada**

**SG ENSAYO LUGER**

**Q CUARZO**

**SPT PENETRÓMETRO**

**TP TESTIGO PARAFINADO**

**MM MUESTRA DE AGUA**

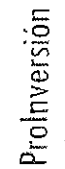
**FR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO**

**Ar ARCILLA**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CLIENTE



TRABAJO:

Campaña Geotécnica Complementaria.  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.



Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: Geoconsult Peru  
Sondista:  
Equipo: Geoconsult 1

P.K.: 21+426  
X UTM: 286914,35  
Y UTM: 866694,71  
Z UTM: 266,2

SONDEO: S-9 L2  
Hoja: 2 de 4  
F. de inicio: 24/09/2013  
F. finalización: 27/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor (m)					Final manobra (m)	Muestras/Ensayos			Ensayos de laboratorio																																
							1	2	3	4	5		Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Goles/30cm	Granulometría % Pasos	Límites Atterberg	Estado natural	F. específico	F. S (kN/cm <sup>2</sup> )	BC	CC	Excentricidad	Esayos de corte	Troncal	Contornos																					
10.0						GP. Grava mal graduada en matriz arenosa media con finos. Graveros subangulosos y subredondeados color gris, polimictos, compacidad densa de 2 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal 5 cm. Estimación porcentual: graveros de 5 a 10 cm 55%, graveros de 0.2 a 5 cm 35%, matriz 15%.	5.9				10.4	Q de Barton	RMa (Seco)	Nº de puntas/m	Meteorización					max	2 mm	0.08 mm	0.4 mm	2 mm	Wp	WLi	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL								
11.0							14.7																																									
12.0																																																
13.0																																																
14.0																																																
15.0																																																
16.0																																																
17.0																																																
18.0																																																
19.0																																																
20.0																																																

[1182]

108000

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



MI MUESTRA INALTERADA  
LF ENSAYO LEFRANC  
OX OXIDO  
MA MUESTRA ALTERADA  
LG ENSAYO LUGON  
SPT PENETRÓMETRO  
M. ARCILLA  
TP TESTIGO PARAFINADO  
MM MUESTRA DE AGUA  
PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

CLIENTE:



ProlInversión

TRABAJO:  
Campaña Geotécnica Complementaria,  
Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aguerri  
Empresa: Geosconsult Perú  
Sondista:  
Equipo: Geosconsult 1

SONDEO:  
Hoja:  
F. de inicio:  
F. finalización:

S-9 L2  
3 de 4  
24/09/2013  
27/09/2013

P.A.: 21+446  
X UTM: 286914.36  
Y UTM: 866694.71  
Z UTM: 286.2

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Muestras/Escayos															
										Intervalo (m)	Resultados	Copres/50cm	Granulometría % Pasos	Moist. Altiobstg	Estado natural	Pesq. (kg/cm²)	Edmetro	Espero de empie	Trabajo	Contendios					
											max	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 um	ML	MP	Humedad	Grava	Grava	Grava	Grava			
20.0	BD HQ	27/09/13					Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa media a gruesa en algunas mamboras lavadas por la perforación. Gravas subangulosas y subredondeadas de compacidad densa. Colores oncos, de 1 a 9 cm de tamaño de grano. Tamaño modal de 3 a 4 cm. Estimación porcentual gravas de 5 a 8 cm. 40%. Gravas de 0.2 a 1 cm. 45%. matriz 15%.	21.4	3.1																
22.0							Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa media (estimada, lavada por la perforación), subangulosas, gris, compacidad densa de 3 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal 4 a 6 cm. Estimación porcentual, grava de 8 a 7 cm. 30%. grava de 0.2 a 5 cm. 55%. matriz (estimada, lavada) 15%.																		
24.0																									
26.0																									
28.0																									
30.2																									
29.65																									
28.95																									
28.45																									
27.45																									
26.75																									
26.3																									
25.9																									
25.4																									
24.9																									
24.6																									
24.3																									
23.4																									
23																									
22.2																									
21.7																									
21.4																									
20.9																									
20.65																									

[1183]

000802

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



MA MUESTRA ALTERADA	TF TESTIGO PARAFINADO	MM MUESTRA DE AGUA
LC ENSAYO LUGON	SPT PENETRÓMETRO	
Q CUARZO	AR ARCILLA	
		PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO





ProInversión  
SECTOR PRIVADO

CLIENTE:

TRABAJO:  
Campaña Geotécnica Complementaria.  
Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: Geiconsult Perú  
Sondista: Geiconsult 1  
Equipo: Geiconsult 1

P.K.: 21+44C  
X UTM: 285914.36  
Y UTM: 866894.71  
Z UTM: 266.2

SONDEO:  
Hoja: 4 de 4  
F. de inicio: 24/09/2013  
F. finalización: 27/09/2013

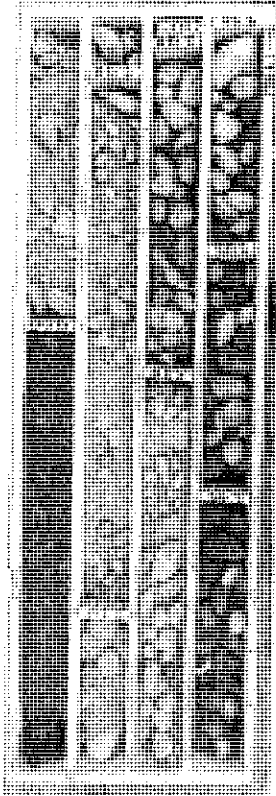
[1184]  
000803

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Tipo de gravosidad	Muestras/Ensayos				Ensayos de laboratorio																																							
												Intervalo (m)	Resultados	Golpes/30cm	Granulometría % Paso	Límites Atterberg	Estad. Orens natural	Edámetro	Esay de oleo	Travao	Contenido	Gravimetría			Plasticidad			Resistencia			Otros																								
31.0	BD HQ	27/09/13					Grava mal gradada, Gravas en matriz arenosa media a fina (estimada, lavada por la perforación), subangulosa, pns, consistencia densa, plástica, de 1 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal 5 cm. Estimación porcentual grava de 5 a 7 cm: 55%, grava de 0.2 a 5 cm: 15%, matriz (estimada, lavada).	31.1	3.1	31.1																																													
32.0																																																							
33.0																																																							
34.0																																																							
35.0																																																							
36.0																																																							
37.0																																																							
38.0																																																							
39.0																																																							
40.0																																																							

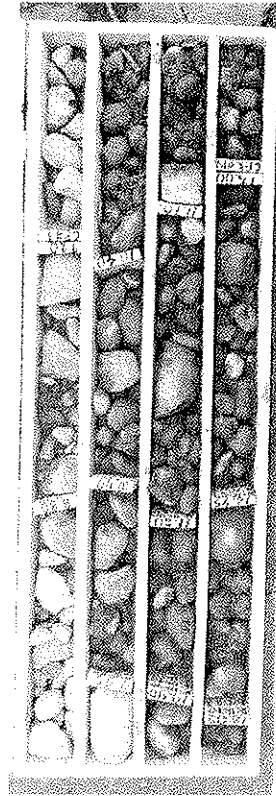
Muestras Alteradas:  
 MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 Ox: OXIDO  
 M MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LUGEON  
 G CUARZO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 A: ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIÓMETRICO  
 DL ENSAYO DILATOMETRICO



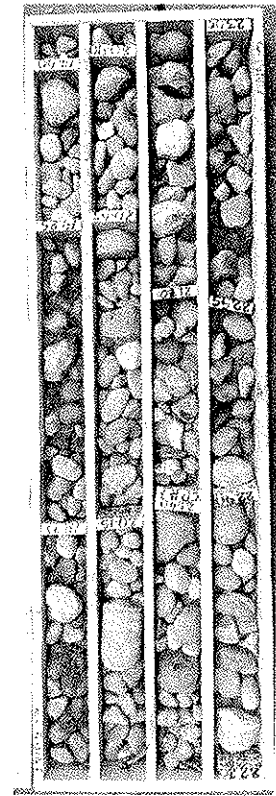
Handwritten signature



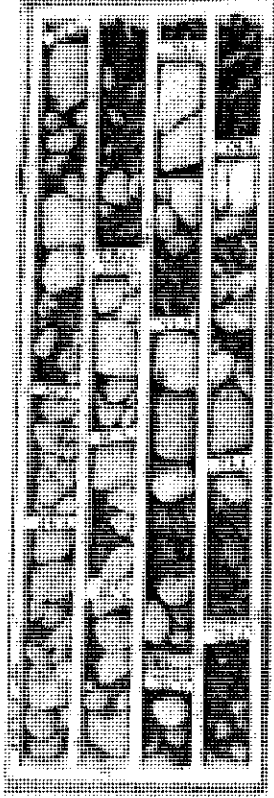
Caja 1. De 0,0 a 4,20 m



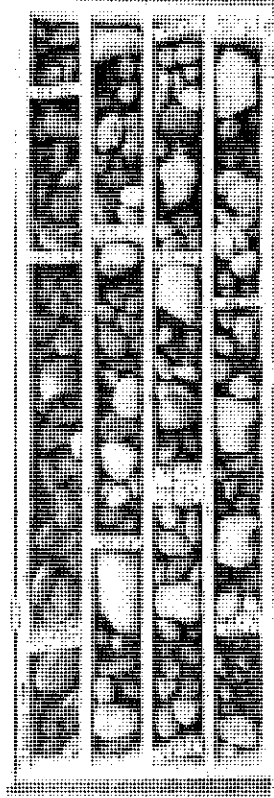
Caja 3. De 8,50 a 13,20 m



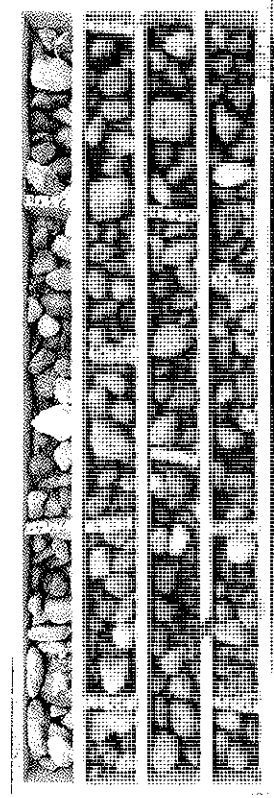
Caja 5. De 18,30 a 23,00 m



Caja 2. De 4,20 a 8,50 m



Caja 4. De 13,20 a 18,30 m



Caja 6. De 23,00 a 27,90 m



ProInversión

SONDEO N°:

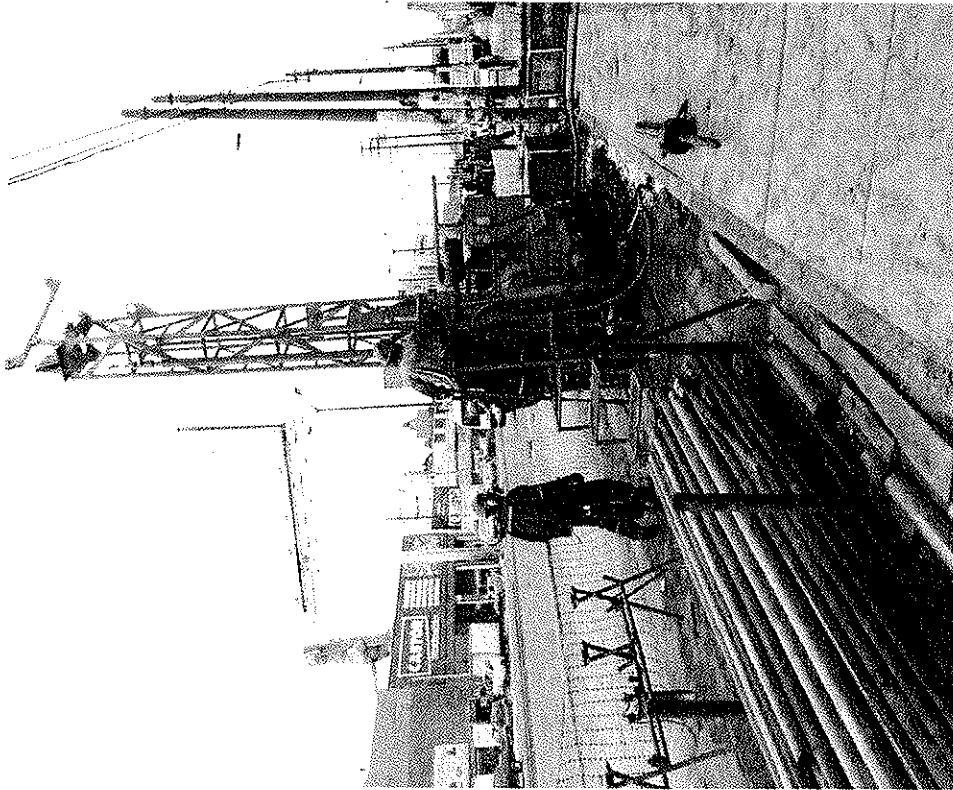
S9 L2



Caja 7. De 27,90 a 31,10 m



Cata realizada para comprobación de servicios



Vista del sondeo durante la perforación

[1186]

000805

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**CLIENTE:**  
**ProInversión**  
Asesoría de Inversión y Asesoría Legal

**TRABAJO:**  
 Campaña Geotécnica Complementaria.  
 Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  
**oveco**  
INGENIERÍA DE CONSULTORES

**Supervisor:** Pablo Aguerr  
**Empresa:** Igersa  
**Sondista:** Igersa  
**Equipo:** Igersa 1

**SONDEO:** S-10 L2  
 Hoja: 1 de 5  
 F. de inicio: 29/09/2013  
 F. finalización: 02/10/2013

**P.K.:** 25+712  
**X UTM:** 290.382.62  
**Y UTM:** 8.686.297.0  
**Z UTM:** 339.0

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Muestra	Ensayos de laboratorio															
												Granulometría % Pasa	Límites Atterberg	Estiérco natural	Fundación	Unidad	Edificio	Ensayo de corte	Tríaxial	Contenido							
												max	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 µm	WL	WP	Unidad	Edificio	Ensayo de corte	Tríaxial	Contenido				
												mm	mm	mm	mm	mm	%	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1		28/09/13					Material antropico de relleno. Limos con gravas, de color marrón claro. Gravas angulosas con fragmentos de madera y cemento	2.9	2.9	1																	
3							GP Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a fina (estimada lavada por la perforación). Gravas subangulosas y angulosas de 2 a 8 cm de tamaño. Tamaño modal de 4 a 6 cm. Estimación porcentual. Gravas de 0.2 a 5 cm. 60% gravas de 0.2 a 5 cm. 25% matriz. 15% (estimada, lavada por la perforación)	4.55	1.75	3																	
5	BD HD		HMV				GP Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa (estimada lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, color gris, compactidad densa, polimicticas, de 3 a 7 cm de tamaño. Tamaño modal de 4 a 5 cm. Estimación porcentual. Gravas de 0.2 a 7 cm. 55% gravas de 0.2 a 5 cm. 30% matriz. 15% (estimada, lavada por la perforación)			5																	
7		29/09/13						4.8		7																	
9										9																	
11								9.45		11																	
13								10		13																	

**Muestras/Ensayos:**

Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Golpes/30cm
3-3.45	1.93745	82	
6-6.55	12/1927	86	
9-9.45	1827/04	71	

**Q de Barion**

**RM (Saco)**

**Nº de juntas**

**Muestra**

**MI MUESTRA INALTERADA**  
**LF ENSAYO LEFRANC**  
**COX OXIDO**

**MA MUESTRA ALTERADA**  
**LS ENSAYO LUGION**  
**Q CUARZO**

**SPT PENETRÓMETRO**  
**Ar ARCILLA**

**Tº TESTIGO PARANADO**  
**MM MUESTRA DE AGUA**

**PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO**



Ac



CLIENTE  
**ProInversión**  
S.A.

TRABAJO:  
Campana Geotécnica Complementaria.  
Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:  
**OVESA**  
S.A.

Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: Igersa  
Sondista: Igersa  
Equipo: Igersa 1

P.K.: 25+712  
X UTM: 290.382.62  
Y UTM: 8.669.287.0  
Z UTM: 339.0

SONDEO: S-10 L2  
Hoja: 2 de 5  
F. de inicio: 26/09/2013  
F. finalización: 02/10/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Muestreos/Ensayos																		
10.0		29/09/13					GP. Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa estimada lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, color gris, compactación densa, polimiclicas, de 3 a 8 cm de tamaño. Tamaño modal de 3 a 4 cm. Estimación porcentual Gravas de 3 a 8 cm, 25%, gravas de 0.2 a 5 cm 60%, matriz 15% (matriz lavada por la perforación).	12.1	2	10.6	C de Barton	RMZ (Seco)	Nº de Inclinación	Meteorización	Intervalo (m)	Resultados	Tipos de Ensayos	Granulometría % Pasa	Límites Atterberg	Estado natural	Esfuerzo de corte	Edómetro	ESCS (Kip/cm <sup>2</sup> )	ρ específico	Tipos	Trinawal	Contenedores		
11.0															37/46GR		max	2 mm	WL	WP	5	5	5	5	5	5	5	5	
12.0							GP. Grava mal graduada, subangulosas y angulosas, compactación densa, color gris, en matriz arenosa media a fina (estimada, lavada por perforación), de 1 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal de 5 a 6 cm. Estimación porcentual gravas de 5 a 10 cm, 60%, gravas de 0.2 a 5 cm 25%, matriz 15% (lavada).	13.5	1.5	13.1								0.08 mm	Z <sub>np</sub>										
13.0							GP. Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa estimada, lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas. Compactación densa, color gris, de 3 a 8 cm de tamaño, tamaño modal de 5 a 6 cm. Estimación de porcentajes: gravas de 5 a 6 cm 75%, gravas de 0.2 a 5 cm 10%, matriz 15% (lavada por la perforación).	14.65	1.65	13.1								0.4 mm											
14.0			HYV				Diólterita de origen volcánico, polimiclica, R2-R4 y tamaños de 10, 12 y 13 cm.	15.1	0.44	15.1								0.075 mm											
15.0	BD HQ	30/09/13					GP. Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa estimada, lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, color gris compactación densa, polimiclica, de 3 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal 5 cm. Estimación de porcentajes, gravas de 5 a 10 cm, 65%, gravas de 0.2 a 5 cm, 20%, matriz 15% (estimada).	16.65	3.05	16.4								15.1											
16.0																		0.075 mm											
17.0																		0.075 mm											
18.0																		0.4 mm											
19.0																		2 mm											
20.0																		max											

Ensayos de laboratorio	
Edómetro	5
Esfuerzo de corte	5
Tipos	5
ESCS (Kip/cm <sup>2</sup> )	5
ρ específico	5
Granulometría	5
Límites Atterberg	5
Estado natural	5
Tipos	5
Esfuerzo de corte	5
Edómetro	5
ESCS (Kip/cm <sup>2</sup> )	5
ρ específico	5

MA MUESTRA ALTERADA  
LG ENSAYO LUGON  
D CUARZO  
SPT PENETRÓMETRO  
AT ARCILLA  
TP TESTIGO PARAFINADO  
RVV MUESTRA DE AGUA  
PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

000807

[1188]

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
CONSORCIO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

[1189]  
000808

CLIENTE: **ProInversión**  
 TRABAJO: **Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.**  
 EMPRESA CONSULTORA: **Queso**  
 SUPERVISOR: **Pablo Aquero**  
 EMPRESA: **Igersa**  
 SONDEO: **S-10 L2**  
 Hoja: **3 de 5**  
 F. de Inicio: **28/09/2013**  
 F. Finalización: **02/10/2013**

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Ensayos de laboratorio																					
							Intervalo (m)	Resultados	Granulometría % Pasaj		Límites Atterberg		Estad. natural	Ensayo de confin		Tixotropía		Contenidos										
28.0	BD HQ	30/09/13				GP Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a gruesa (matriz estimada, lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, de compacidad densa, polimédica, de 3 a 9 cm de tamaño, y lamina modal 5 cm. Estimación de porcentajes: Gravas de 5 a 9 cm: 45%, gravas de 0.2 a 5 cm: 40%, matriz: 15% (estimada).	max	2 mm	0.4 mm	0.075 mm	2 mm	Wp	Wl	Wp	Wl	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	
27.0						GP Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a fina (lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, de color gris, polimédica, de compacidad densa, de 3 a 12 cm de tamaño. Tamaño modal: 4 a 5 cm. Estimación de porcentajes: Gravas de 10 a 12 cm: 15%, gravas de 5 a 10 cm: 30%, gravas de 0.2 a 5 cm: 35%, matriz: 15% (lavada).																						
26.0						GP Grava mal graduada. Grava en matriz arenosa media a fina (matriz estimada, lavada por la perforación). Gravas subangulosas y subredondeadas, de compacidad densa, color gris, polimédica, de 2 a 9 cm de tamaño y lamina modal 4 a 6 cm. Estimación de porcentajes: Grava de 5 a 10 cm: 50%, gravas de 0.2 a 5 cm: 35%, matriz: 15% (lavada).																						

Muestras/Ensayos: Muestra Alterada LG ENSAYO LUIGON D. CUARZO

Muestras/Ensayos: Muestra Alterada LG ENSAYO LEFRANC OX COXIDO

Muestras/Ensayos: Muestra Alterada LG ENSAYO LUGEDON SPT PENETROMETRO AL ARCILLA

Muestras/Ensayos: Muestra Parafinado TP TESTIGO PARAFINADO 1M7 MUESTRA DE AGUA

Muestras/Ensayos: PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO





ProInversión  
Asesoría en Inversión

TRABAJO:  
Campaña Geotécnica Complementaria.  
Mtro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.



AVESA CONSULTORA  
Calle San Martín 1397  
Lima 2, Perú

Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: Igersa  
Sondista: Igersa  
Equipo: Igersa 1

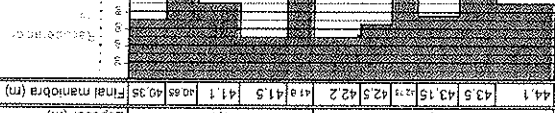
P.K.: 25+712  
X UTM: 290 382.62  
Y UTM: 9.669.297.0  
Z UTM: 339.0

SONDEO:  
S-10 L2  
S de S  
F. de inicio: 28/09/2013  
F. finalización: 02/10/2013

[1191]

000810

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Muestra litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Ensayos de laboratorio															
									Gravimetría % Paso	límites Atterberg	Estado natural	Humedad	Grav. específica	ρ <sub>s</sub> (kg/cm³)	ρ <sub>t</sub> (kg/cm³)	ρ <sub>h</sub> (kg/cm³)	ρ <sub>w</sub> (kg/cm³)	Trayal	Contenidos					
40.0							41.8	1.8	44.1	43.5	43.15	42.5	42.2	41.9	41.5	41.1	40.8	40.5						
41.0																								
42.0	BD HO	02/09/13							44.1	43.5	43.15	42.5	42.2	41.9	41.5	41.1	40.8	40.5						
43.0																								
44.0																								
45.0																								
46.0																								
47.0																								
48.0																								
49.0																								
50.0																								



CLIENTE:	MUESTRA ALTERADA	SPT PENETRÓMETRO	TP TESTIGO PARAFINADO	MV MUESTRA DE AGUA
	LF ENSAYO LEFRANC			PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO
	OX OXÍDO	AF ARCILLA		

COMERCIO NUEVO METRO DE LIMA  
CONDOMINIO AN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



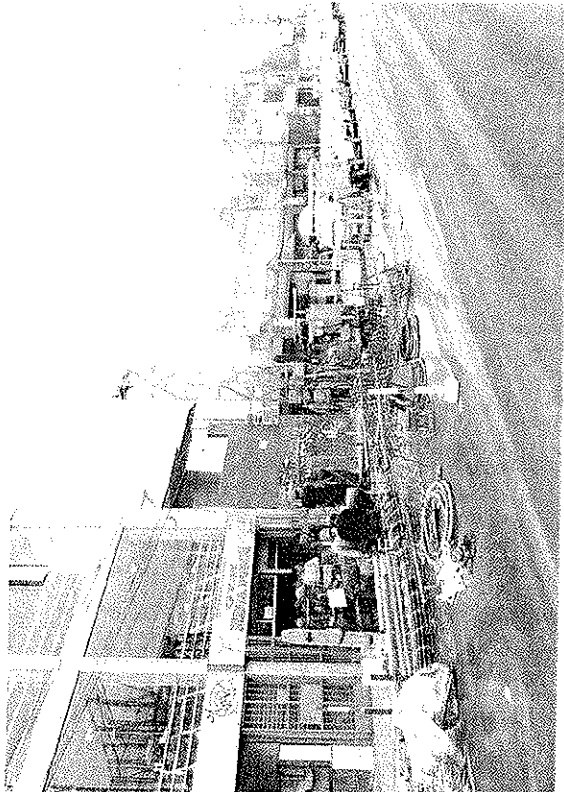
Handwritten mark



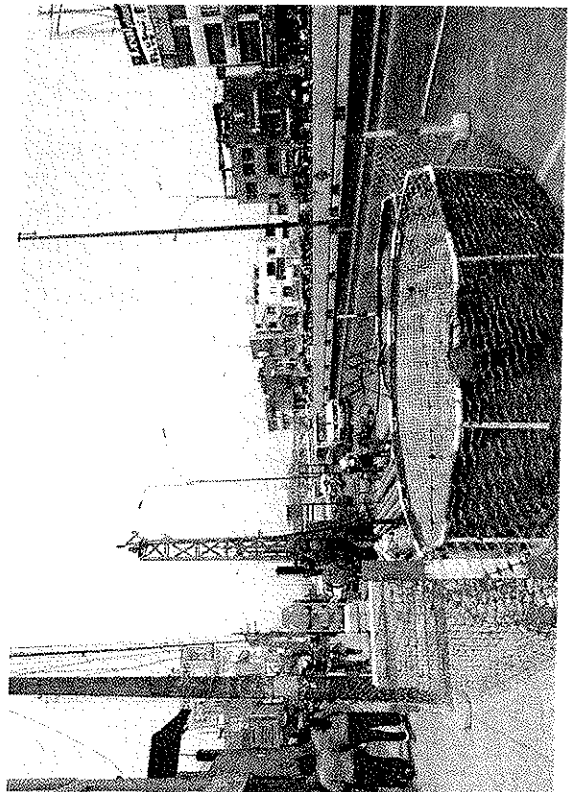
ProInversión

SONDEO N°:

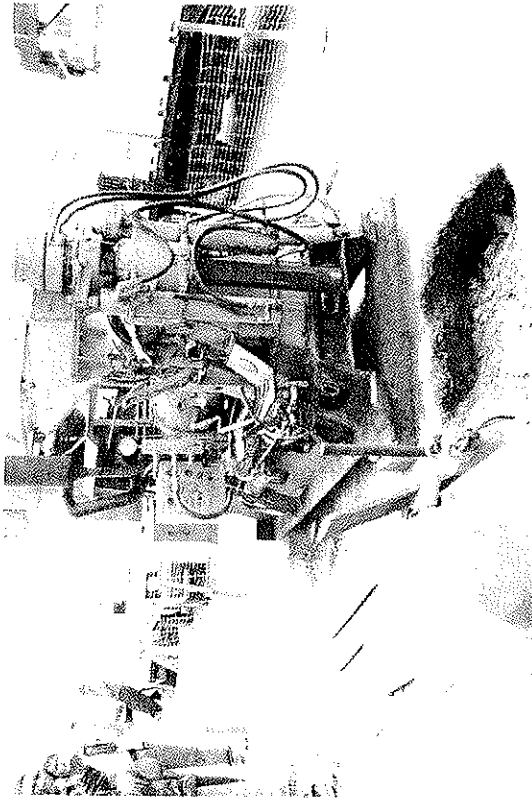
S-10/L2



Emplazamiento del sondeo S-10/L2



Instalación de equipos en el sondeo S-10/L2



Ejecución de calicata para detección de servicios



Señalización del sondeo S-10/L2

[1192]

000811

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





ProInversión

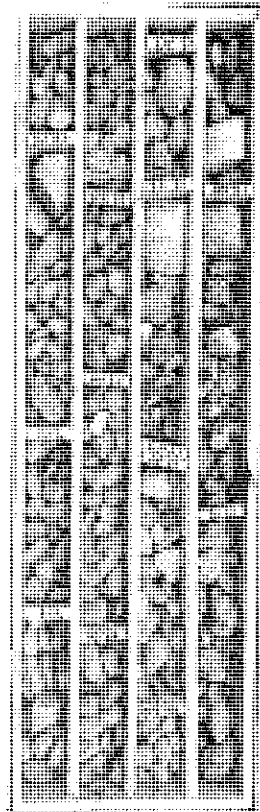
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

SONDEO N°:

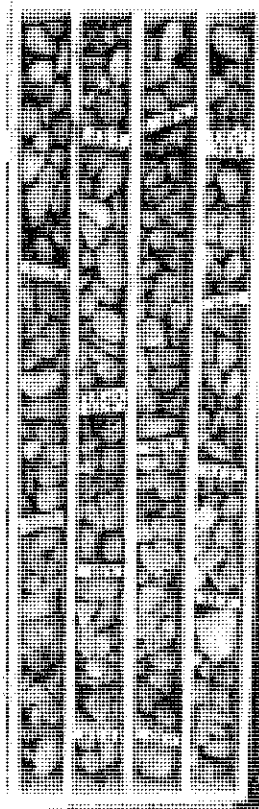
S-10/L2



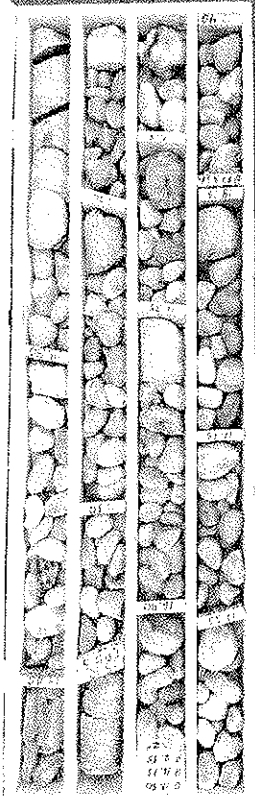
Caja 1. De 0,0 a 4,25 m



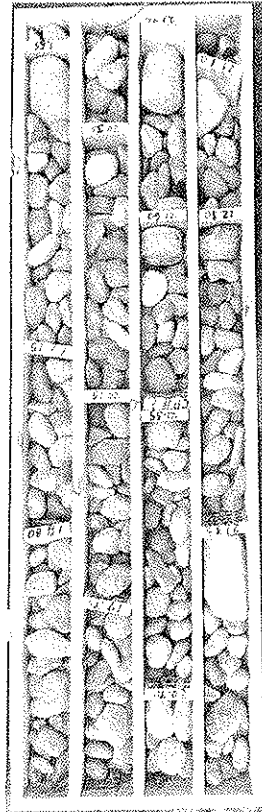
Caja 3. De 9,15 a 13,80 m



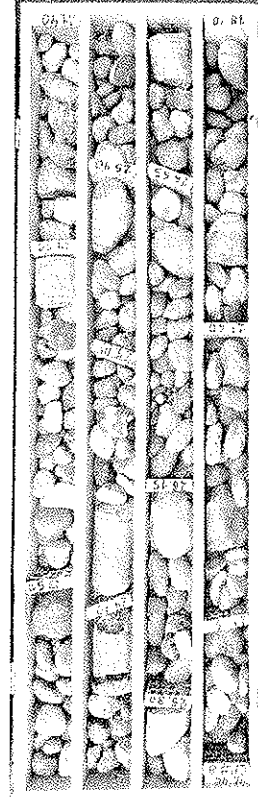
Caja 2. De 4,25 a 9,15 m



Caja 4. De 13,80 a 18,40 m



Caja 5. De 18,40 a 23,15 m



Caja 6. De 23,15 a 28,10 m

[1193]

000812



Handwritten signature

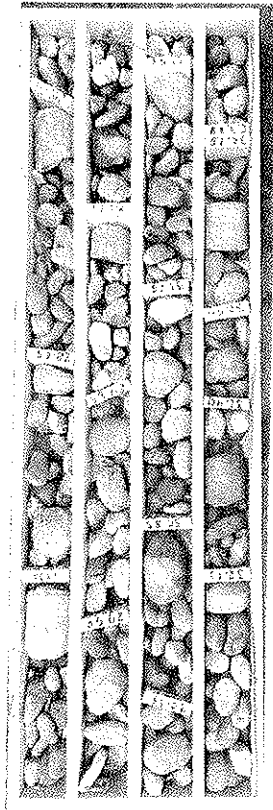


ProInversión

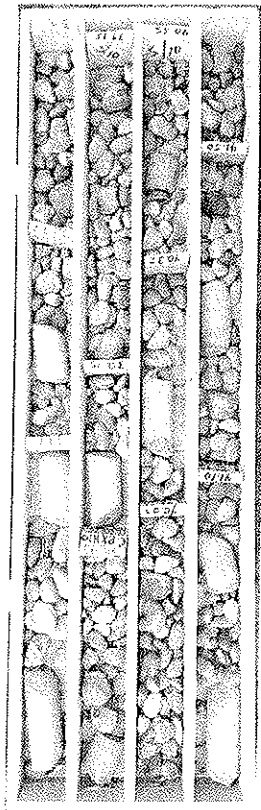
Av. Prolongación de la Arequipa 100

SONDEO Nº:

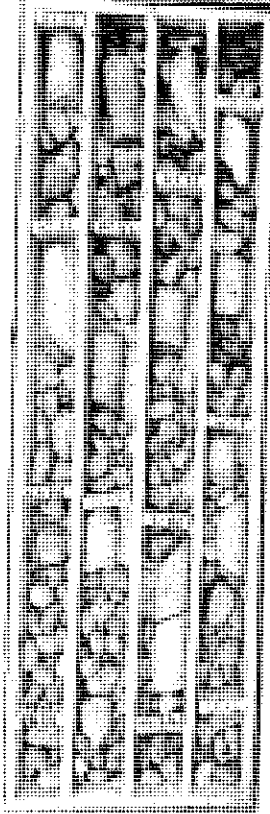
S-10/L2



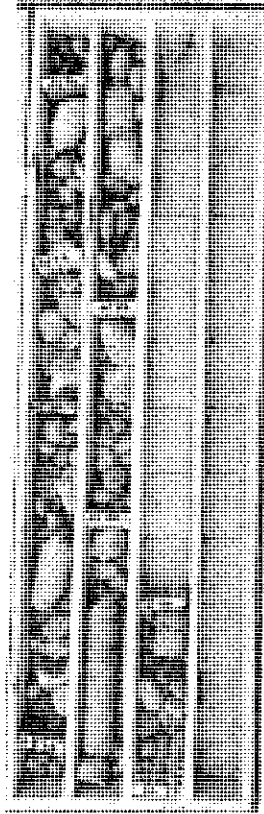
Caja 7. De 28,10 a 33,15 m



Caja 9. De 33,15 a 41,80 m



Caja 8. De 33,15 a 37,50 m




Caja 10. De 41,80 a 44,10 m

[1194]


000813

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**CLIENTE:**  **ProInversión**

**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  **Ovesa**

**Supervisor:** Pablo Aguerri  
**Empresa:** GESISA  
**Sondista:**  
**Equipo:** Gersa 1

**P.K.:** 26+386  
**X UTM:** 290.845.00  
**Y UTM:** 9.669.786.00  
**Z UTM:** 352.0

**SONDEO:** S-11 L2  
Hoja: 1 de 5  
F. de inicio: 10/09/2013  
F. finalización: 14/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Vistas	Columna litológica	Descripción litológica	Espesor (m)	Final metros (m)	Metronización	N° de juntas	RMR (Saco)	Q de Barton	Muestras/Ensayos		Ensayos de laboratorio																											
														Intervalo (m)	Resultados	Granulometría % Paso	Limites Atterberg	Estad. natural	Porosidad	P. específico	R.C.S (kg/cm <sup>3</sup> )	Edo. metro	Esayo de corte	Travail (kg/cm <sup>2</sup> )	Contenidos																		
0.0									1																																		
3.6		10/09/13					Refrero antrópico. Arenas finas con gravas de tamaño entre 0.5 y 3 cm. subangulosas. Presencia relevante de fragmentos de agregado asfáltico y ladrillo de tamaño inferior a 2 cm.	3.6	2.3																																		
4.7							CP. Grava en matriz arenosa gruesa maciza oscura. Gravas de tamaño máximo 5 cm y tamaño modal 2 cm. Compacidad densa.	0.4	4																																		
4.7							Bolos de 48 cm (4.0 a 4.4 m) y 20 cm (4.50 a 4.7 m) volcánico basico/granitoide.	0.7	4.6																																		
5.3							CP. Grava mal gradada. Gravas polimicas subredondeadas en matriz arenosa gruesa. Compacidad densa. Grava de tamaño máximo 8 cm, valor modal 4 cm y rango de 2 a 6 cm. Grava de 5 a 8 cm 10%. Grava de 0.2 a 5 cm: 50%; arena gruesa 40%.	3.15	8																																		
7.75							Bolos de 10-15 cm con matriz arenosa gruesa.	11.8	10.7																																		
7.85							CP. Grava mal gradada. Gravas polimicas subangulosas con matriz arenosa gruesa. Compacidad densa. Grava de tamaño modal 3 a 4 cm y tamaño máximo 8 cm. Grava de 5 a 6 cm 20%. Grava de 0.2 a 5 cm: 50%. Arena gruesa 30%.	3.7	9.25																																		
9.7								11.8	10.7																																		

MI MUESTRA ALTERADA MA MUESTRA ALTERADA TP TESTIGO PARAFINADO MW MUESTRA DE AGUA

LG ENSAYO LUGERON

PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

SPT PENETRÓMETRO

AI ARCILLA

Ox. ÓXIDO



*(Handwritten signature)*





**CLIENTE:** ProInversión

**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:** **avesa**

**Supervisor:** Pablo Aguerri  
**Empresa:** IGERSA  
**Sondista:**  
**Equipo:** Igerisa 1

**SONDEO:** S-11 L2  
3 de 5  
10/09/2013  
14/09/2013

**P.K.:** 26+388  
**X UTM:** 280.845.00  
**Y UTM:** 8.669.786.00  
**Z UTM:** 352.0

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Materización					RMR (Saco)	Q de Barton	Tipo	Intervalo (m)		Golpes/30cm	Ensayos de laboratorio							
											% Paso	Granulometría	Limites Atterberg	Estado natural	Humedad				Grava	Características		R <sub>d</sub> S (kg/cm <sup>2</sup> )	Ermetico	Ensayo de caída	Traxial	Contenido			
21.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas a subangulosas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de grava de 1 a 9 cm. Tamaño modal 6 cm. Grava de 5 a 9 cm: 40%. Grava de 0.2 a 5 cm: 40%. Arena: 20%.			20.55																			
22.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	25.55		23.85																			
23.0							GP. Grava mal graduada. Gravas y bolos en matriz arenosa media marrón oscura. Gravas y bolos polimíticos subredondeados. Compacidad densa. Tamaño máximo: 17 cm, tamaño modal 5 cm. Tamaño mínimo: 1 cm. Bolos de 10 a 20 cm: 10%. Grava de 5 a 10 cm: 15%. Grava de 0.2 a 5 cm: 60%. Arena: 15%.	26.35	0.90	25.95																			
24.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	28.4		28.8																			
25.0		12/09/13					GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	28.4		27.2																			
26.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	26.35	2.05	26.8																			
27.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	28.4		27.2																			
28.0		13/09/13					GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	26.35		26.8																			
29.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	26.35		26.8																			
30.0							GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subredondeadas en matriz arenosa media. Compacidad densa. Tamaño de gravas de 0.5 a 5 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 0.2 a 5 cm: 80%. Arena: 20%.	26.35		26.8																			

[1197]

000816

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



MI MUESTRA INALTERADA  
LG ENSAYO LUGEON  
Q CUARZO

SPT PENETRÓMETRO  
AR ARCILLA

TP TESTIGO PARAFINADO  
MV MUESTRA DE AGUA

PR ENSAYO PRESOMÉTRICO  
DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

**CLIENTE:** ProInversión

**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

**EMPRESA CONSULTORA:**  Oveo

**Supervisor:** Pablo Aguirri  
**Empresa:** IGERSA  
**Sondista:** Igersa 1  
**Equipo:** Igersa 1

**P. K.:** 26+388  
**X UTM:** 290.845.00  
**Y UTM:** 8.669.786.00  
**Z UTM:** 352.0

**SONDEO:** S-11 L2  
**Hoja:** 4 de 5  
**F. de inicio:** 10/09/2013  
**F. finalización:** 14/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Espesor (m)	Final matubra (m)	Q de Barton	MFR (Seco)	Nº de juntas/m	Meteorización	Resultados	Muestras/Ensayos	Ensayos de laboratorio
30.0	HQ	13/09/13					GP. Grava mal gradada. Gravos polimicticas subangulosas en matriz arenosa media a gruesa marron oscura. Compacidad densa. Gravos de tamaño de grano de 2 a 7 cm. Tamaño modal 3 cm. Grava de 5 a 7 cm 20%. Grava de 0.2 a 5 cm. 70%. Arena. 10%.	31.6	3.2	30.95							
31.0																	
32.8							GP. Grava mal gradada. Gravos polimicticas subangulosas en matriz arenosa marron oscura. Gravos de tamaño de grano de 2 a 7 cm. Tamaño modal 4 cm. Grava de 5 a 7 cm. 30%. Grava de 0.2 a 5 cm. 60%. Arena. 10%.	33.4									
33.0																	
34.0																	
35.0							GP. Grava mal gradada. Gravos polimicticas subangulosas en matriz arenosa media a gruesa marron oscuro. Compacidad densa. Gravos de tamaño de grano de 2 a 10 cm. tamaño modal 4 cm. Grava de 5 a 10 cm 20%. Grava de 0.2 a 5 cm. 60%. Arena 20%.	35.4									
36.0		14/09/13															
37.0																	
38.0																	
39.0																	
40.0																	

[1198]  
000817

**MI MUESTRA INALTERADA**  
LF ENSAYO LEFRANC  
OX OXIDO

**MA MUESTRA ALTERADA**  
LG ENSAYO LUGEON  
O CUARZO

**SPT PENETRÓMETRO**  
M ARCILLA

**TP TESTIGO PARAFINADO**  
MAY MUESTRA DE AGUA

**PR ENSAYO PRESOMÉTRICO. DL ENSAYO DILATOMÉTRICO**

[1199]

000818

<b>CLIENTE</b> 	<b>TRABAJO:</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b> 	<b>Supervisor:</b> Pablo Apuerti <b>Empresa:</b> IGESSA <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> Igersa 1	<b>P.K.:</b> 26+386 <b>X UTM:</b> 290 845.00 <b>Y UTM:</b> 8 668 786.00 <b>Z UTM:</b> 352.0	<b>SONDEO:</b> <b>Hoja:</b> <b>F. de inicio:</b> 10/09/2013 <b>F. finalización:</b> 14/09/2013
	<b>Profundidad (m)</b> 40.0 44.0 42.0 43.0 46.0 46.0 47.0 48.0 50.0		<b>Tipo de perforación</b> HQ	<b>Fecha</b> 14/09/13	<b>Revestimiento</b> Prof. Agua (m)
<b>Epesor (m)</b> 42.5 4.1		<b>Final manobra (m)</b> 40.8 41.4 42		<b>Metorización</b> V. S. III V. S. II V. S. I	
<b>N° de juntas/m</b>		<b>MVR (Seco)</b>		<b>C. de Barton</b>	
<b>Muestras/Ensayos</b> Tipo Intervalo (m) Resultados Coles/30cm		<b>Granulometría % Paso</b> max 2 mm 0.4 mm 0.075 mm		<b>Estados</b> Estado natural Humedad Wp ML	
<b>Ensayos de laboratorio</b> P <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>sp</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>sp</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )		<b>Ensayo de corte</b> Tipo C T		<b>Contenidos</b> M O S CO	

MA MUESTRA INALTERADA  
 LG ENSAYO LUCEON  
 O CUARZO  
 SPT PENETROMETRO  
 AR ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

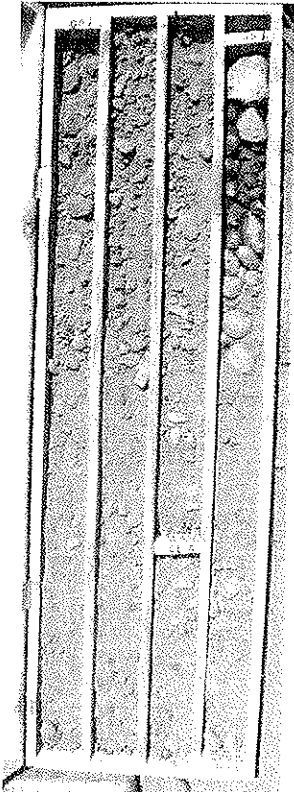
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
**REPRESENTANTE LEGAL**



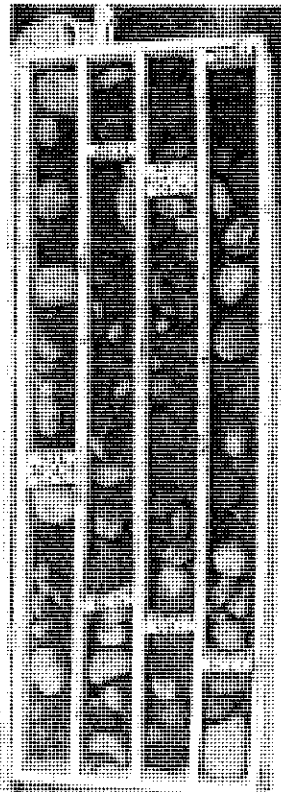
ProInversión

SONDEO N°:

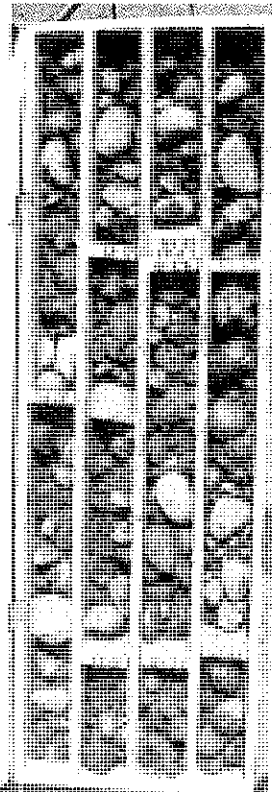
S11 L2



Caja 1. De 0,0 a 4,0 m



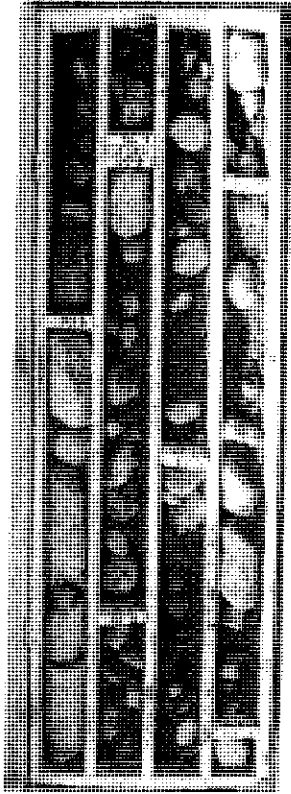
Caja 3. De 8,65 a 14,15 m



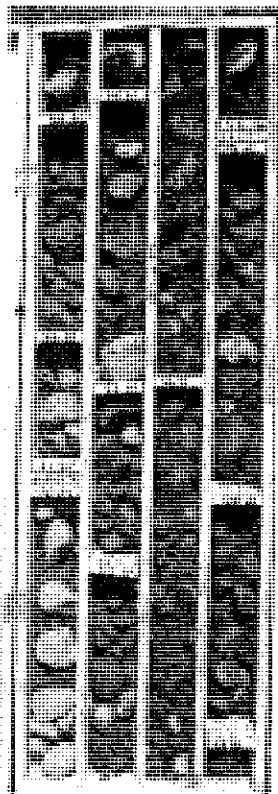
Caja 5. De 20,05 a 24,80 m



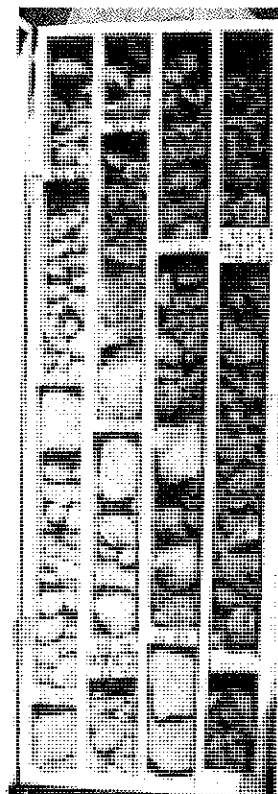
ayesa



Caja 2. De 4,0 a 8,65 m



Caja 4. De 14,15 a 20,05 m

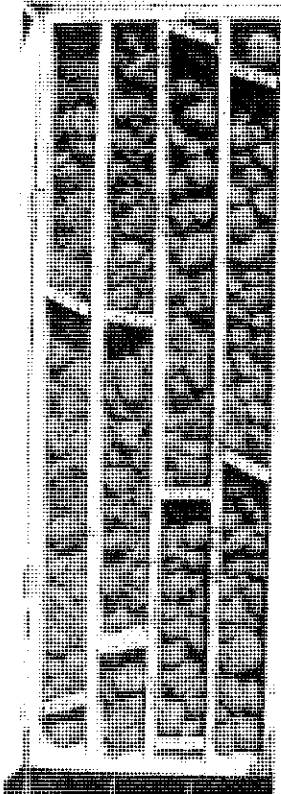


Caja 6. De 24,80 a 30,50 m

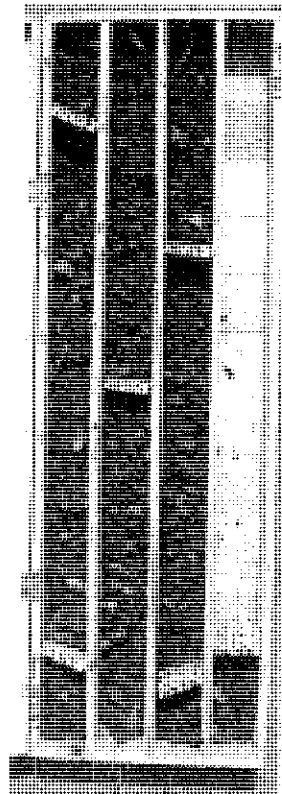
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



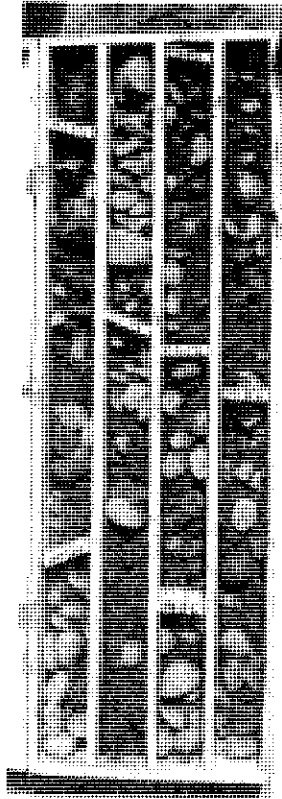
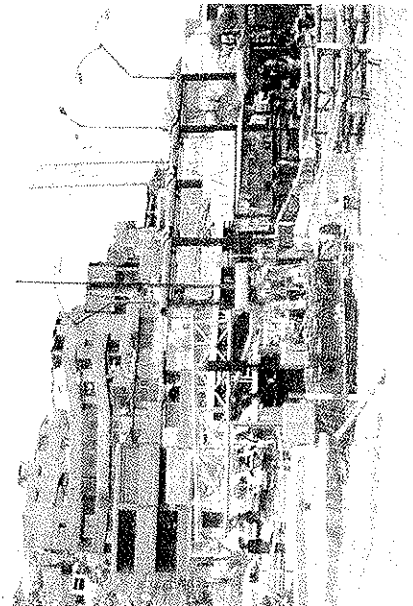
*[Handwritten signature]*



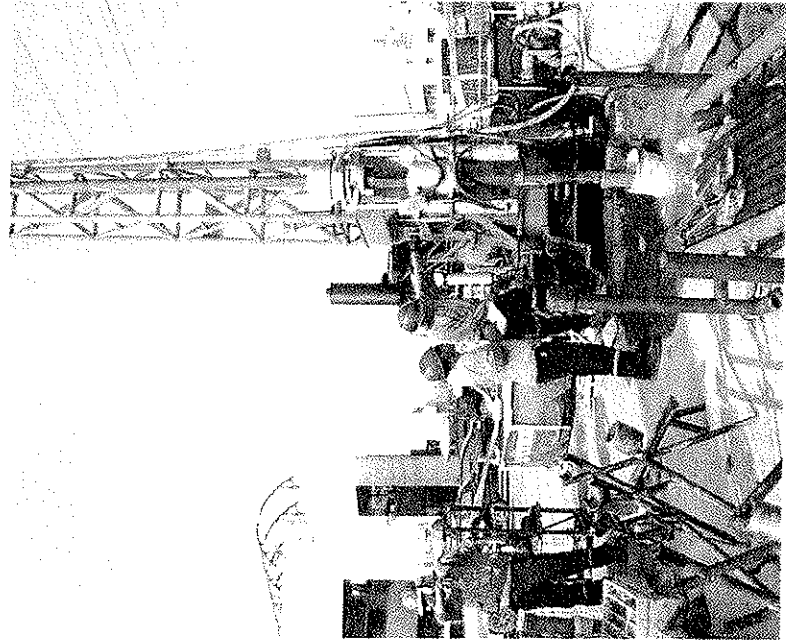
Caja 7. De 30,50 a 34,60m



Caja 9. De 39,20 a 42,50 m



Caja 8. De 34,60 a 39,20 m









**CLIENTE:** ProInversión  
**TRABAJO:** Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.  
**EMPRESA CONSULTORA:** Gyesa

**Supervisor:** Pablo A. Guerrero  
**Empresa:** GERSA  
**Sondista:**  
**Equipo:** Gresa 1

**P.K.:** 26+750  
**X UTM:** 291199  
**Y UTM:** 8668907  
**Z UTM:** 357

**SONDEO:** S-12 L2  
**Hoja:** 3 de 5  
**F. de inicio:** 16/09/2013  
**F. finalización:** 23/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Descripción litológica	Espesor (m)			Final manobra (m)	Caudal (l/min)	Nº de juntas/m	RMR (Secco)	Q de Barton	Tipo	Muestras/Ensayos		Ensayos de laboratorio																						
							Prof. interior	Prof. exterior	Intervalo (m)							Resultados	Colpas/30cm	Granulometría	Estados	Índice	Edulcor	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice										
28.0	BO HO	18/09/13				Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa gruesa con finos, color gris. Gravas subangulosas y polimédicas. Compacidad densa. Tamaño de 1 a 10 cm. Tamazo modal: 7 cm. Estimación porcentual: Gravas 5-10 cm: 60%; Gravas 0.2-5 cm: 30%; Matriz: 10%.	2.95	2.35	20.75								max	2 m	0.4 mm	0.075 mm	2 mm	Wp	ML	Wp	2 mm	Humedad natural	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice	Índice					
27.0						Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa gruesa con pocos finos. Gravas subangulosas, polimédicas de compacidad densa. Tamaño: 2-9 cm. Tamazo modal: 5-6 cm. Estimación porcentual: Grava 5-9 cm: 45%; Grava 0.2-5 cm: 40%; Matriz: 15%.	4.25	2.58	23.5							58R																								
26.0						Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa fina a media con bastantes finos de color marrón grisáceo. Gravas subangulosas, polimédicas, de compacidad densa. Presencia de bolos (1.5 cm a 2.8; 1.3 y 2.3, 3.0m). Tamazo: 1-15 cm. Tamazo modal: 5-7 cm. Estimación porcentual: Bolos: 10-15 cm: 5%; Gravas 5-10 cm: 65%; Gravas 0.2-5 cm: 15%; Arenas: 15%.	2.2	2.8	28.5																															
25.0							2	28.9																																
24.0							2	29.3																																
23.0							2	29.7																																
22.0							2	29.7																																
21.0							2	29.7																																
20.0							2	29.7																																
19.0							2	29.7																																
18.0							2	29.7																																
17.0							2	29.7																																
16.0							2	29.7																																
15.0							2	29.7																																
14.0							2	29.7																																
13.0							2	29.7																																
12.0							2	29.7																																
11.0							2	29.7																																
10.0							2	29.7																																
9.0							2	29.7																																
8.0							2	29.7																																
7.0							2	29.7																																
6.0							2	29.7																																
5.0							2	29.7																																
4.0							2	29.7																																
3.0							2	29.7																																
2.0							2	29.7																																
1.0							2	29.7																																

[1204]

000823



*[Handwritten signature]*

MA MUESTRA ALTERNADA LG ENSAYO LUJEON  
 SPT PENETROMETRO A. ARCILLA  
 TP TESTICO PARAFINADO MM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO





**ProInversion**

TRABAJO:

**Campaña Geotécnica Complementaria.**  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aquero  
Empresa: IGERSA  
Sondista:  
Equipo: Bersa 1

P.K.: 26+760  
X UTM: 291199  
Y UTM: 9969907  
Z UTM: 357

SONDEO: S-12 L2  
Hoja: 5 de 5  
F. de inicio: 16/09/2013  
F. finalización: 23/09/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Sec)	Q de Barron	Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Colpas/30cm
43.0	BD HQ	19/09/13				Grava mal graduada. Gravas en maliz arenosa gruesa de color gris. Grava mal graduada. Gravas en maliz arenosa gruesa de color gris. Gravas subangulosas de compactación densa. Tamaño 1-9 cm. Tamaño modal: 3-5 cm. Estimación porcentual: Gravas 5-9 cm. 40%. Arenas 0.2-5 cm 45%. Arenas 15%.	43	2.85	43								
42.0	BD NQ	23/09/13							42.55								
41.0									42.05								
40.0									41.55								
39.0									41.15								
38.0									40.85								

[1206]  
000825

Muestra Alterada: MA MUESTRA ALTERADA  
LG ENSAYO LUGON: LG ENSAYO LUGON  
Q: CUARZO  
A: ARCILLA  
SPT PENETRÓMETRO: SPT PENETRÓMETRO  
TP TESTIGO PARAFINADO: TP TESTIGO PARAFINADO  
MM MUESTRA DE AGUA: MM MUESTRA DE AGUA  
PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO O ENSAYO DILATOMÉTRICO: PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO O ENSAYO DILATOMÉTRICO

INSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
CONSORCIO IUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



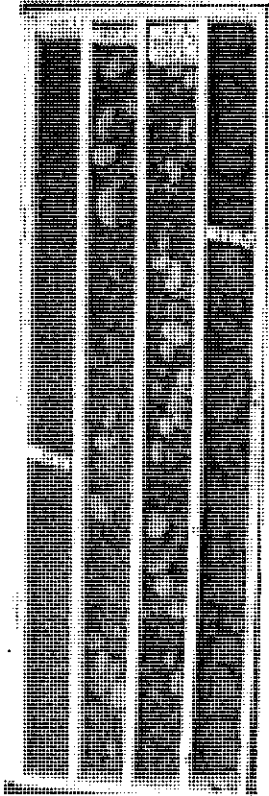
*[Handwritten signature]*



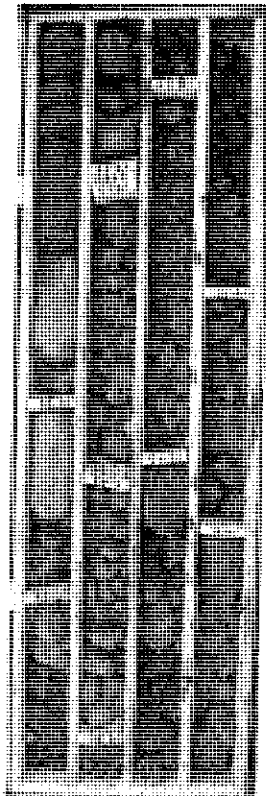
ProInversión

SONDEO N°:

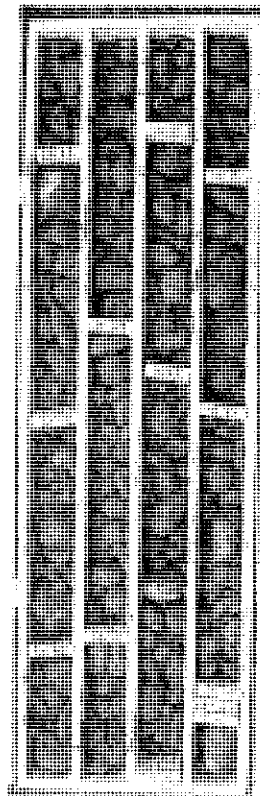
S12 L2



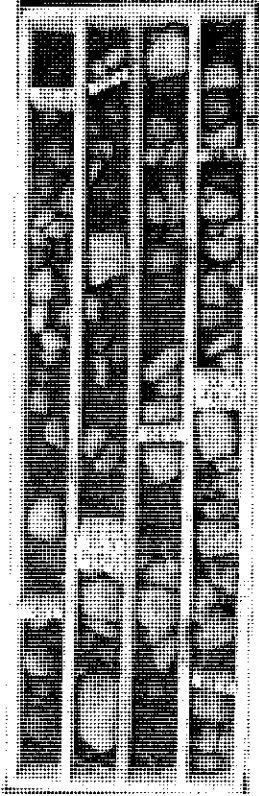
Caja 1. De 0,0 a 4,50 m



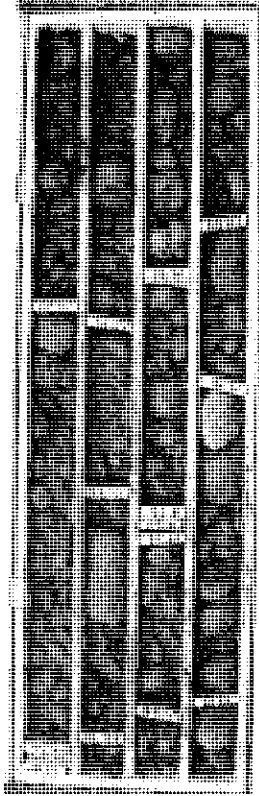
Caja 3. De 10,0 a 15,0 m



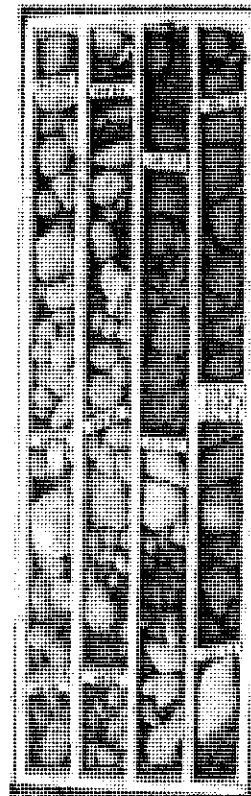
Caja 5. De 20,50 a 25,60 m



Caja 2. De 4,50 a 10,0 m



Caja 4. De 15,0 a 20,50 m



Caja 6. De 25,60 a 30,50 m

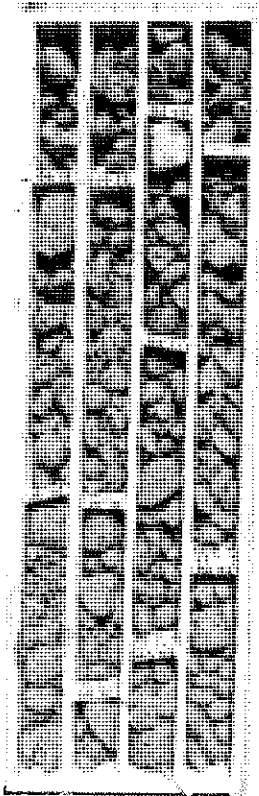
[1207]

000826

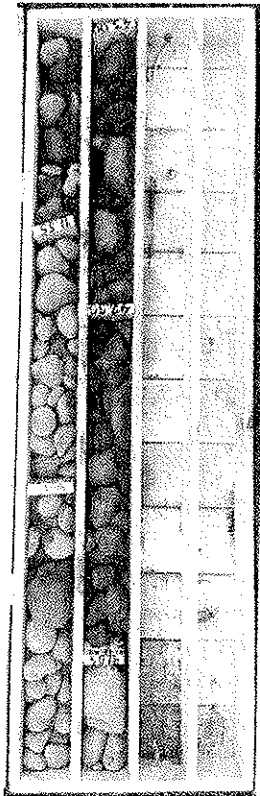
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



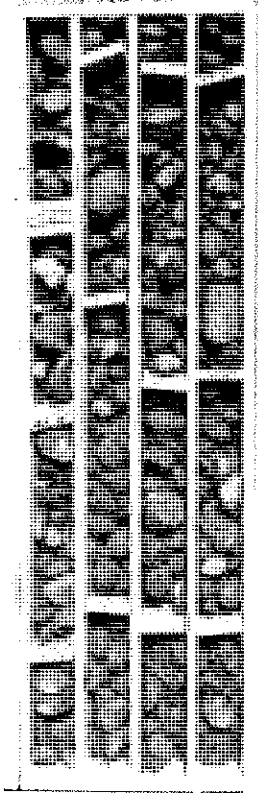
AS



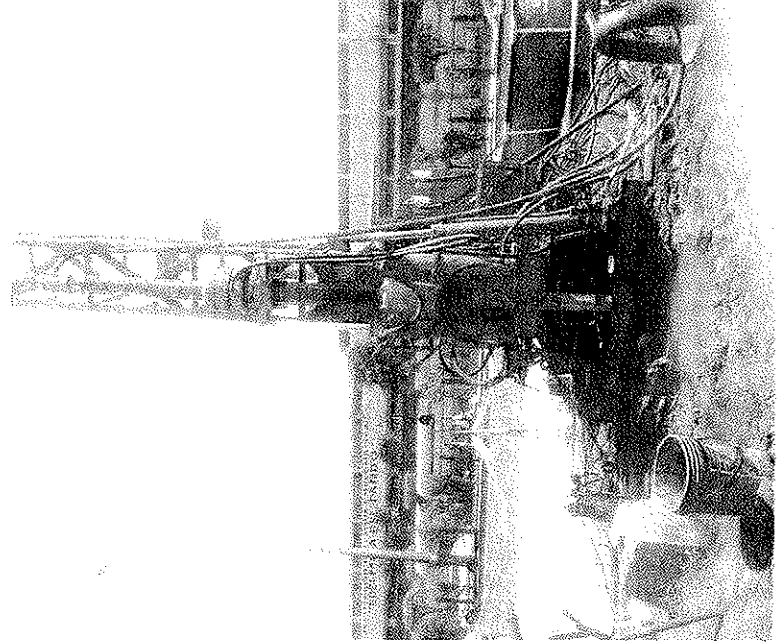
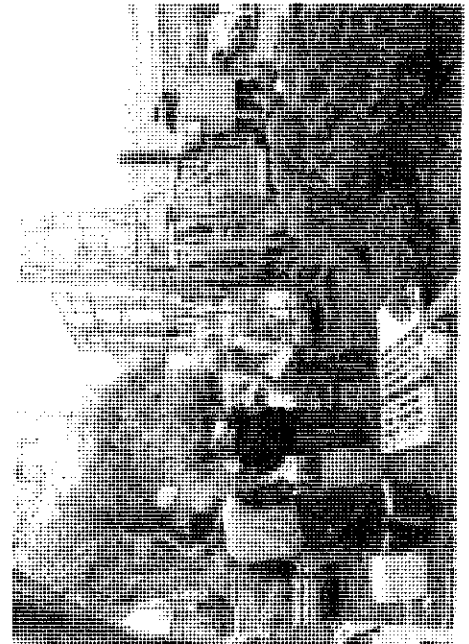
Caja 7. De 30,50 a 35,20m



Caja 8. De 35,20 a 40,70 m



Caja 9. De 40,70 a 43,0 m

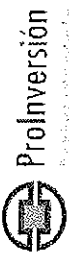


*Handwritten mark*

[1209]

000828

CLIENTE:



Trabajo: Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.

EMPRESA CONSULTORA:



Supervisor: Pablo Aquero MRA
Empresa: MRA
Sondista: MRA
Equipo: MRA 1

SONDEO:

S-1 L4
Hoja: 1 de 4
F. de inicio: 17/09/2013
F. finalización: 05/10/2013

P.K.: 0+310
X UTM: 258 771.99
Y UTM: 8 672 780.53
Z UTM: 13.0

Table with columns: Profundidad (m), Tipo de perforación, Fecha, Revestimiento, Prof. Agua (m), Columna litológica, Descripción litológica, Prof interior (m), Espesor (m), Final manobra (m), Meteorización, Nº de juntas/m, RMR (Seca), Q de Barton, Muestras/Ensayos, Resultados, Intervalo (m), Tipo, Granulometría (% Pasos), Límites Atterberg (Wp, Wl, Z), Estado natural, Humedad, Densidad, P especifico, FCS (kN/cm²), Edómetro, Tipo, F. de inicio, F. de finalización, Tipo, F. de inicio, F. de finalización.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA
REPRESENTANTE LEGAL



Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. Interior (m)	Respor (m)	Final manobra (m)	Gravímetro	Muestro de corte	Tipos	Contenido
10.0	HO BD	20/09/13					Grava mal graduada.	10.5	0.5	10.5				
11.0							Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa fina marrón oscuro. Gravos polimórficos subangulares de 3 a 9 cm de tamaño. Tamaño modal 4 a 5 cm. Porcentajes estimados Grava de 5 a 10 cm: 40%. Grava de 0.2 a 5 cm: 40%. Matriz: 20%.	10.5	2.1	11.6				
12.0							SWISP Arenas medias marrón claro/gris sin finos. Lavadas por la perforación.	12.6		12.6				
13.0							Arcillas algo limosas marrón oscuro. Plasticidad media. Consistencia estimada blanda.	13.1	0.5					
14.0							SWISP Arenas finas a medias. Lavado totalmente por la perforación. (nivel interpretado).	14.06	0.95	13.8				
15.0								15.1	1.05	14.35				
16.0							Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa fina (estimada). Lavada por la perforación. Gravos polimórficos subangulares de tamaño de 2 a 10 cm. Tamaño modal: 5 a 7 cm. Estimación de porcentajes: grava de 5 a 10 cm: 80%. Grava de 0.2 a 5 cm: 30%. Matriz: 10%.	15.1	4.9	15.8				
17.0								16.7		16.7				
18.0								17.2		17.2				
19.0								18.7		18.7				
20.0								19		19				
20.0								20		20				

[1210]  
000829

Supervisor: Pablo Aguerri  
Empresa: MRA  
Sondista:  
Equipo: MRA 1

EMPRESA CONSULTORA:  
**Ovesa**  
C

TRABAJO:  
**Campaña Geotécnica Complementaria,  
Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**

CLIENTE:  
**ProInversión**

SONDEO:  
S-1 L4  
2 de 4  
Hoja:  
F. de inicio: 17/09/2013  
F. finalización: 05/10/2013

P.K.: 0+310  
X UTM: 268.771,99  
Y UTM: 8.672.780,53  
Z UTM: 13,0

Ensayos de laboratorio			
Granulometría % Pasa	Límites Atterberg	Estado natural	F. finalización
max	max	max	
2 mm			
0.4 mm			
0.08 mm			
2 um			
MP			
ML			
WL			
Pl. asfáltica			
R <sub>0</sub> S (kg/cm <sup>2</sup> )			
Edm <sub>0</sub>			
F. finalización			
Tipos			
Contenido			

Muestras/Ensayos	Tipos	Intervalo (m)	Resultados	Copias/30cm
			3480/36	76
			7/605	12
			3803/123	64

MA MUESTRA ALTERADA  
LG ENSAYO LUGERON  
O CUARZO

TP TESTIGO PARAFINADO  
MW MUESTRA DE AGUA  
PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

MUESTRA INALTERADA  
LF ENSAYO LEFRANC  
DX OXIDO

[1211]

000830

CLIENTE:  **ProInversión**  
 Ciudad de los Reyes, Av. España 1505

TRABAJO:  
**Campaña Geotécnica Complementaria,  
 Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA:  
 **Ayessa**  
 CONSULTORIA


Supervisor: **Pablo Aquerri**  
 Empresa: **MRA**  
 Sondista: **MRA**  
 Equipo: **MRA 1**

P.K.: 0+310  
 X UTM: 268,771,99  
 Y UTM: 8,672,780,53  
 Z UTM: 13,0

**SONDEO:** S-1 L4  
 Hoja: 3 de 4  
 F. de inicio: 17/09/2013  
 F. finalización: 05/10/2013

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final maniobra (m)	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Diagrama	Ensayos de laboratorio																							
																		Granulometría % Pases	Limites Atterberg	Estado natural	F específico	Edmétrico	Ensayo de corte	Tríaxial	Contenedos																
30		03/10/13					30																																		
29							29																																		
28							28																																		
27							27																																		
26							26																																		
25							25																																		
24							24																																		
23							23																																		
22							22																																		
21							21																																		
20							20																																		
19							19																																		
18							18																																		
17							17																																		
16							16																																		
15							15																																		
14							14																																		
13							13																																		
12							12																																		
11							11																																		
10							10																																		
9							9																																		
8							8																																		
7							7																																		
6							6																																		
5							5																																		
4							4																																		
3							3																																		
2							2																																		
1							1																																		

SPT PENETRÓMETRO  
 MUESTRA INALTERADA  
 TP TETRIGO PARAFINADO  
 M MUESTRA DE AGUA  
 MI MUESTRA INALTERADA  
 LG ENSAYO LUGON  
 Q CUARZO  
 A: ARCILLA  
 PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO

INFORME NUESTRO METRO DE LIMA  
 DAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 





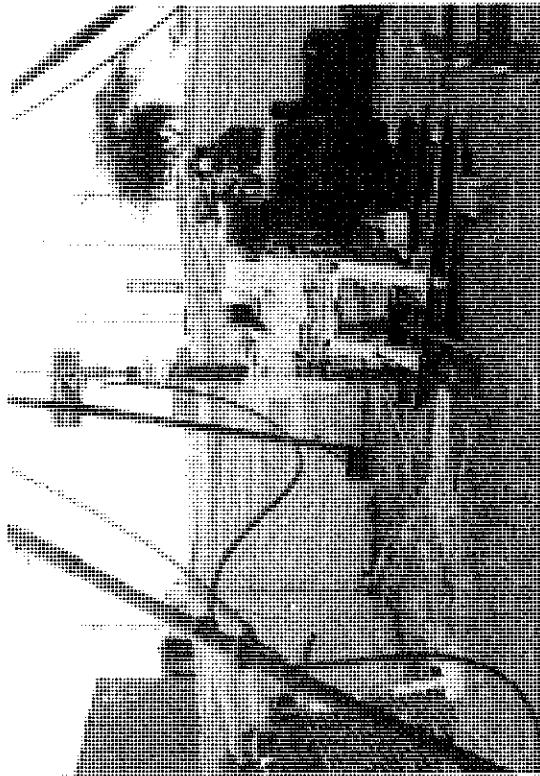


ProInversión

Corporación de Promoción y Fomento Inmobiliario

SONDEO N°:

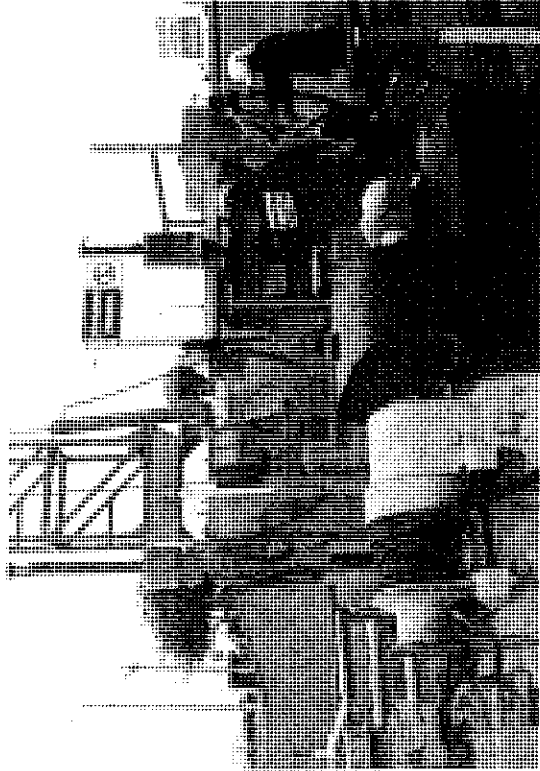
S-1/L4



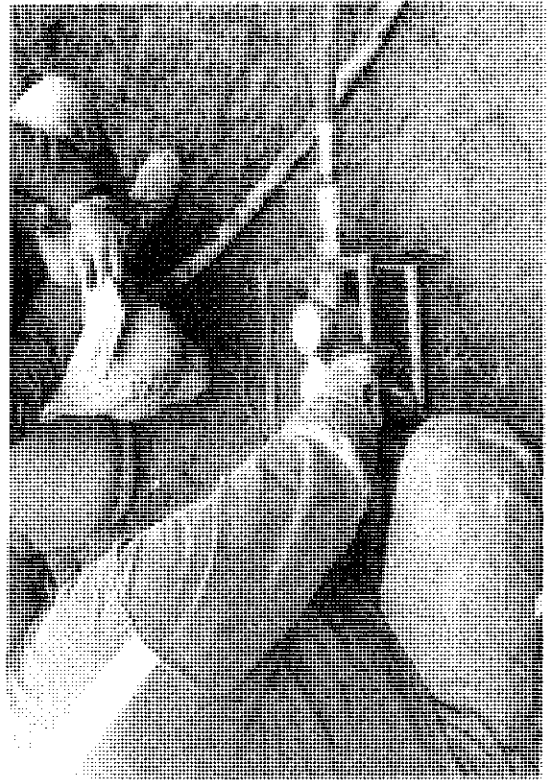
Perforación del sondeo S-1/L4



Curoestudios



Perforación del sondeo S-1/L4



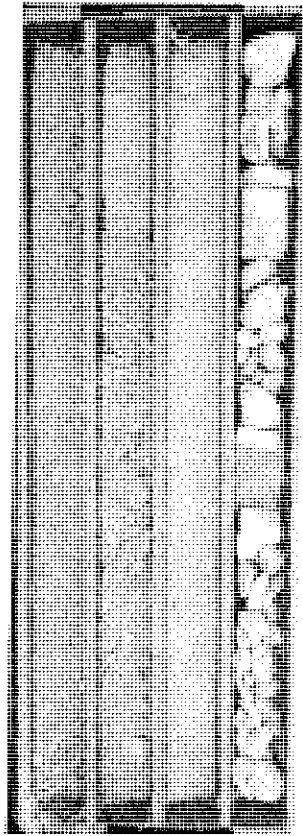
Ejecución del ensayo Leifrang

[1213]

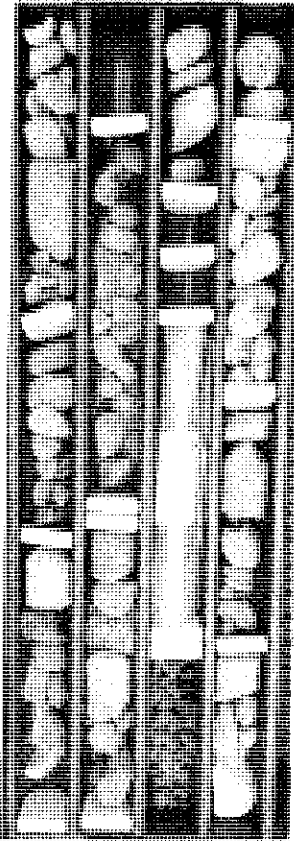
000832

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

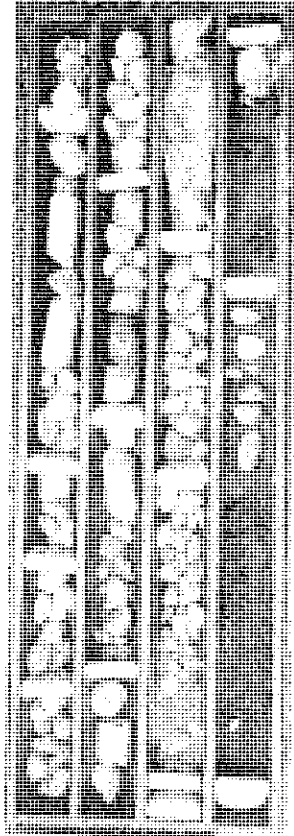




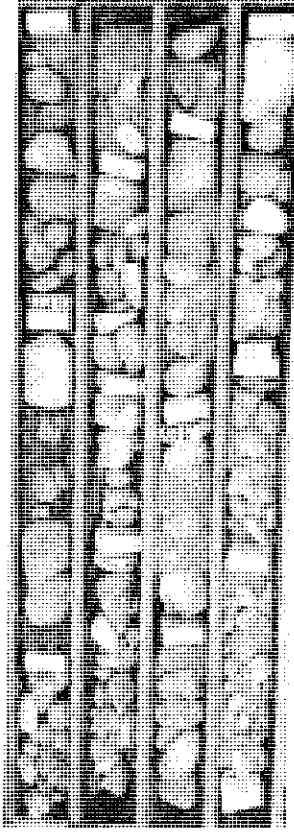
Caja 1. De 0,0 a 4,35 m



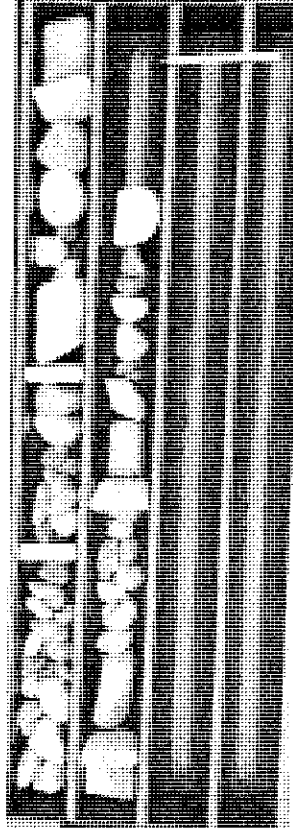
Caja 3. De 8,60 a 17,30 m



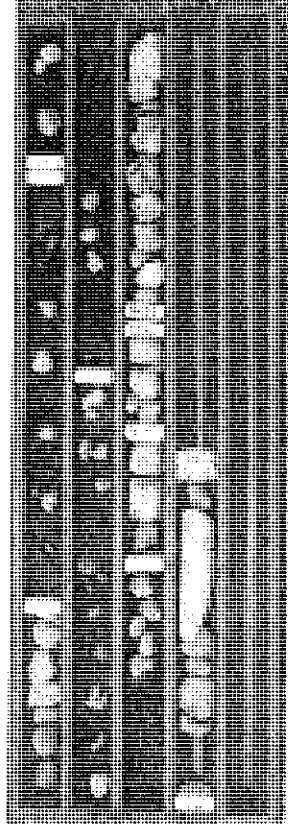
Caja 5. De 20,55 a 25,30 m



Caja 2. De 4,35 a 8,60 m



Caja 4. De 17,30 a 20,55 m



Caja 6. De 25,30 a 31 m





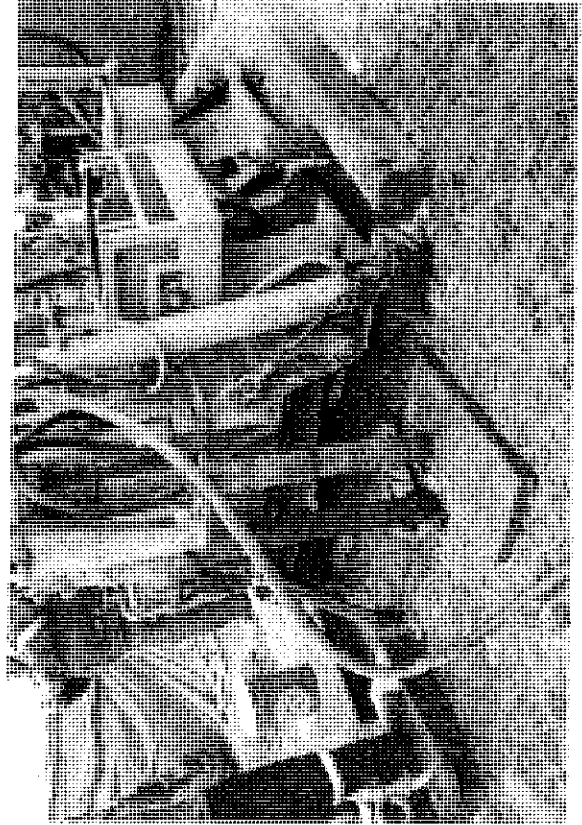
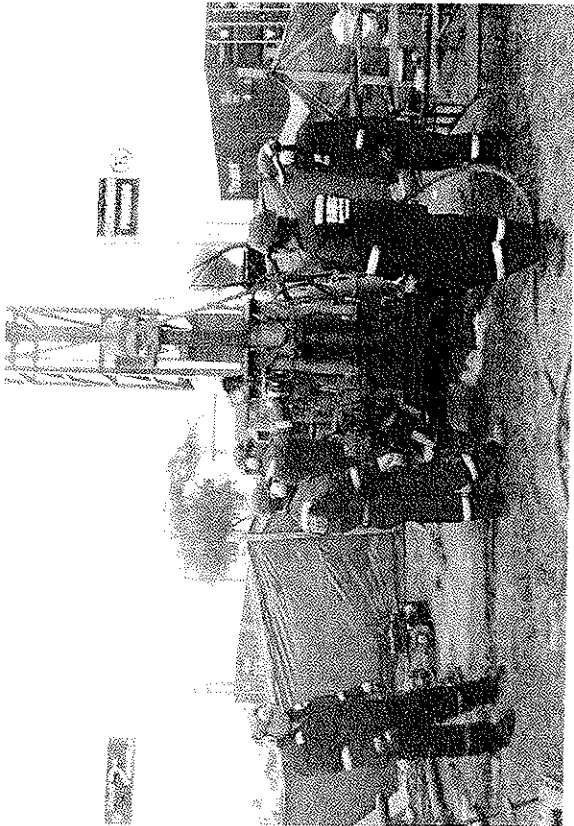


ProInversión

www.proinversion.gob.pe

SONDEO N°:

S-1 BIS/L4



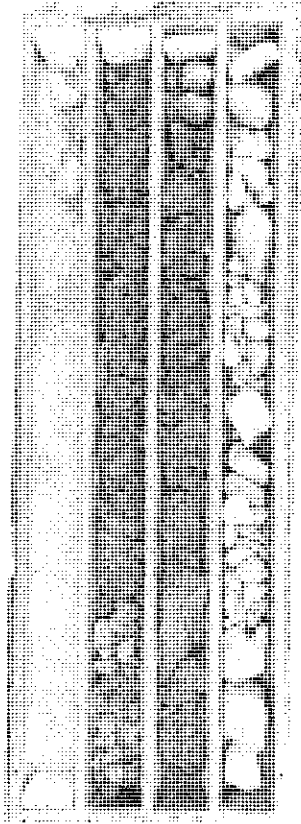
[1217]

000836

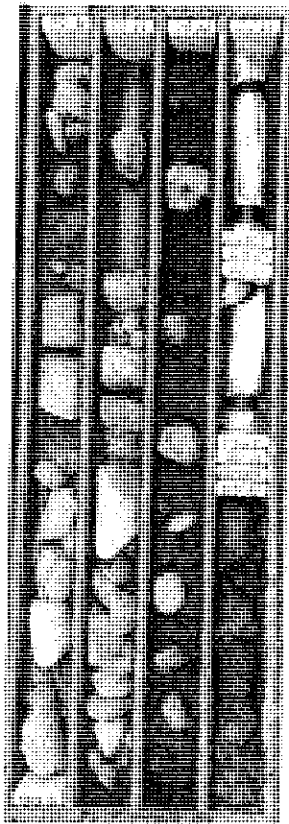
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



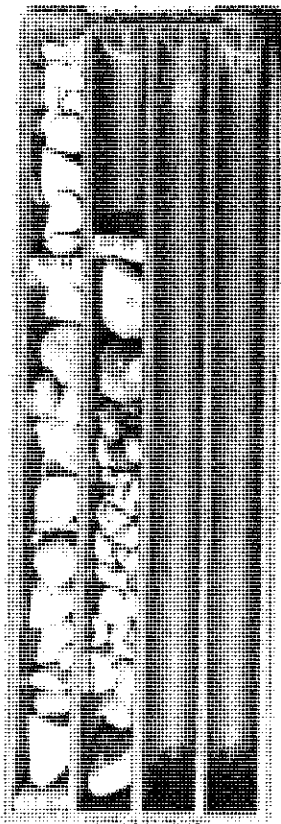
A



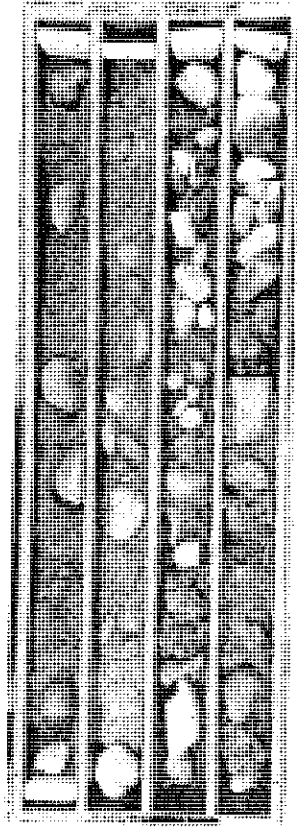
Caja 1. De 0,0 a 4,0 m



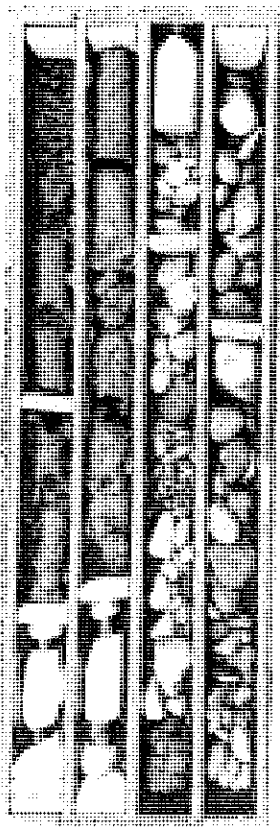
Caja 3. De 8,0 a 13,20 m



Caja 5. De 18,30 a 20,0 m



Caja 2. De 4,0 a 8,0 m



Caja 4. De 13,20 a 18,30 m





[1220]

000839

MUESTRA DE AGUA  
MUESTRA PARAFINADO  
MUESTRA INALTERADA  
ENSAYO LUGEON  
CUARZO  
ARCILLA  
SPT - PENETROMETRO  
TP TESTIGO PARAFINADO  
PR ENSAYO PRESIDIMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

CLIENTE: **ProInversión**  
 TRABAJO: **Campaña Geotécnica Complementaria, Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA: **aveso**  
 Supervisor: Pablo Aguero  
 Empresa: MRA  
 Sondista:  
 Equipo: MRA 2

P.K.: 2-544  
 X UTM: 270.190.76  
 Y UTM: 8.671.215.61  
 Z UTM: 23.1

SONDEO: S-2 L4  
 Hoja: 2 de 4  
 F. de inicio: 24/09/2013  
 F. finalización: 07/10/2013

Profundidad (m)	HG BD	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. interior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	Q de Barton	Muestras/Ensayos	Resultados	Colpas/30cm	Granulometría % Pasos	Límites Atterberg	Esajer natural	Espesor de carta	Ectómetro	Triaxial	Contendos		
10.0	10.0							1.2																	
11.0	11.0						Grava mal graduada. Gravos y bolos en matriz arenosa (estimada), lavada por la perforación. Gravos y bolos poliméricos, subredondeados, grises de 2 a 18 cm de tamaño. Tamaño modal 6 cm. Estimación de porcentajes: Bolos de 10 a 15 cm. 25%, gravos de 5 a 10 cm. 35%, grava de 0.2 a 5 cm. 25%, matriz (estimada) 15%, compacidad muy densa.	1.2																	
12.0	12.0						Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa gruesa color marrón oscuro o limonoso marrón claro. Presencia ocasional de bolos. Gravos y bolos subredondeados poliméricos de 1 a 16 cm de tamaño. Tamaño modal de 6 a 7 cm. Estimación de porcentajes: Bolos de 10 a 16 cm. 10%, gravos de 5 a 10 cm. 45%, grava de 0.2 a 5 cm. 25%, matriz (estimada) 20% (estimación). Compacidad muy densa.	1.2																	
13.0	13.0						Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa (estimada), lavada por la perforación. Gravos poliméricos subangulosos de 1 a 9 cm de tamaño. Tamaño modal: 4 cm. Estimación de porcentajes: Grava de 5 a 9 cm. 30%, grava de 0.2 a 5 cm. 50%, matriz. 20% (estimada). Compacidad muy densa.	1.2																	
14.0	14.0						Bolos de 18 cm (a 14.20 m) y 15 cm (a 14.4 m).	1.2																	
15.0	15.0						Grava mal graduada. Gravos en matriz arenosa media a gruesa, marrón oscura. Gravos subangulosos a subredondeados, poliméricos, de 0.5 a 11 cm de tamaño. Tamaño modal: 5 cm. Compacidad muy densa. Estimación de porcentajes: grava de 5 a 11 cm. 35%, grava de 0.2 a 5 cm. 45%, matriz. 20%.	1.2																	
16.0	16.0							3.6																	
17.0	17.0							1.7																	
18.0	18.0						Grava mal graduada. Gravos mal graduados en matriz arenosa o arcillosa (estimación, lavada totalmente en la perforación) con presencia ocasional de bolos. Gravos y bolos poliméricos, subredondeados de 2 a 16 cm de tamaño. Tamaño modal 3 a 7 cm. Estimación de porcentajes: Bolos de 10 a 20 cm. 10%, grava de 5 a 10 cm. 35%, grava de 0.2 a 5 cm. 25%, matriz. 30% (estimación)	1.7																	
19.0	19.0							1.7																	
20.0	20.0							1.7																	

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



CLIENTE:

**ProInversión**  
S.R.L.  
P. O. BOX 26140 - J. C. S. P.

TRABAJO:  
**Campaña Geotécnica Complementaria,  
Mtro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.**

EMPRESA CONSULTORA:  
**GESESA**  
S.A. DE C.V.

Supervisor: Pablo Aguero  
Empresa: MPA  
Sondista:  
Equipo: MPA 2

**SONDEO:**  
S-2 L4  
Hoja: 3 de 4  
F. de inicio: 24/09/2013  
F. finalización: 07/10/2013



Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	MeteORIZación	Nº de juntas/m	RMR (seco)	Q de Barton	Muestras/Ensayos													
														Resultados		Granulometría % Pase		Límites Atterberg		Estado natural		Edómetro	Tipo	Ensayo de corte	Triaxial	Contendos	
														Intervalo (m)	Cópses/30cm	max	2 mm	0.4 mm	0.075 mm	VM	MP						Humedad
27.0		04/10/13			Grava mal graduada. Gravas mal graduadas en matriz arenosa o arcillosa (estimación, lavada totalmente en la perforación con presencia ocasional de bolos). Gravas y bolos polimicticos, subredondeados de 2 a 16 cm de tamaño. Tamaño modal 3 a 7 cm. Estimación de porcentajes: Bolos de 10 a 20 cm: 10%; grava de 5 a 10 cm: 35%; grava de 0.2 a 5 cm: 25%; máiz: 30% (estimación).	21	0.85	21.45	21						SPT 21/21.05	R/127/14											
27.0					Arcilla marrón rojizo a rosado. Plasticidad media, consistencia moderadamente firme a firme		22.2	22.2	22.2																		
27.0					Una muestra marrón-amarillento, arenoso de plasticidad baja y consistencia muy firme a dura.		23.7	23.7	23.7																		
27.0					Arcilla limosa marrón con algo de grava. Arcilla de plasticidad media, consistencia blanda a moderadamente firme. Las gravas son subredondeadas de 1 a 6 cm.		23.65	1.45	22.65																		
27.0					SP/SW. Arena con gravas. Arenas medias marrón oscuro a gris de compactación densa con gravas subangulosas a subredondeadas, grases, de 1 a 4.5 cm de tamaño- tamaño modal de 3 a 4 cm.		25.2	1.55	24.7																		
27.0					Grava mal graduada. Gravas y bolos en matriz arenosa media marrón oscuro. (lavada por la perforación). Gravas y bolos grises, polimicticos, subredondeados y subangulosos, de 0.5 a 15 cm de tamaño. Tamaño modal 5-6 cm. Compactación muy densa. Estimación de porcentajes: Bolos de 10 a 15 cm: 30%. Grava de 5 a 10 cm: 35%; grava de 0.2 a 5 cm: 10%; máiz: 15%.		27.15	1.95	26.15																		
27.0					Grava mal graduada. Gravas y bolos en matriz arenosa fina a media (lavada por la perforación). Gravas grises polimicticas, subangulosas de 0.5 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal 5 cm. Compactación muy densa. Estimación de porcentajes: Grava de 5 a 10 cm: 30%; grava de 0.2 a 5 cm: 25%; máiz: 25% (estimación, lavada).		29.5	2.35	28.2																		
27.0					Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa media a gruesa (mayoritariamente lavada por la perforación) marrón oscura.		31.1	0.5	29.5																		

Nota nº 3: Gravas grises polimicticos, subangulosos a subredondeados de 1 a 10 cm de tamaño. Tamaño modal 6-7 cm. Compactación muy densa. Estimación de porcentajes: Grava de 5 a 10 cm: 30%; grava de 0.2 a 5 cm: 35%; máiz: 30% (estimación, lavada). 7/1

[1221]  
000840

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
REPRESENTANTE LEGAL

MA MUESTRA INALTERADA  
 MI MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 OX OXIDO  
 SPT PEREÍROMÉTRICO  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMÉTRICO  
 DL ENSAYO DILATOMÉTRICO  
 AR ARCILLA  
 LC ENSAYO LUGERON  
 G CUARZO

<b>CLIENTE:</b>  <b>ProInversión</b> <small>Proyectos de Infraestructura</small>	<b>TRABAJO:</b> <b>Campana Geotécnica Complementaria.</b> <b>Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b>	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>avesa</b> <small>Asesoría y Estudios S.A.</small>	<b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri <b>Empresa:</b> M&A <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> M&A 2	<b>P.K.:</b> 2+544 <b>X UTM:</b> 270.190.76 <b>Y UTM:</b> 8.671.215.61 <b>Z UTM:</b> 23.1	<b>SONDEO:</b> S-2 L4 <b>Hoja:</b> 4 de 4 <b>F. de inicio:</b> 24/09/2013 <b>F. finalización:</b> 07/10/2013																																																																																																									
			<b>Ensayos de laboratorio</b> <table border="1"> <tr> <td>Granulometría % Paso</td> <td>Wp</td> <td>Wl</td> <td>Z<sub>200</sub></td> <td>0.075 mm</td> <td>0.15 mm</td> <td>0.3 mm</td> <td>0.6 mm</td> <td>1.18 mm</td> <td>2.0 mm</td> <td>max</td> </tr> <tr> <td>Estado natural</td> <td>Humedad</td> <td>Dens</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>P. específico</td> <td>Q<sub>s</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> </tr> </table>	Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max	Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec																																																																										
Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max																																																																																																				
Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )																																																																																																				
Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec																																																																																																				
<b>Muestras/Ensayos</b> <table border="1"> <tr> <td>Intervalo (m)</td> <td>Tipos</td> <td>Colpas/30cm</td> <td>Resultados</td> </tr> <tr> <td>0.0 - 0.5</td> <td>SPR</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Intervalo (m)	Tipos	Colpas/30cm	Resultados	0.0 - 0.5	SPR			<b>Ensayos de laboratorio</b> <table border="1"> <tr> <td>Granulometría % Paso</td> <td>Wp</td> <td>Wl</td> <td>Z<sub>200</sub></td> <td>0.075 mm</td> <td>0.15 mm</td> <td>0.3 mm</td> <td>0.6 mm</td> <td>1.18 mm</td> <td>2.0 mm</td> <td>max</td> </tr> <tr> <td>Estado natural</td> <td>Humedad</td> <td>Dens</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>P. específico</td> <td>Q<sub>s</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> </tr> </table>			Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max	Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec																																																																
Intervalo (m)	Tipos	Colpas/30cm	Resultados																																																																																																											
0.0 - 0.5	SPR																																																																																																													
Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max																																																																																																				
Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )																																																																																																				
Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec																																																																																																				
<b>Descripción litológica</b> Grava mal gradada. Gravas en matriz arenosa media a gruesa (mayoritariamente lavada por la perforación) marrón oscura. Gravas grises porfíricas, subangulosas a subredondeadas de 1 a 10 cm de tamaño. Tamaño nodal 6-7 cm. Compacidad muy densa. Estimación de porcentajes Grava de 5 a 10 cm. 50%. Grava de 0.2 a 5 cm. 30%. maliz. 20% (estimación, lavada).			<table border="1"> <tr> <td>Profundidad (m)</td> <td>Prof interior (m)</td> <td>Prof exterior (m)</td> <td>Final manobra (m)</td> <td>Meteorización</td> <td>Nº de juntas/m</td> <td>RMR (Seco)</td> <td>Q de Barton</td> </tr> <tr> <td>31.0</td> <td>31.1</td> <td>31.1</td> <td>31.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Profundidad (m)	Prof interior (m)	Prof exterior (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Seco)	Q de Barton	31.0	31.1	31.1	31.1																																																																																													
Profundidad (m)	Prof interior (m)	Prof exterior (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Seco)	Q de Barton																																																																																																							
31.0	31.1	31.1	31.1																																																																																																											
<table border="1"> <tr> <td>Profundidad (m)</td> <td>Prof interior (m)</td> <td>Prof exterior (m)</td> <td>Final manobra (m)</td> <td>Meteorización</td> <td>Nº de juntas/m</td> <td>RMR (Seco)</td> <td>Q de Barton</td> </tr> <tr> <td>32.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>33.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>34.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>35.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>36.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>37.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>38.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>40.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Profundidad (m)	Prof interior (m)	Prof exterior (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Seco)	Q de Barton	32.0								33.0								34.0								35.0								36.0								37.0								38.0								40.0								<table border="1"> <tr> <td>Granulometría % Paso</td> <td>Wp</td> <td>Wl</td> <td>Z<sub>200</sub></td> <td>0.075 mm</td> <td>0.15 mm</td> <td>0.3 mm</td> <td>0.6 mm</td> <td>1.18 mm</td> <td>2.0 mm</td> <td>max</td> </tr> <tr> <td>Estado natural</td> <td>Humedad</td> <td>Dens</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> <td>Edm (kg/cm<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>Aspecto</td> <td>P. específico</td> <td>Q<sub>s</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> <td>ec</td> </tr> </table>			Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max	Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec
Profundidad (m)	Prof interior (m)	Prof exterior (m)	Final manobra (m)	Meteorización	Nº de juntas/m	RMR (Seco)	Q de Barton																																																																																																							
32.0																																																																																																														
33.0																																																																																																														
34.0																																																																																																														
35.0																																																																																																														
36.0																																																																																																														
37.0																																																																																																														
38.0																																																																																																														
40.0																																																																																																														
Granulometría % Paso	Wp	Wl	Z <sub>200</sub>	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2.0 mm	max																																																																																																				
Estado natural	Humedad	Dens	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )	Edm (kg/cm <sup>3</sup> )																																																																																																				
Aspecto	P. específico	Q <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec	ec																																																																																																				

[1222]

000841

Nota nº 4: De 31.05 a 31.10 en la matriz es necesario considerar espesor de elasticidad alta 7.

MUESTRA ALTERADA  
 LG ENSAYO LUJEON  
 O CUARZO  
 MUESTRA INALTERADA  
 LF ENSAYO LEFRANC  
 MUESTRA INALTERADA  
 SPF PENETROMETRO  
 A ARCILLA  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MM MUESTRA DE AGUA  
 PR ENSAYO PRESIOMETRICO DL ENSAYO DILATOMETRICO

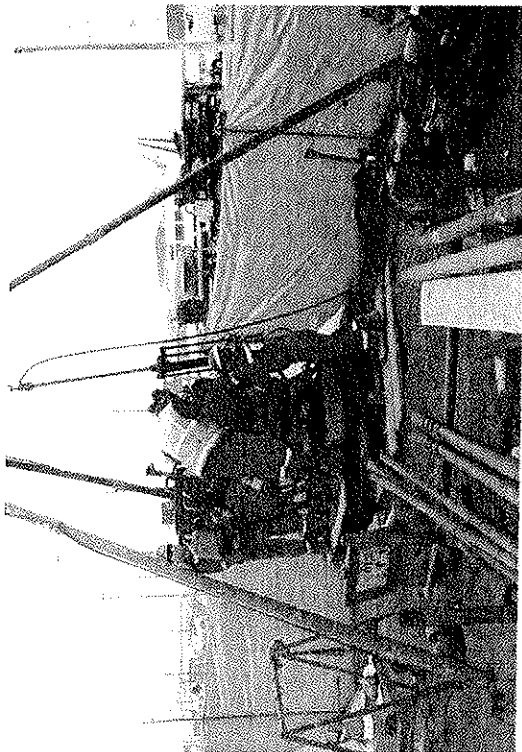


ProInversión

Administración de Inversión Pública

SONDEO N°:

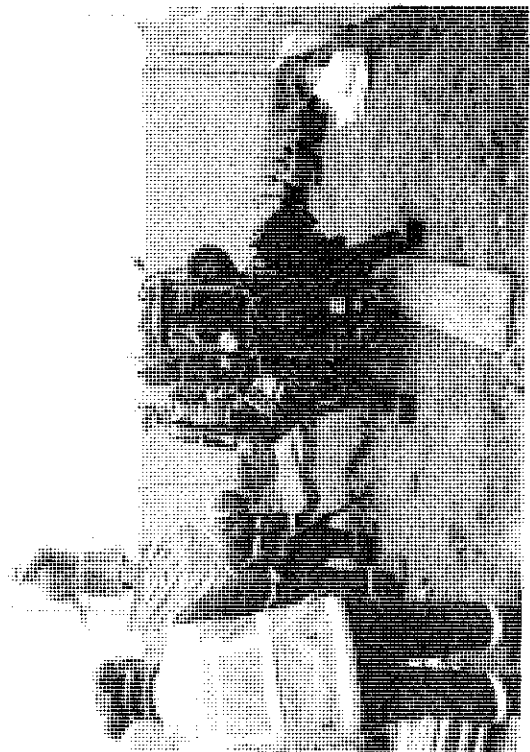
S-2/L4



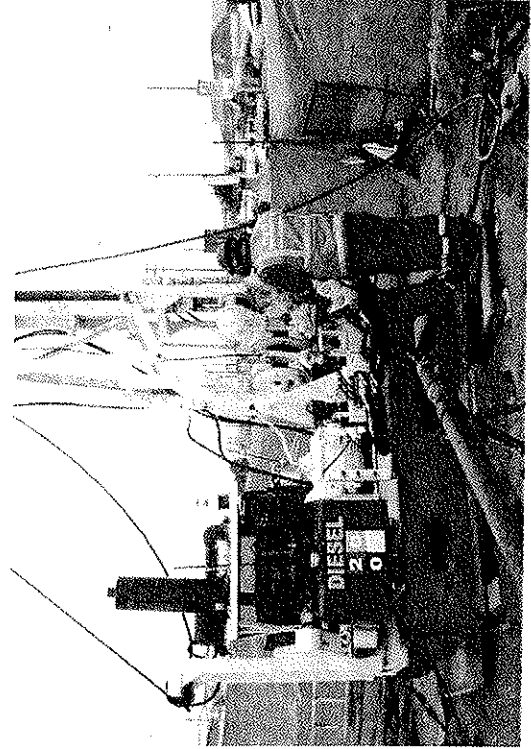
Emplazamiento de la máquina



Vista de la zona acotada para el sondeo



Ejecución de la cata



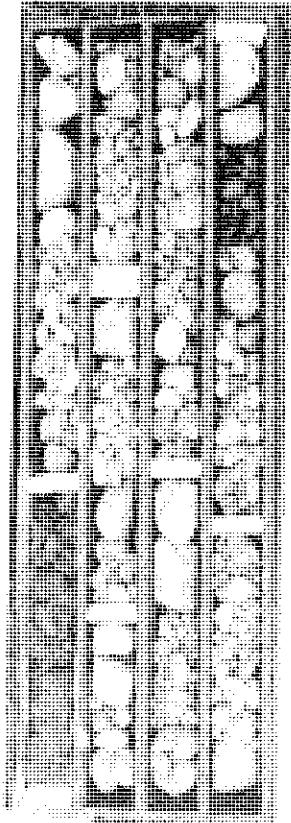
Vista de los trabajos de perforación

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

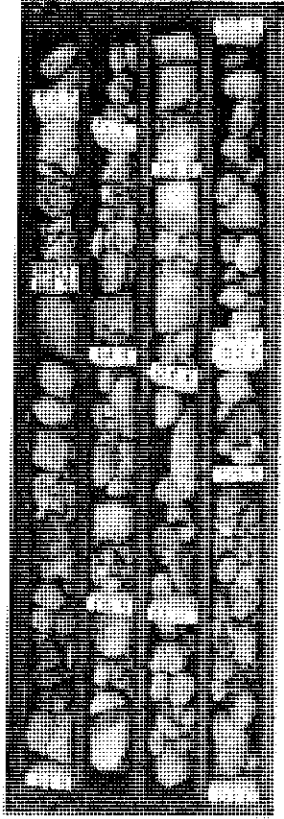


[1223]

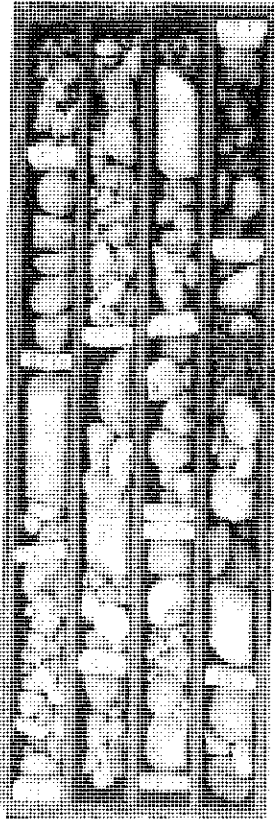
000842



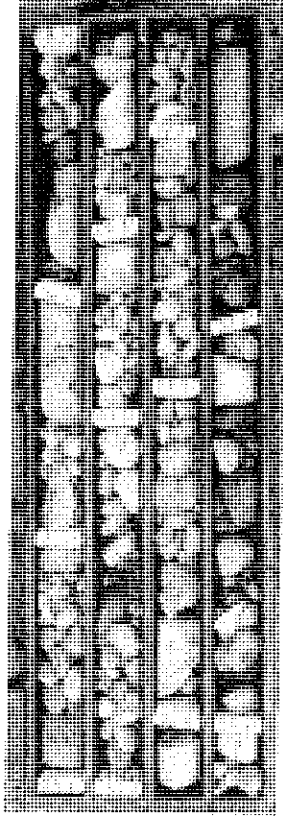
Caja 1. De 0,0 a 5,50 m



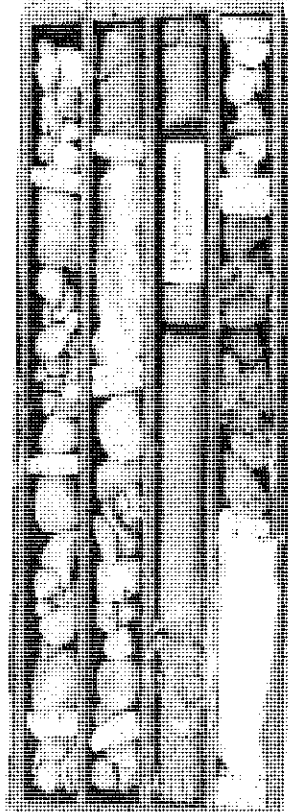
Caja 2. De 5,50 a 9,50 m



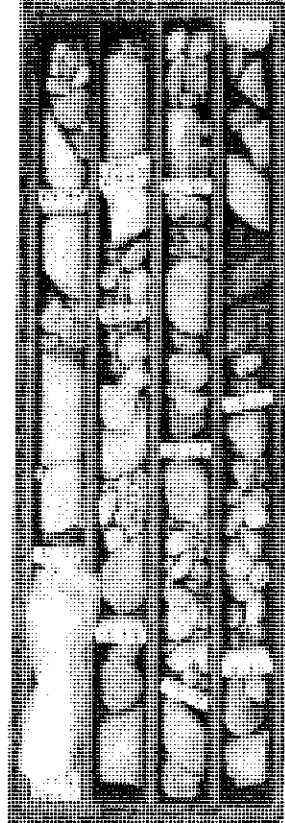
Caja 3. De 9,50 a 13,60 m



Caja 4. De 13,60 a 18,50 m



Caja 5. De 18,50 a 24,70 m



Caja 6. De 24,70 a 30,0 m



ProInversión

El Estado es el motor del desarrollo

SONDEO N°:

S-2/L4



Caja 7. De 30,0 a 31,10 m



[1225]

000844

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL













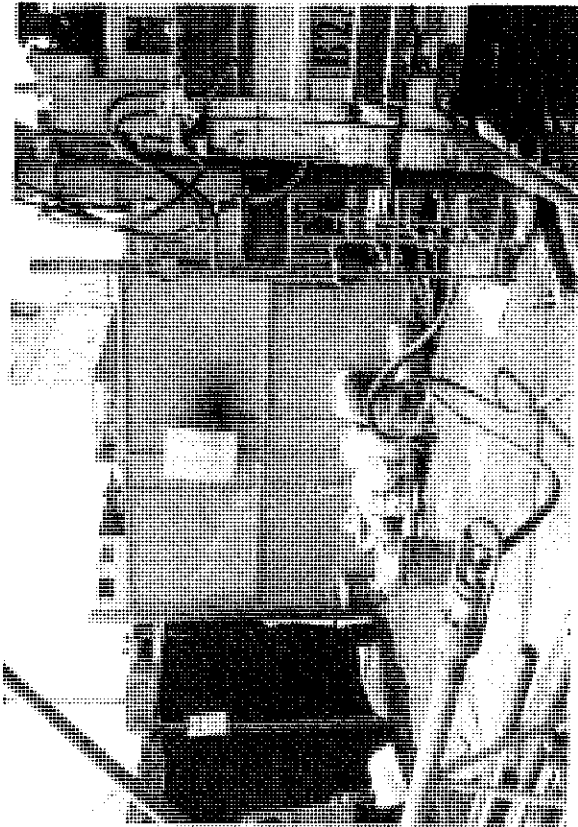


ProInversión

Ministerio de Economía y Finanzas

SONDEO N°:

S-3 L4



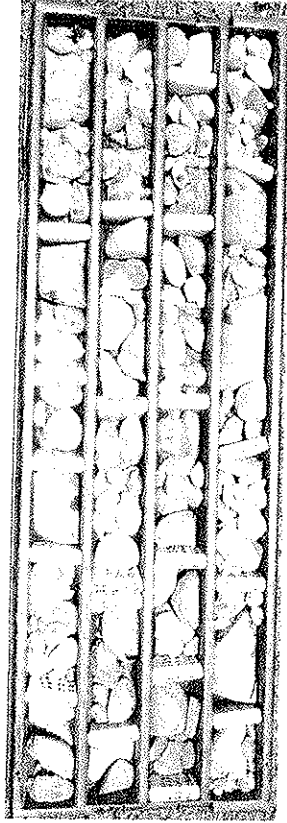
Vista durante la perforación del sondeo S-3 L4

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

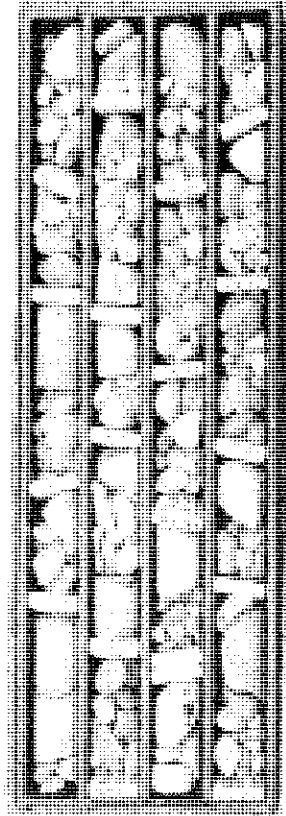


[1230]

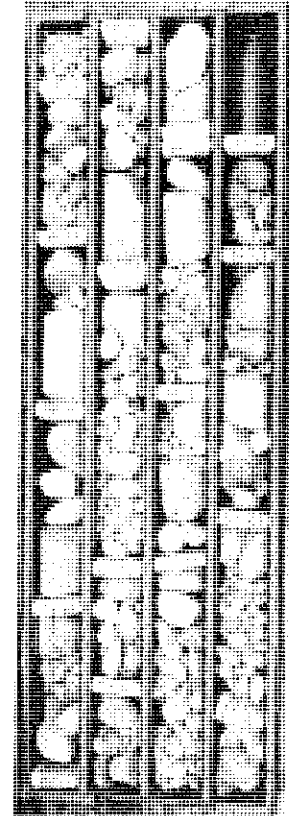
000849



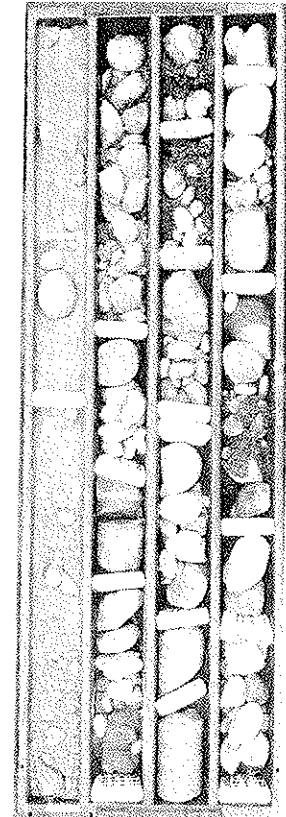
Caja 2. De 4,65 a 9,35 m



Caja 3. De 9,35 a 14,20 m



Caja 4. De 14,20 a 19,30 m



Caja 1. De 0,0 a 4,65 m

Handwritten mark or signature

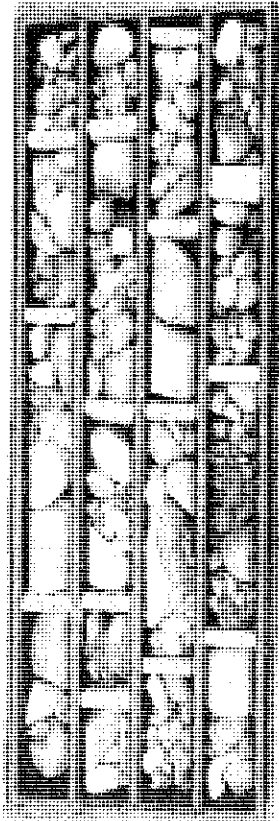


ProInversión

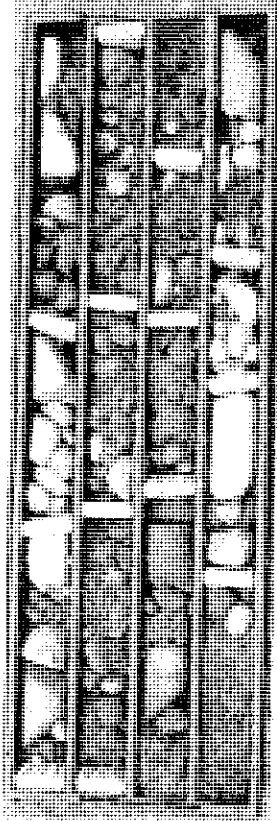
Agencia para el Desarrollo Inversión

SONDEO N°:

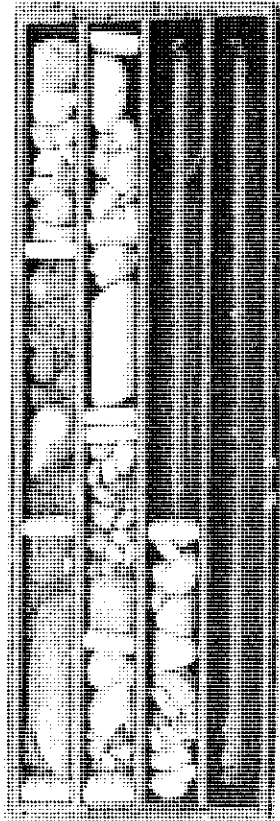
S-3 L4



Caja 5. De 19,30 a 24,25 m



Caja 6. De 24,25 a 28,50 m



Caja 7. De 28,50 a 31,0 m

[1231]

000850

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CLIENTE		TRABAJO		EMPRESA CONSULTORA		Supervisor:		P.K.:		SONDEO:																																																									
 <b>Prolinversión</b> <small>Representación de Inversión y Asesoría S.A.S.</small>		<b>Campaña Geotécnica Complementaria.</b> <b>Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b>		<b>ayesa</b> <small>INGENIERÍA CONSULTORA S.A.S.</small>		Pablo Aguirre / Jesús Mamani Ceoconsult Perú		7+362 X UTM: 271571.1 Y UTM: 956687.13 Z UTM: 48.5		S-4 L4 1 de 6 27/09/2013 F. de inicio: F. finalización: 31/10/2013																																																									
Profundidad (m)	27/09/13	Fecha	27/09/13	Revestimiento		Revestimiento		Prof. Agua (m)		Notas																																																									
2.0																																																																			
3.0																																																																			
4.0																																																																			
5.0																																																																			
6.0																																																																			
7.0																																																																			
8.0																																																																			
9.0																																																																			
10.0																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> </tr> <tr> <th>Intervalo (m)</th> <th>Tipos</th> <th>Granulometría % Pasos</th> <th>Estados naturales</th> <th>Edómetro</th> <th>Esayo de corte</th> <th>Traxel</th> <th>Contenido</th> </tr> <tr> <th>Tipos</th> <th>Intervalo (m)</th> <th>Granulometría % Pasos</th> <th>Estados naturales</th> <th>Edómetro</th> <th>Esayo de corte</th> <th>Traxel</th> <th>Contenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3-3.45</td> <td>SPT</td> <td>max</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>5.55-6</td> <td>SPT</td> <td>2 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>10/15/20</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>16.50R</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> </tbody> </table>												Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido	Tipos	Intervalo (m)	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido	3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc	5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc
Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio																																																													
Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido																																																												
Tipos	Intervalo (m)	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido																																																												
3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> </tr> <tr> <th>Intervalo (m)</th> <th>Tipos</th> <th>Granulometría % Pasos</th> <th>Estados naturales</th> <th>Edómetro</th> <th>Esayo de corte</th> <th>Traxel</th> <th>Contenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3-3.45</td> <td>SPT</td> <td>max</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>5.55-6</td> <td>SPT</td> <td>2 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>10/15/20</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>16.50R</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> </tbody> </table>												Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido	3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc	5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc								
Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio																																																													
Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido																																																												
3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> <th colspan="2">Muestreas/Ensayos</th> <th colspan="2">Ensayos de laboratorio</th> </tr> <tr> <th>Intervalo (m)</th> <th>Tipos</th> <th>Granulometría % Pasos</th> <th>Estados naturales</th> <th>Edómetro</th> <th>Esayo de corte</th> <th>Traxel</th> <th>Contenido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3-3.45</td> <td>SPT</td> <td>max</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>5.55-6</td> <td>SPT</td> <td>2 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>10/15/20</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> <tr> <td>16.50R</td> <td>SPT</td> <td>0.075 mm</td> <td>Wp</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> <td>cc</td> </tr> </tbody> </table>												Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido	3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc	5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc	16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc								
Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio		Muestreas/Ensayos		Ensayos de laboratorio																																																													
Intervalo (m)	Tipos	Granulometría % Pasos	Estados naturales	Edómetro	Esayo de corte	Traxel	Contenido																																																												
3-3.45	SPT	max	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
5.55-6	SPT	2 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
10/15/20	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												
16.50R	SPT	0.075 mm	Wp	cc	cc	cc	cc																																																												

MUESTRAS AL TERADA  
 LG ENSAYO LUGEON  
 Q CUARZO  
 SPT PENETRÓMETRO  
 AY ARCILLA  
 PR ENSAYO PRESIONETICO DL ENSAYO DILATOMETRICO  
 TP TESTIGO PARAFINADO  
 MW MUESTRA DE AGUA







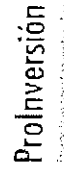



[1236]

000855

<b>CLIENTE:</b> <b>ProInversión</b> <small>Proyecto Nuevo Metro de Lima S.A. - Operación</small>		<b>TRABAJO:</b> <b>Campaña Geotécnica Complementaria.</b> <b>Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b>		<b>EMPRESA CONSULTORA:</b> <b>Ovesa</b> <small>INGENIERÍA CONSULTIVA</small>		<b>Supervisor:</b> Pablo Aguirre / Jesús Mariani <b>Empresa:</b> Geoconsulti Perú <b>Sondista:</b> <b>Equipo:</b> Geoconsulti 3		<b>P.A.:</b> 7+362 <b>X UTM:</b> 271571.1 <b>Y UTM:</b> 8666887.13 <b>Z UTM:</b> 48.5		<b>SONDEO:</b> <b>Hoja:</b> <b>F. de inicio:</b> 27/09/2013 <b>F. finalización:</b> 31/10/2013		<b>S-4 L4</b> 5 de 6																																																																														
<b>Ensayos de laboratorio</b>																																																																																										
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Intervalo (m)</th> <th rowspan="2">Resultados</th> <th colspan="4">Granulometría % Paso</th> <th colspan="2">Límites Atterberg</th> <th colspan="2">Estado natural</th> <th colspan="2">Ensayo de corte</th> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Escala</th> <th rowspan="2">Específico</th> <th rowspan="2">F O S (kpc/m³)</th> <th rowspan="2">Edometro</th> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Escala</th> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Contenedores</th> </tr> <tr> <th>max</th> <th>2 mm</th> <th>0.4 mm</th> <th>0.08 mm</th> <th>2 µm</th> <th>WL</th> <th>WP</th> <th>Humedad</th> <th>Plasticidad</th> <th>σ<sub>v</sub> (kpc/m²)</th> <th>τ (kpc/m²)</th> <th>σ<sub>v</sub> (kpc/m²)</th> <th>τ (kpc/m²)</th> <th>σ<sub>v</sub> (kpc/m²)</th> <th>τ (kpc/m²)</th> </tr> </table>													Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Granulometría % Paso				Límites Atterberg		Estado natural		Ensayo de corte		Tipo	Escala	Específico	F O S (kpc/m³)	Edometro	Tipo	Escala	Tipo	Contenedores	max	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 µm	WL	WP	Humedad	Plasticidad	σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)	σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)	σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)																																									
Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Granulometría % Paso				Límites Atterberg		Estado natural		Ensayo de corte					Tipo	Escala	Específico	F O S (kpc/m³)	Edometro	Tipo	Escala	Tipo	Contenedores																																																																		
			max	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 µm	WL	WP	Humedad	Plasticidad	σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)	σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)										σ <sub>v</sub> (kpc/m²)	τ (kpc/m²)																																																																
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Muestras/Ensayos</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Muestreo</th> </tr> <tr> <td>Q de Barton</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RMR (Saco)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº de juntas/m</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Meteorización</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>													Muestras/Ensayos		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Q de Barton														RMR (Saco)														Nº de juntas/m														Meteorización																					
Muestras/Ensayos		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo																																																																														
Q de Barton																																																																																										
RMR (Saco)																																																																																										
Nº de juntas/m																																																																																										
Meteorización																																																																																										
<table border="1"> <tr> <th>Profundidad (m)</th> <th>HQ BD</th> <th>Tipo de perforación</th> <th>Fecha</th> <th>Revestimiento</th> <th>Prof. Agua (m)</th> <th>Notas</th> <th>Columna litológica</th> <th>Descripción litológica</th> <th>Prof. inferior (m)</th> <th>Espesor (m)</th> <th>Final manobra (m)</th> <th>Final manobra (m)</th> </tr> <tr> <td>46.0</td> <td></td> <td></td> <td>29/10/13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa con finos y lentes de arcillas; húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 14 cm de tamaño y 6 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-14 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 40%; grava de 0.2-5 cm: 30%; matriz 20% (parcialmente lavada).</td> <td>43.97</td> <td>1.17</td> <td>43.57</td> <td>43.57</td> </tr> <tr> <td>44.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Limos arcillosos de color marrón. Húmedo. Muy firme. Poco plástico. Arenas mal graduadas. Arena media a fina de color marrón amarillento. Densas y húmedas.</td> <td>42.2</td> <td>0.19</td> <td>42.27</td> <td>42.27</td> </tr> <tr> <td>43.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Intercalación de arcillas limosas y limoarcillosas de plasticidad baja y marrones. Firme.</td> <td>44.85</td> <td>1.28</td> <td>44.27</td> <td>44.27</td> </tr> <tr> <td>42.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz limosa con arcillas y arena limosa, húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 19 cm de tamaño y 7.5 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-19 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 55%; grava de 0.2-5 cm: 20%; matriz: 15%.</td> <td>49.35</td> <td>4.5</td> <td>48.3</td> <td>48.3</td> </tr> <tr> <td>41.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Arenas mal graduadas. Arena media con finos, medianamente densas, húmedas y color marrón amarillento.</td> <td>50.25</td> <td>0.94</td> <td>49.35</td> <td>49.35</td> </tr> </table>													Profundidad (m)	HQ BD	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Final manobra (m)	46.0			29/10/13					GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa con finos y lentes de arcillas; húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 14 cm de tamaño y 6 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-14 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 40%; grava de 0.2-5 cm: 30%; matriz 20% (parcialmente lavada).	43.97	1.17	43.57	43.57	44.0								Limos arcillosos de color marrón. Húmedo. Muy firme. Poco plástico. Arenas mal graduadas. Arena media a fina de color marrón amarillento. Densas y húmedas.	42.2	0.19	42.27	42.27	43.0								Intercalación de arcillas limosas y limoarcillosas de plasticidad baja y marrones. Firme.	44.85	1.28	44.27	44.27	42.0								GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz limosa con arcillas y arena limosa, húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 19 cm de tamaño y 7.5 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-19 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 55%; grava de 0.2-5 cm: 20%; matriz: 15%.	49.35	4.5	48.3	48.3	41.0								Arenas mal graduadas. Arena media con finos, medianamente densas, húmedas y color marrón amarillento.	50.25	0.94	49.35	49.35
Profundidad (m)	HQ BD	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final manobra (m)	Final manobra (m)																																																																														
46.0			29/10/13					GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa con finos y lentes de arcillas; húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 14 cm de tamaño y 6 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-14 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 40%; grava de 0.2-5 cm: 30%; matriz 20% (parcialmente lavada).	43.97	1.17	43.57	43.57																																																																														
44.0								Limos arcillosos de color marrón. Húmedo. Muy firme. Poco plástico. Arenas mal graduadas. Arena media a fina de color marrón amarillento. Densas y húmedas.	42.2	0.19	42.27	42.27																																																																														
43.0								Intercalación de arcillas limosas y limoarcillosas de plasticidad baja y marrones. Firme.	44.85	1.28	44.27	44.27																																																																														
42.0								GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz limosa con arcillas y arena limosa, húmedas de color marrón. Gravas grises, polimícticas, subangulosas. 1 a 19 cm de tamaño y 7.5 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-19 cm: 10%; grava de 5-10 cm: 55%; grava de 0.2-5 cm: 20%; matriz: 15%.	49.35	4.5	48.3	48.3																																																																														
41.0								Arenas mal graduadas. Arena media con finos, medianamente densas, húmedas y color marrón amarillento.	50.25	0.94	49.35	49.35																																																																														



<b>CLIENTE:</b>  <b>ProlInversión</b> <small>Inversión y Desarrollo de Recursos Humanos</small>	<b>TRABAJO:</b> Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>aveso</b> <small>Geotecnia y Obras Civiles</small>	Supervisor: Pablo Aguirre / Jesús Mamani Empresa: Geoconsult Perú Sondista: Equipo: Geoconsult 3	<b>SONDEO:</b> S-4-L4 Hoja: 6 de 6 F. de inicio: 27/09/2013 F. finalización: 31/10/2013	<b>Ensayos de laboratorio</b> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Granulometría</th> <th colspan="2">Límites Atterberg</th> <th colspan="2">Estado natural</th> <th colspan="2">Edómetros</th> <th colspan="2">Ensayo de corte</th> <th colspan="2">Tríaxial</th> <th colspan="2">Contenido</th> </tr> <tr> <td>% P.200</td> <td>% P.4.75</td> <td>WL</td> <td>WP</td> <td>Humedad</td> <td>Seca</td> <td>ec</td> <td>cc</td> <td>σ<sub>v</sub> (kPa)</td> <td>σ<sub>h</sub> (kPa)</td> <td>σ<sub>v</sub> (kPa)</td> <td>σ<sub>h</sub> (kPa)</td> <td>γ (kN/m<sup>3</sup>)</td> <td>γ<sub>s</sub> (kN/m<sup>3</sup>)</td> </tr> <tr> <td>max</td> <td>2 mm</td> <td>2 mm</td> <td>2 mm</td> <td>2 mm</td> <td>9.00 mm</td> <td>9.00 mm</td> <td>2 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Granulometría		Límites Atterberg		Estado natural		Edómetros		Ensayo de corte		Tríaxial		Contenido		% P.200	% P.4.75	WL	WP	Humedad	Seca	ec	cc	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	max	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	9.00 mm	9.00 mm	2 mm						
Granulometría		Límites Atterberg		Estado natural		Edómetros		Ensayo de corte		Tríaxial		Contenido																																			
% P.200	% P.4.75	WL	WP	Humedad	Seca	ec	cc	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )																																		
max	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	9.00 mm	9.00 mm	2 mm																																								
<b>Muestras/Ensayos</b> Tipo: _____ Intervalo (m): _____ Resultados: _____ Golpes/30cm: _____	C de Batón MR (Seco) Nº de juntas/m Meteorización	Descripción litológica Columna litológica GP. Grava mal graduada. Gravas con algunos bolos en matriz arenosa gruesa de color gris, húmedas. Gravas gruesas, polimíticas, subangulosas a subredondeadas. 1 a 12 cm de tamaño y 6-7 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: bolos 10-12 cm: 10%, grava de 5-10 cm: 40%, grava de 0.2-5 cm: 30%, matriz: 20%. Arenas limosas con intercalación de arenas finas. Húmedo de color marrón a amarillento. Consistencia densa. GP. Grava mal graduada. Gravas en matriz arenosa gruesa a media y albo de finos de color marrón grisáceo, húmedas. Gravas gruesas, polimíticas, subangulosas a subredondeadas. 1 a 9 cm de tamaño y 6-7 cm tamaño modal. Estimación de porcentajes: grava de 5-9 cm: 40%, grava de 0.2-5 cm: 35%, matriz: 25%.	Profundidad (m) Tipo de perforación Fecha Revestimiento Prof. Agua (m) Molas	Muestra inalterada Muestra alterada Muestra para ensayo Lugeon Muestra para ensayo dilatométrico Muestra para ensayo de arcilla Muestra para ensayo de presímetro Muestra para ensayo de SPT Muestra para ensayo de triaxial Muestra para ensayo de edómetro Muestra para ensayo de corte Muestra para ensayo de granulometría																																											

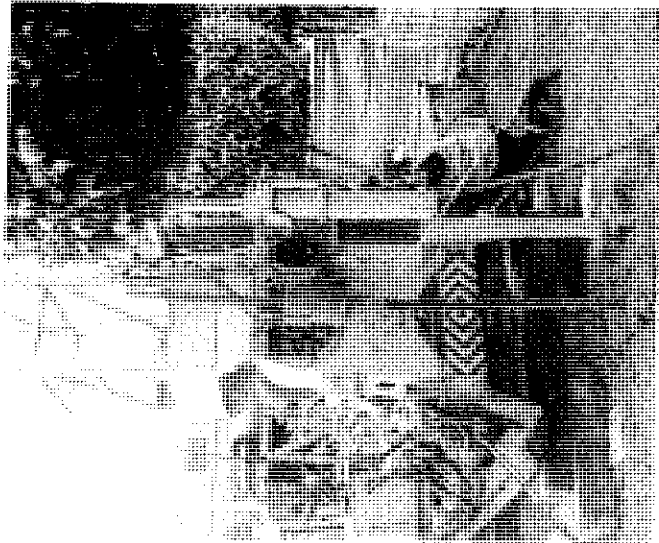


ProInversión

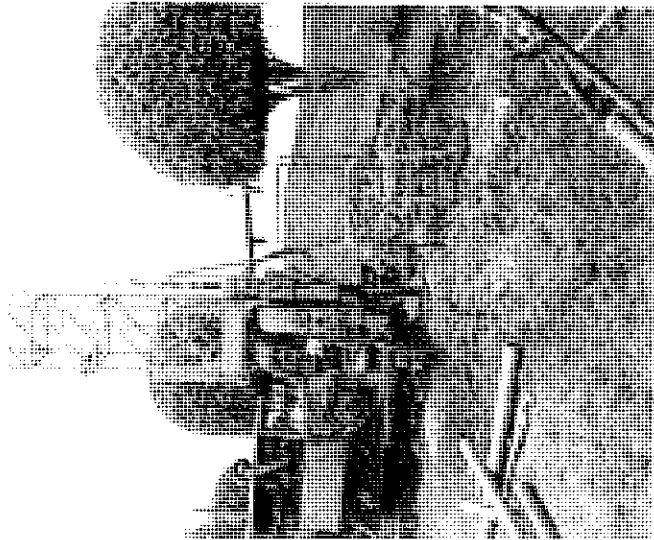
Agencia para el Desarrollo Inversión y Empleo

SONDEO N°:

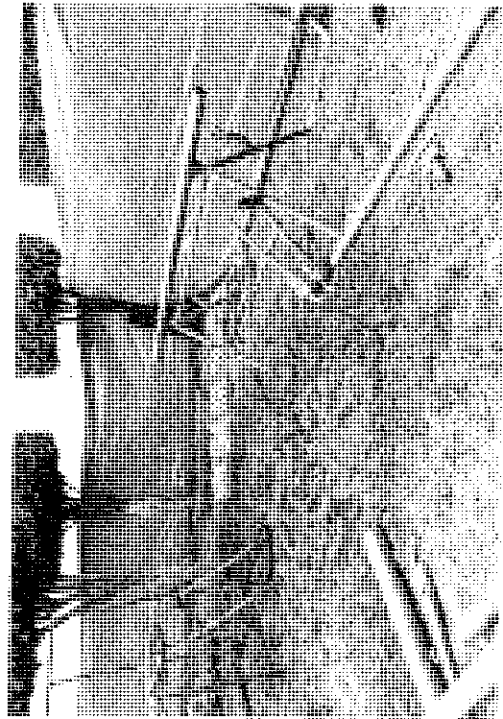
S-4/L4



Ejecución del sondeo S-4/L4



Perforación del sondeo S-4/L4



Emplazamiento S-4/L4

[1238]

000857

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





Profiterción

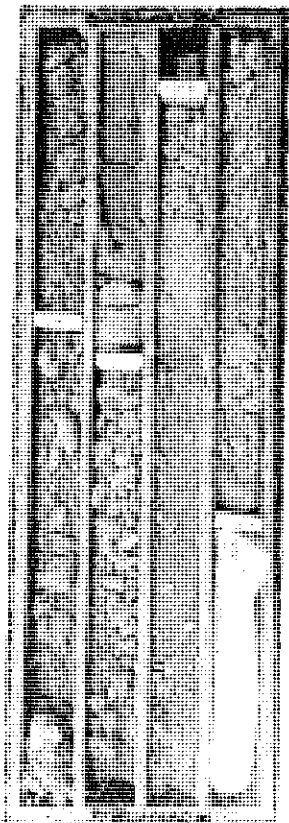
Asesoría Técnica y Operativa

SONDEO N°:

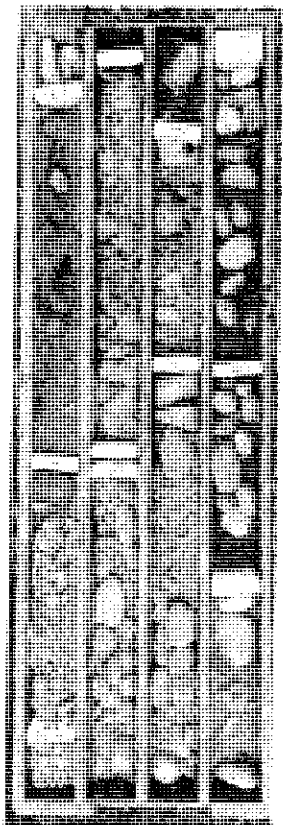
S-4/L4



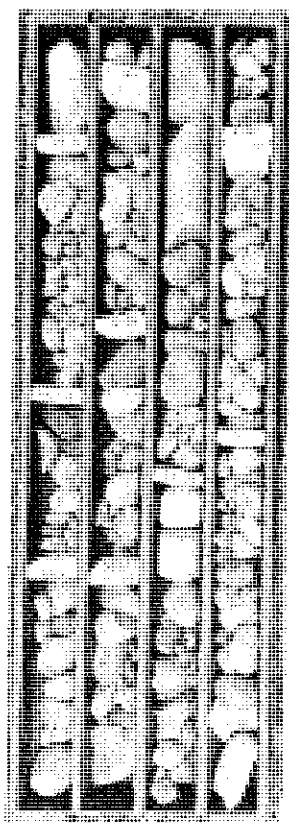
Corporación



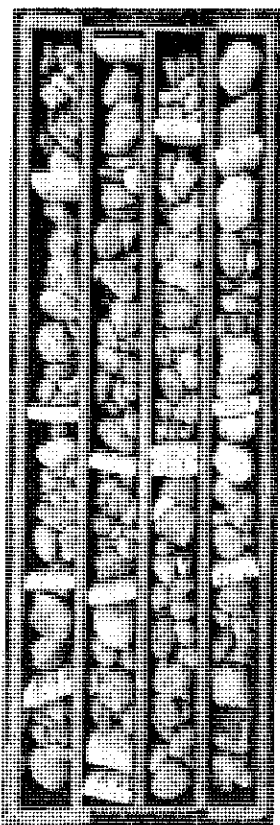
Caja 1. De 0,0 a 4,10 m



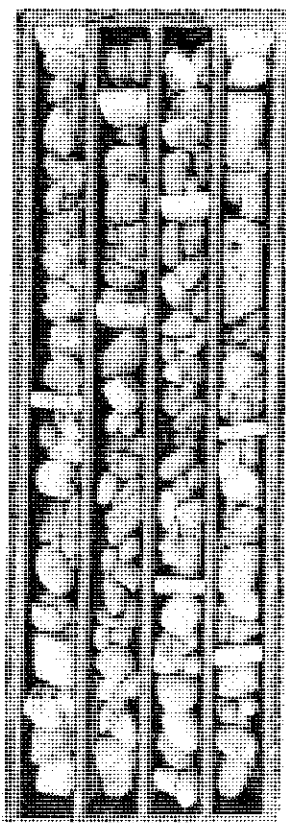
Caja 2. De 4,10 a 8,70 m



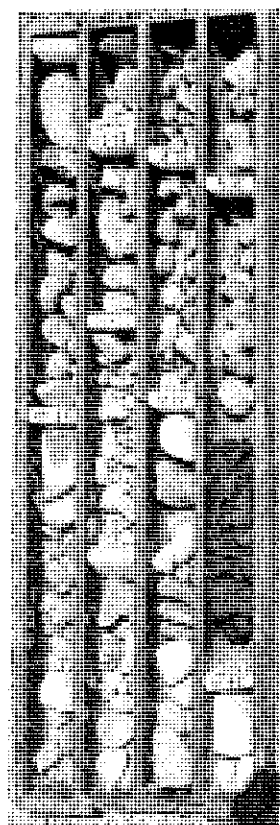
Caja 3. De 8,70 a 13,40 m



Caja 4. De 13,40 a 18,40 m



Caja 5. De 18,40 a 23,10 m



Caja 6. De 23,10 a 28,0 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
CONSORCIO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten signature

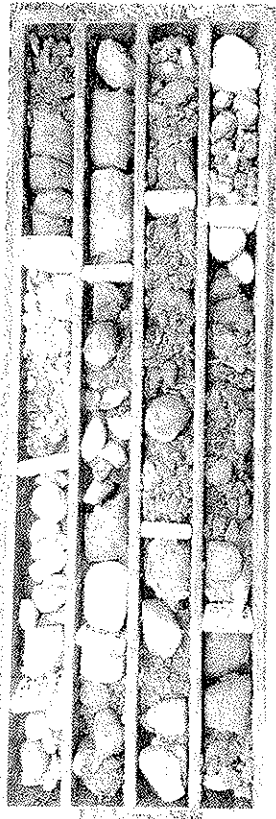


PTU Inversión

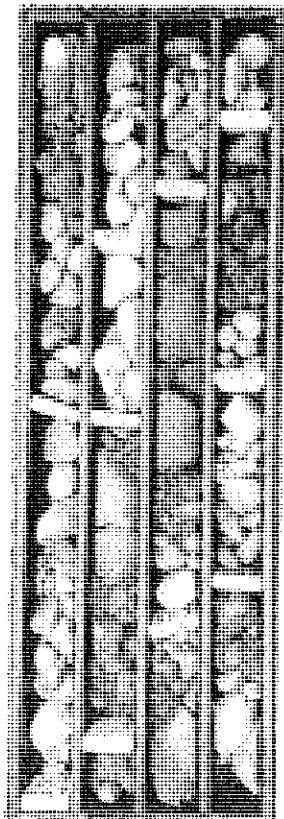
Proyecto de Inversión para la Construcción del

SONDEO Nº:

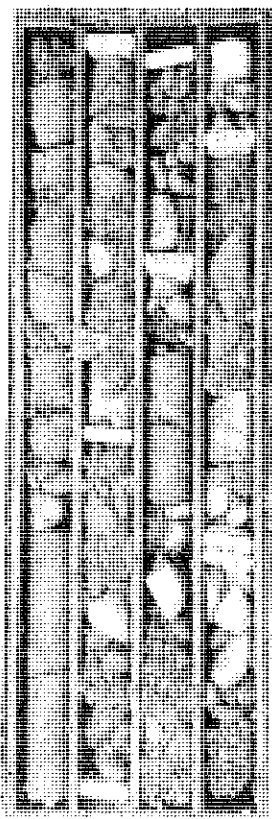
S-4/L4



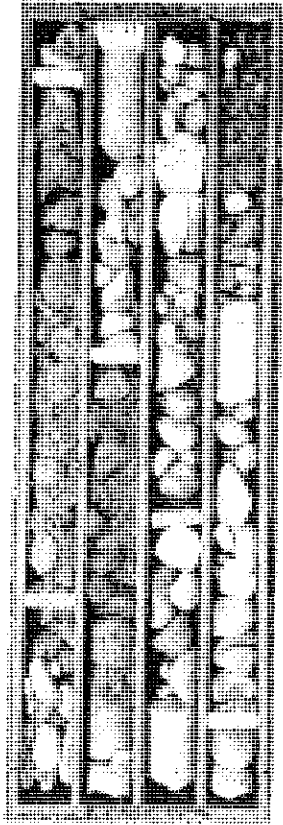
Caja 7. De 28,0 a 33,30 m



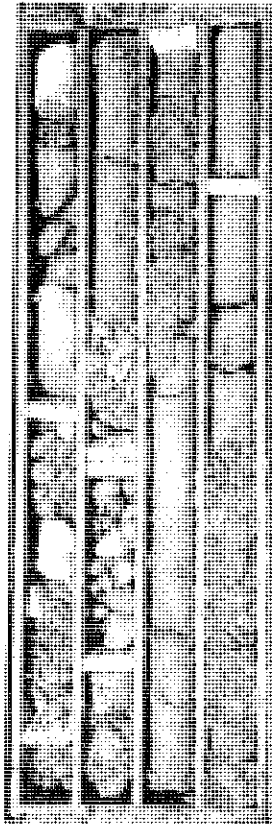
Caja 9. De 37,40 a 40,85 m



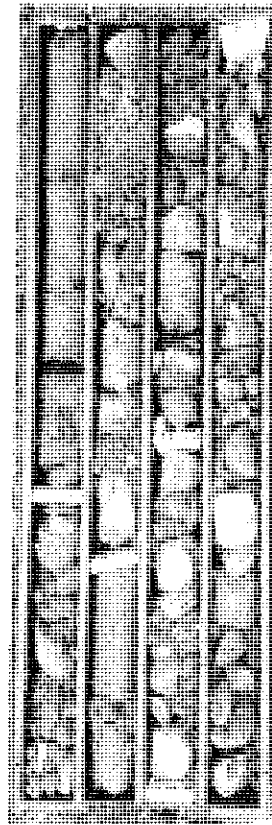
Caja 11. De 44,50 a 48,85 m



Caja 8. De 33,30 a 37,40 m



Caja 10. De 40,85 a 44,50 m



Caja 12. De 48,85 a 52,85 m



*[Handwritten mark]*



Prutiversion

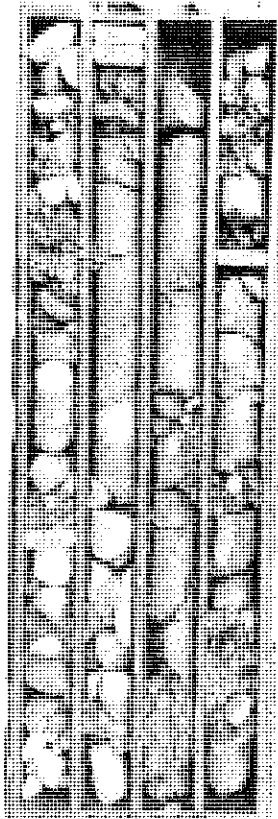
Proyecto de Inversión para el Transporte Masivo en Lima

SONDEO N°:

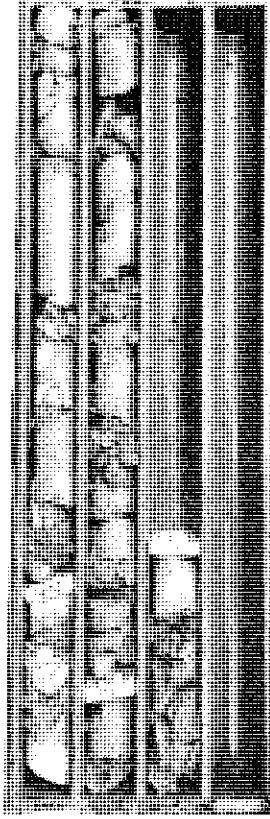
S-4/L4



ayesa c



Caja 13. De 57,85 a 56,65 m



Caja 14. De 56,65 a 58,64 m

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

A.4	A) DISEÑO DE INGENIERÍA
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

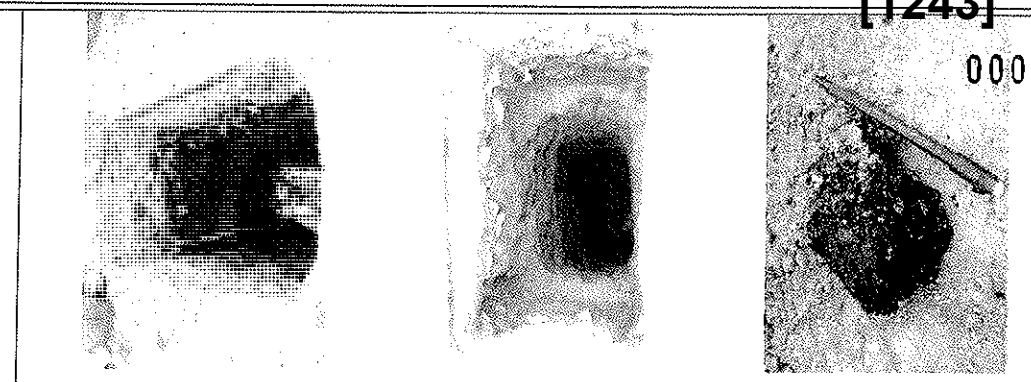
## A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO.

### APÉNDICE 2. REGISTROS DE CALICATAS

[1243]

000862

CLIENTE:		TRABAJO:		EMPRESA CONSULTORA:		Supervisor:		P.K.:		CALICATA:							
ProInversión Agencia de Inversión y Obras de Infraestructura		Campana Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		avesa		Pablo A. Guerra Máquina: Calicata Manual		1+785 X UTM: 268 420,01 Y UTM: 8 666,047,98 Z UTM: 13,2		C-1 L2 Fecha: 06/09/2013 - 07/09/2013							
NATURALEZA DEL TERRENO			MUESTRAS/ENSAYOS			ENSAYOS DE LABORATORIO											
PROFUNDIDAD (m)	PROF. INFERIOR (m)	ESPESOR (m)	HUMEDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	TIPO	INTERVALO (m)	RESULTADOS	Granulometría % Pasos	Plasticidad	Estado natural	Ensayo de conteo	Proctor	Clasificación	M.O (%)	SO3 (%)	CO3Ca (%)
0.0 - 0.6	0.7	0.7	Baja	Muy alta	Muy alta	MA	1.70-3.30		max	WPL	Humedad	c (k/cent)	H óptima (%)	GBR (100% M)			
0.6 - 1.2		1.8				MA	3.30-3.40 3.40-3.60		0.08 mm	2 mm							
1.2 - 1.6						MI	3.90-4.10		0.4 mm	2 mm							
1.6 - 2.4		2.6				MA	4.10-4.40		2 mm	max							
2.4 - 3.0		0.8															
3.0 - 3.6		0.3															
3.6 - 4.2		0.5															
4.2 - 4.8		0.3															
4.8 - 5.4		0.7															
5.4 - 6.0		5															



FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA



MR MUESTRA BOLSA  
 MS MUESTRA SACO  
 MA MUESTRA ALTERADA  
 MA MUESTRA INALTERADA  
 AR ARCILLA  
 O CUARZO

MR MUESTRA DE AGUA  
Ox. OXIDO

MR MUESTRA BOLSA  
MS MUESTRA SACO  
MA MUESTRA ALTERADA  
MA MUESTRA INALTERADA  
AR ARCILLA  
O CUARZO



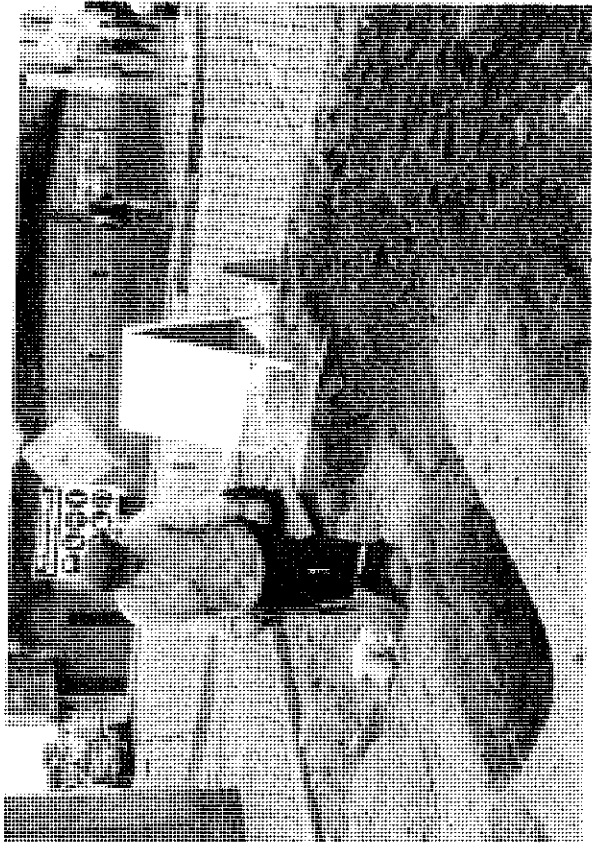


Proinversión

Ministerio de Economía y Finanzas

CALICATA N°:

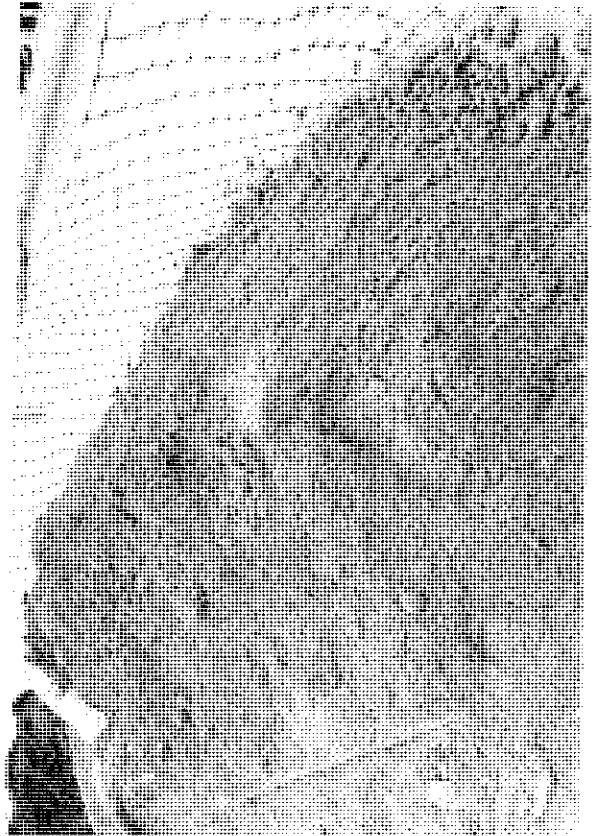
C1 L2



Ejecución de Calicata C1 L2



Acopio arena sm 0,7-2,5 m con caliche



Acopio arenas finas SM 4,0-5,0 m



Acopio limos orgánicos (caliche fragmento ocre) 2,5 -3,3 m

[1244]

000863



A

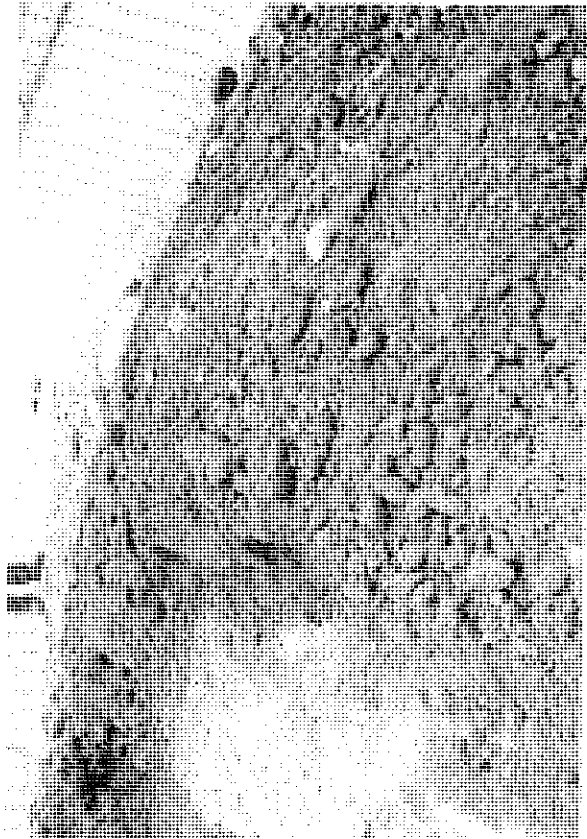


ProInversión

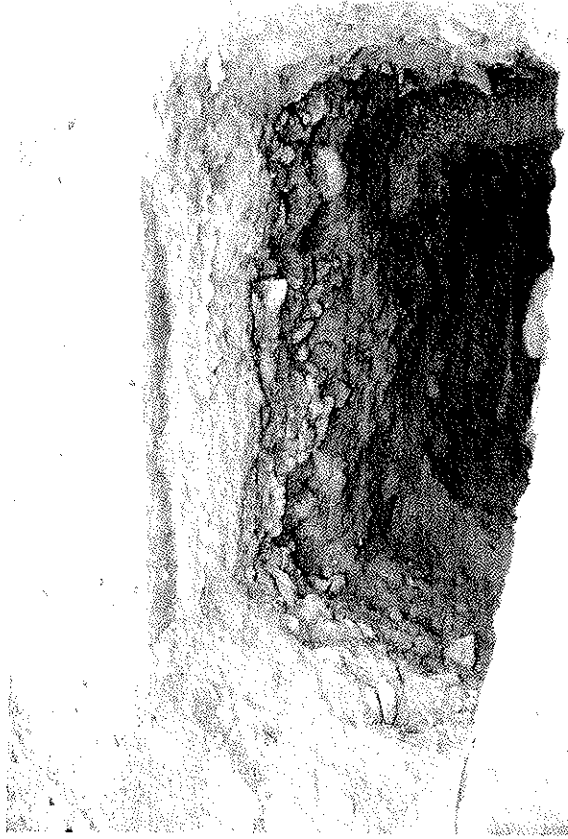
Organismo Promotor

CALICATA N°:

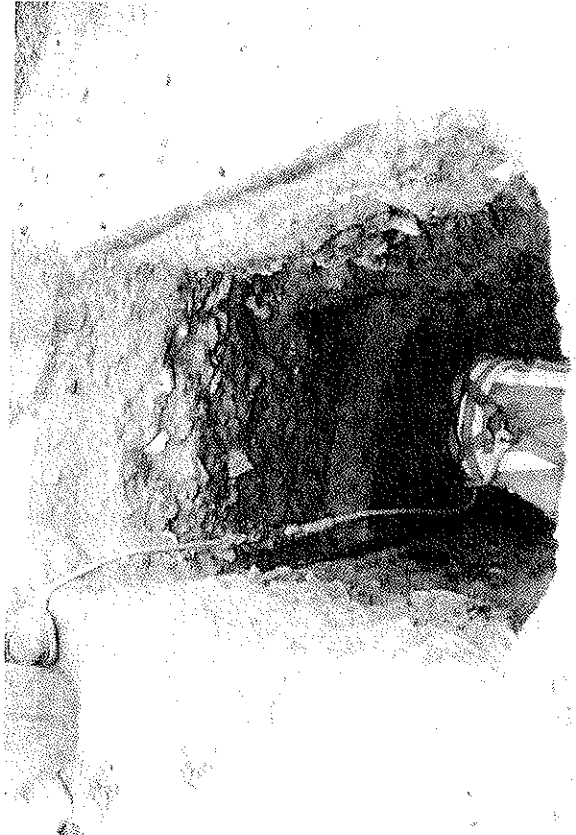
C1 L2



Acopio rellenos antrópicos



Calicata relleno antrópico



Calicata relleno antrópico y arenas SM



Final calicata

[1245]

000864

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A



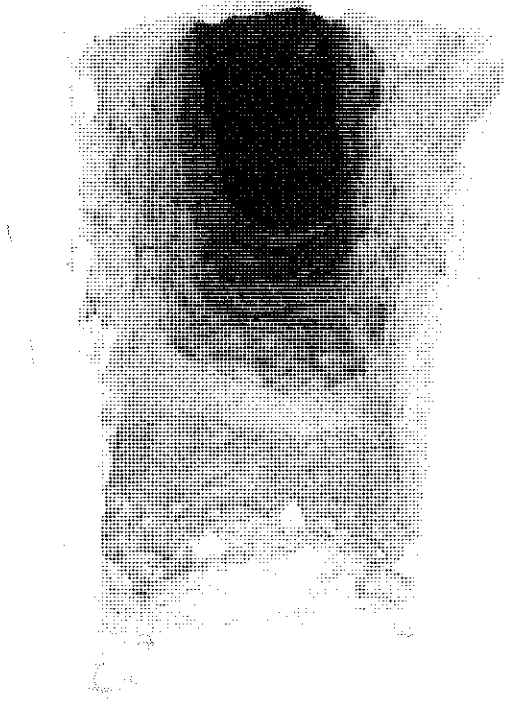
ProInversión

Organismo Promotor de Inversión

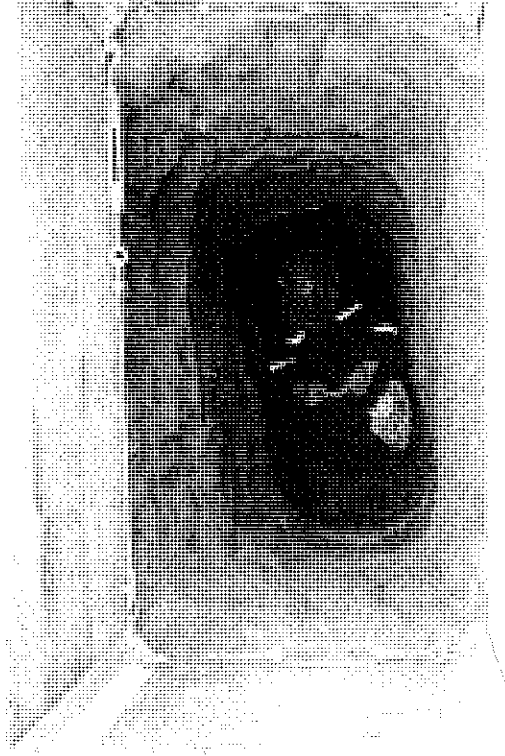
CALICATA Nº:

C1 L2

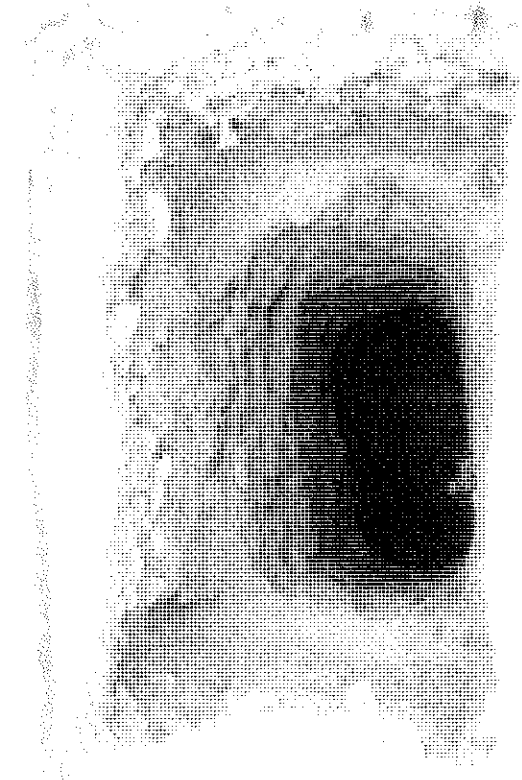
10/01/2011



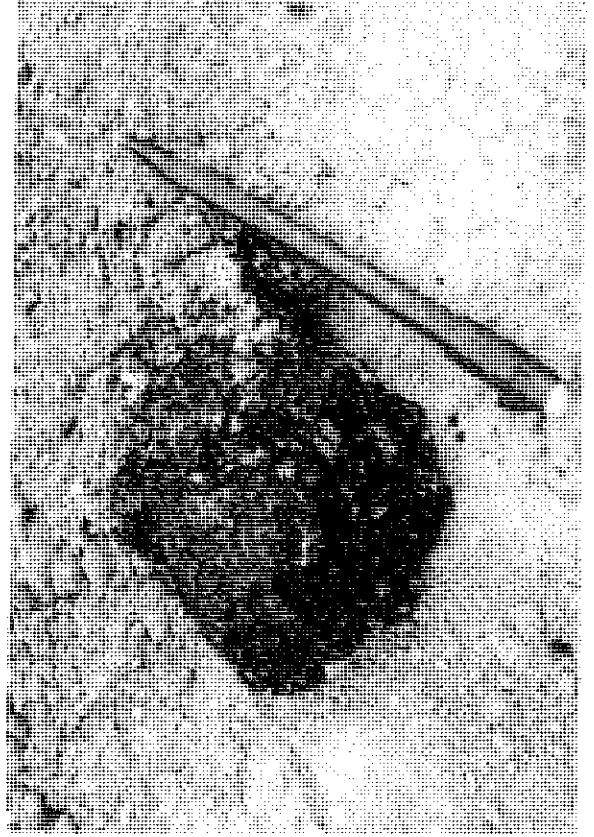
Final calicata



Final calicata



Final calicata



Fragmento limo orgánico

[1246]

000865



CLIENTE	TRABAJO	EMPRESA CONSULTORA	Supervisor: Pablo Aguerri	P.K.: 2+487 X UTM: 269 116.0 Y UTM: 8 666 100.0 Z UTM: 20.2	CALICATA C-2 L2 Fecha: 09/09/2013-12/09/2013	ENSAYOS DE LABORATORIO										FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA			
						Plasticidad ad	Fracción natural	Ensayo de corte	Proctor Modif	Clasificación	MO (%)	SO3 (%)	CO3Ca (%)	Intervalo (m)	TIPO	RESULTADOS	MUESTRAS/ENSAYOS		
PROFUNDIDAD (m)	PROF INFERIOR (m)	ESPAESOR (m)	PROF N° (m)	CORTE ESTRATIGRÁFICO	NATURALEZA DEL TERRENO	HUMEDAD	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD	MUESTRAS/ENSAYOS	RESULTADOS	Intervalo (m)	TIPO	RESULTADOS	Intervalo (m)	TIPO	RESULTADOS	Intervalo (m)	TIPO	RESULTADOS
1.1	1.6	1.6	1.6		Relleno antropico constituido por una mezcla heterogenea de gravas subangulosas centimetricas, arenas y arcillas con presencia ocasional de cascotes, vidrio y papel.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 1.4h-1.40		MA	1.4h-1.40							
2.2	2	2	2		CL. Arcilla limosa humeda de color marrón rojizo de plasticidad baja. Consistencia moderadamente firme.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 1.7h-1.70		MA	1.7h-1.70							
3.3	3.6	3.6	3.6		SM-ML. Arena fina limosa a limo arenoso de color marrón amarillento.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 2.0h-2.00		MA	2.0h-2.00							
4.4	4.4	4.4	4.4		CL. Arcilla marrón de baja plasticidad, firme a mod. firme.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 2.5h-2.50		MA	2.5h-2.50							
5.5	5.5	5.5	5.5		SM-ML. Arena fina limosa a limo arenoso de color marrón amarillento/ocre moderadamente compacta.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 4.3h-4.30		MA	4.3h-4.30							
6.6	6	6	6		SM. Arenas finas-medias con bastante limo de color marrón claro.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 5.0h-5.00		MA	5.0h-5.00							
7.7	8.7	8.7	8.7		CL. Arcilla marrón rojiza de plasticidad baja-media, humeda y consistencia firme a mod. firme.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 5.6h-5.60		MA	5.6h-5.60							
8.8	10.2	10.2	10.2		SW. Arenas finas a medias de color marrón claro amarillento, ligeramente humeda y con escaso contenido en limos.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 6.0h-6.00		MA	6.0h-6.00							
9.9	11.0	11.0	11.0		CH. Arcilla plástica de color marrón violáceo de alta plasticidad y consistencia blanda.	Bajo	Muy alta	Baja	MA 6.1h-6.15		MA	6.1h-6.15							
11.0	11.0	11.0	11.0		Fin de la calicata a la profundidad de 10.2 metros	Bajo	Muy alta	Baja	MA 6.6h-6.60		MA	6.6h-6.60							



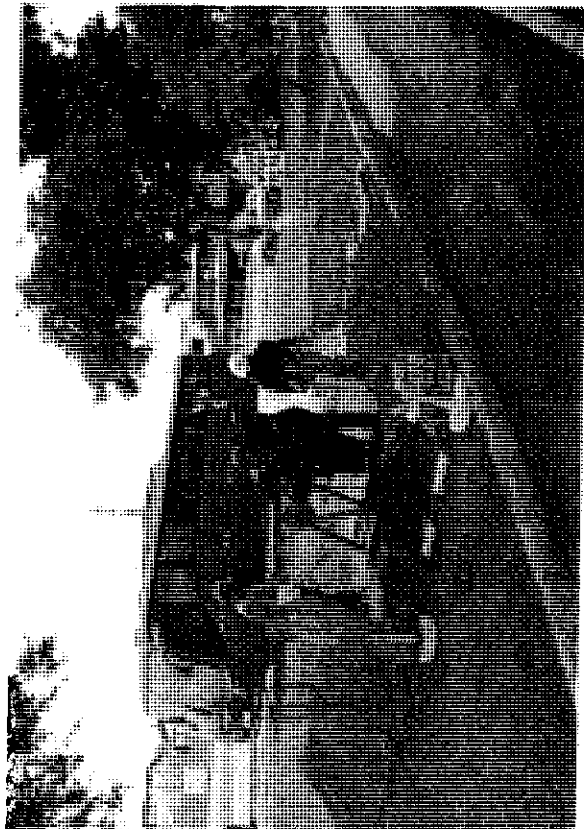


ProInversión

Agencia de Promoción de Inversión y Comercio Exterior

CALICATA N°:

C2 L2



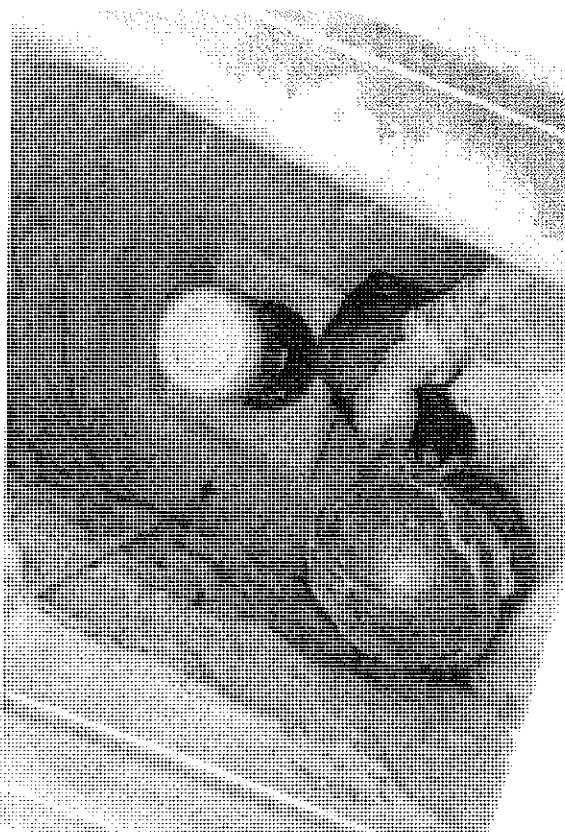
Ejecución de Calicata C2 L2



Acopio de arenas limosas de 2 a 3,6 m.



Acopio de rellenos de 0 a 1,6 m.



Ensayo de cono de arena a 2,3 m.

[1248]

000867

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL

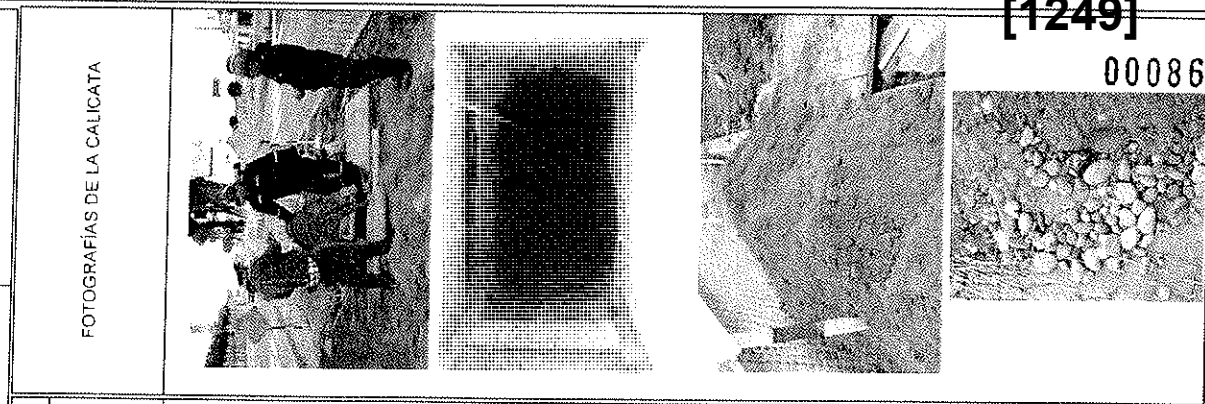


CLIENTE: ProInversión  
TRABAJO: Campaña Geotécnica Complementaria Metro Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.  
EMPRESA CONSULTORA: OYESA

Supervisor: Pablo Aquerri  
Máquina: Calicata manual

P.K.: 4+414  
X UTM: 271.000,0  
Y UTM: 8.666.519,0  
Z UTM: 40.6

CALICATA: C-3 L2  
Fecha: 17/09/2013-19/09/2013



ENSAYOS DE LABORATORIO																		
Profundidad (m)	Espesor (m)	PROF INFERIOR (m)	PROF SUPERIOR (m)	ESTABILIDAD	EXCAVABILIDAD	MUESTRAS/ENSAYOS				RESULTADOS								
						Granulometría % Pasos	Plasticidad ad	Estado natural	Ensayo de corte		Proctor Modifi.	Contaminación						
						max	0.075	0.425	2.0	7.5	20	60	100	Clasificación	M.C. (%)	SO3 (%)	CO2 (%)	
0.2	0.5	0.0	0.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1.1	1.5	0.0	1.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2.2	3.7	0.0	3.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3.3	5.2	0.0	5.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4.4	6.3	0.0	6.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5.5	7.7	0.0	7.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6.6	8.9	0.0	8.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7.7	10	0.0	10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8.8	11.5	0.0	11.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9.9	13.0	0.0	13.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11.0	14.5	0.0	14.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**NATURALEZA DEL TERRENO**

Repleno antitépico. Mezcla heterogénea de arenas finas, limos y gravas de tamaño dimétrico angulosos o subredondeados. Color marrón oscuro a ocre. Presencia de raíces en la parte superior y ocasional de trozos de ladrillo y hormigón.

SM. Arena fina limosa de color marrón claro, con indicios de gravilla subangulosas. Humedad media, compactación estimada. Medianamente densa.

GP. Grava mal graduada. Gravas polimíticas subangulosas en matriz arenosa fina gris-ocre sin presencia de finos. Gravas de laminado de 2 a 11 cm. Tamaño modal 5 cm (no se detectan bolos). Porcentajes estimados: grava 5-11 cm 35%, Grava 0.2 a 5 cm 40%, Arena fina: 25%.

SM (ML). Arena fina limosa de color marrón anaranjado. Moderadamente húmedas. Compactada estimada, medianamente densa. Presenta intercalaciones conformáticas de limos arcillosos ML grasos de plasticidad baja y consistencia moderadamente firme-blandas.

Fin de la calicata a la profundidad de 10 metros a 9.9 m intercalaciones de 10 cm de ML-GI. Lente arcillosa con indicios de arena. Consistencia estimada: muy moderadamente firme.

TIPO	MUESTRA	VALOR
MI MUESTRA MAL TERENADA	MA	1.80-1.90
MS MUESTRA BOLSADA	MA	4.60-4.80
MS MUESTRA BOLSADA	MA	15.90-1.80
MS MUESTRA BOLSADA	MA	16.60-5.40
MS MUESTRA BOLSADA	MA	15.50-3.50
MS MUESTRA BOLSADA	MA	15.70-4.70
MS MUESTRA BOLSADA	MA	19.40-3.40
MS MUESTRA BOLSADA	MA	19.80-5.80

MS MUESTRA MAL TERENADA MS MUESTRA ALTERADA MS MUESTRA BOLSADA MS MUESTRA DE AGUA



ProInversión

Corporación Peruana de Inversión y Fomento

CALICATA Nº:

C3 L2



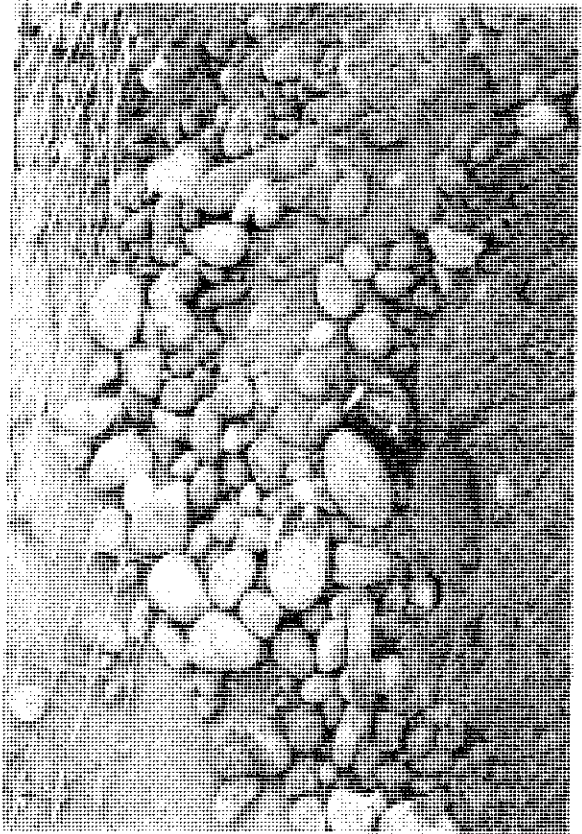
Ejecución de Calicata C3 L2



Acopio de rellenos antrópicos 0,0-1,5 m



Acopio arenas finas SM 1,5-5,2 m



Acopio gravas mal gradadas 5,2 - 6,3 m

[1250]

000870

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A



Acopio arenas finas SM (ML) 6,3-10,0 m



Muestra de gravas mal gradadas (GP) 5,2-6,3 m



Ejecución de ensayo de densidad "in situ"



Final calicata







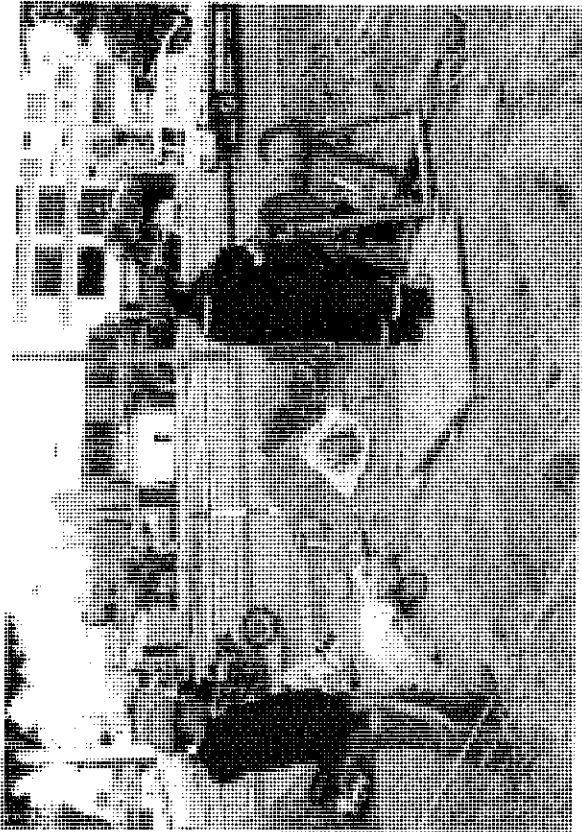


ProInversión

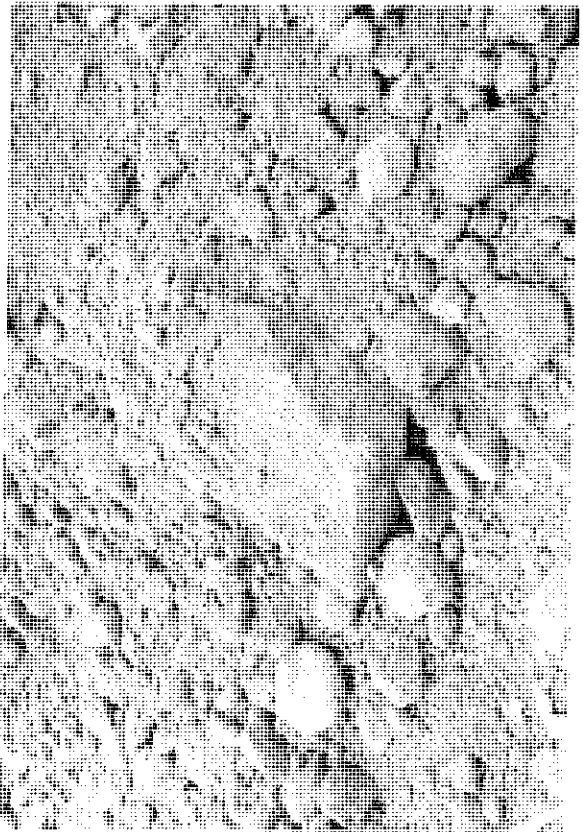
Corporación de Promoción y Fomento Inmobiliario

CALICATA Nº:

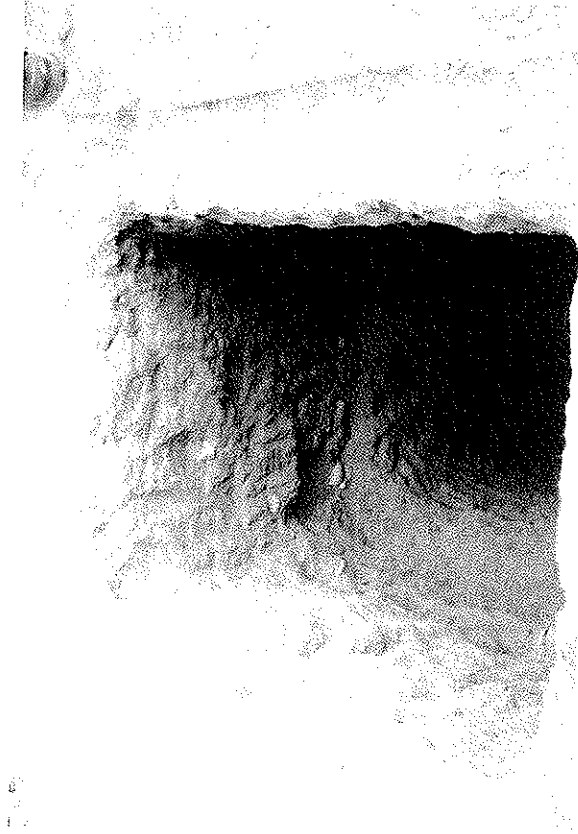
C4 L2



Ejecución de Calicata C4 L2



Acopio rellenos de 0 a 1,6 m



Vista de los rellenos de 0 a 1,6 m.



Acopio arenas limosas de 2,2 a 5,2 m.

[1253]

000873



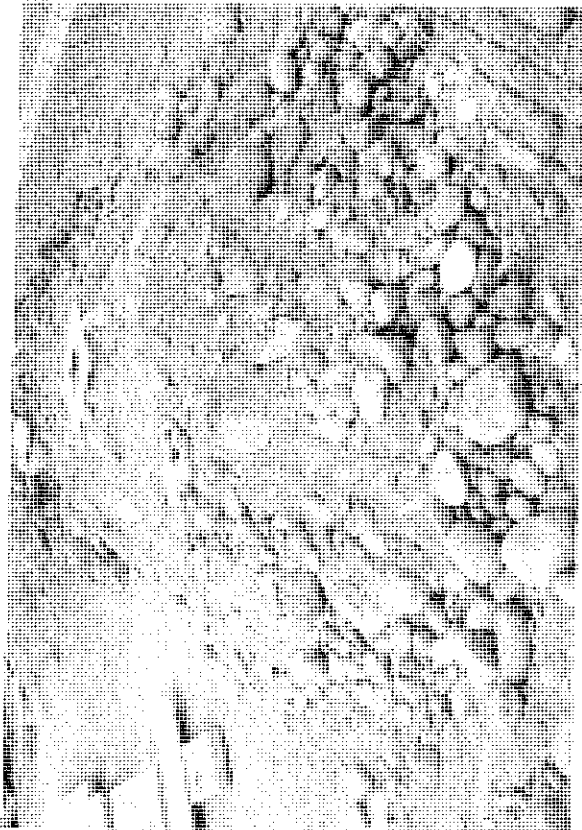


ProInversión

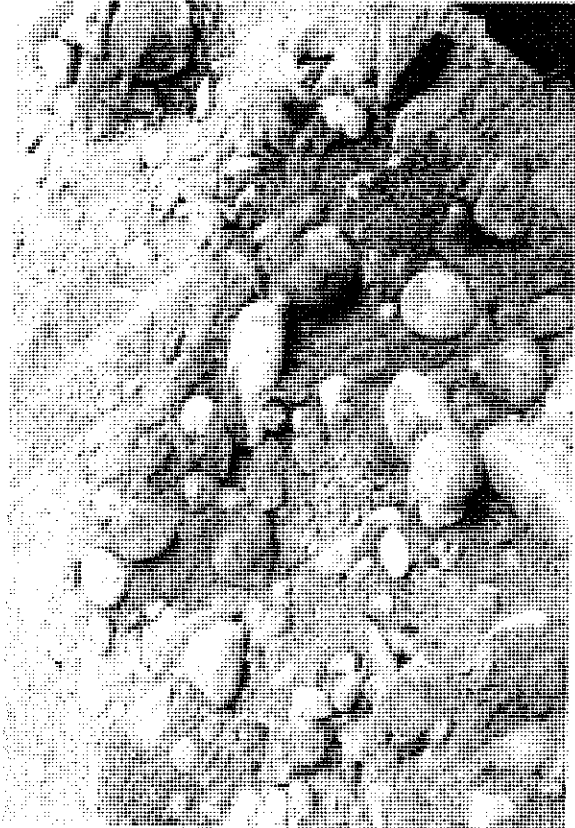
Organismo Promotor del Estado

CALICATA Nº:

C4 L2



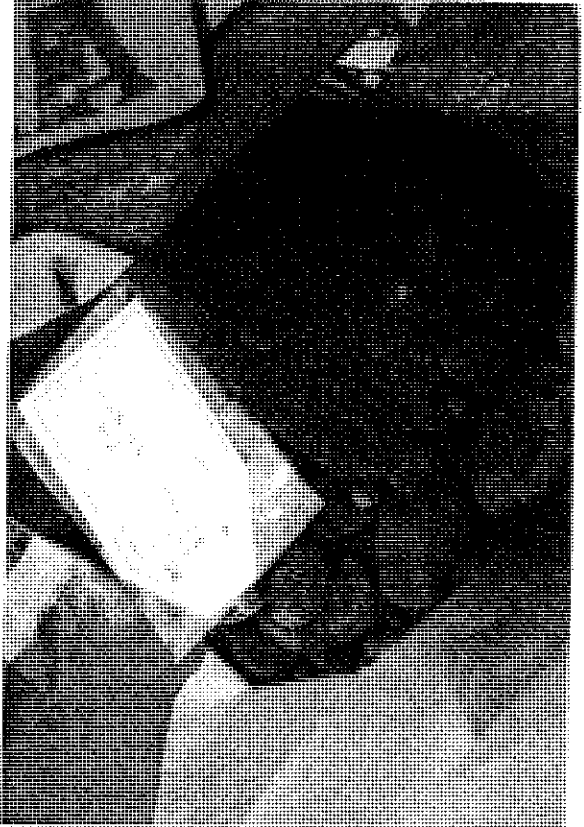
Acopio gravas de 5,2 a 8,6 m



Acopio gravas de 8,6 a 10 m



Detalle bolos de 8,6 a 10 m.



Muestra de gravas de 8,6 a 9,1 m.

[1254]

000874



<b>CLIENTE:</b> <b>ProInversión</b> <small>Organismo Promotor de Inversión</small>	<b>TRABAJO:</b> <b>Campaña Geotécnica Complementaria,</b> <b>Metro de Lima y Callao, Línea 2 y ramal L4.</b>	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b> <b>avesa</b> <small>INGENIERÍA DE CONSULTORÍA</small>	<b>Supervisor:</b> Pablo Aguerri <b>Máquina:</b> Calicata manual	<b>P.K.:</b> 19+368 <b>X UTM:</b> 285 025.0 <b>Y UTM:</b> 8 666 455.0 <b>Z UTM:</b> 233.0	<b>CALICATA:</b> C-5 L2 <b>Fecha:</b> 10/09/2013-19/09/2013																													
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2">Granulometría % Paso</td> <td>0.075 mm</td> <td>0.15 mm</td> <td>0.3 mm</td> <td>0.6 mm</td> <td>1.18 mm</td> <td>2 mm</td> <td>4.75 mm</td> <td>7.5 mm</td> <td>15 mm</td> <td>30 mm</td> <td>60 mm</td> <td>75 mm</td> <td>150 mm</td> <td>max</td> </tr> <tr> <td>W.P.</td> <td>W.L.</td> <td>Z<sub>100</sub></td> <td>z<sub>300</sub></td> <td>e (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>ρ<sub>s</sub> (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>H<sub>25</sub> (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>ρ<sub>max</sub> (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>ρ<sub>rel</sub> (%)</td> <td>CBR (100% P.M.)</td> <td>Clasificación</td> <td>M.O. (%)</td> <td>SO3 (%)</td> <td>CO3Ca (%)</td> </tr> </table>						Granulometría % Paso	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm	2 mm	4.75 mm	7.5 mm	15 mm	30 mm	60 mm	75 mm	150 mm	max	W.P.	W.L.	Z <sub>100</sub>	z <sub>300</sub>	e (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	H <sub>25</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>rel</sub> (%)	CBR (100% P.M.)	Clasificación	M.O. (%)	SO3 (%)	CO3Ca (%)
Granulometría % Paso	0.075 mm	0.15 mm	0.3 mm	0.6 mm	1.18 mm		2 mm	4.75 mm	7.5 mm	15 mm	30 mm	60 mm	75 mm	150 mm	max																			
	W.P.	W.L.	Z <sub>100</sub>	z <sub>300</sub>	e (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	H <sub>25</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>max</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>rel</sub> (%)	CBR (100% P.M.)	Clasificación	M.O. (%)	SO3 (%)	CO3Ca (%)																				
<b>MUESTRAS/ENSAYOS</b>																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>HUMEDAD</th> <th>EXCAVACIÓN</th> <th>ESTABLADIDAD</th> <th>TIPO</th> <th>INTERVALO (m)</th> <th>RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Seco Humedad grava Medio Arena</td> <td>Rand 300 Rand 150 Rand 75 Rand 37.5 Rand 18.75 Rand 9.375</td> <td>Muy alta Alta Media Baja</td> <td>MA</td> <td>1.20-4.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>MA</td> <td>5.00-6.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>MA</td> <td>9.00-10.00</td> <td></td> </tr> </table>						HUMEDAD	EXCAVACIÓN	ESTABLADIDAD	TIPO	INTERVALO (m)	RESULTADOS	Seco Humedad grava Medio Arena	Rand 300 Rand 150 Rand 75 Rand 37.5 Rand 18.75 Rand 9.375	Muy alta Alta Media Baja	MA	1.20-4.00					MA	5.00-6.00					MA	9.00-10.00						
HUMEDAD	EXCAVACIÓN	ESTABLADIDAD	TIPO	INTERVALO (m)	RESULTADOS																													
Seco Humedad grava Medio Arena	Rand 300 Rand 150 Rand 75 Rand 37.5 Rand 18.75 Rand 9.375	Muy alta Alta Media Baja	MA	1.20-4.00																														
			MA	5.00-6.00																														
			MA	9.00-10.00																														
<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>																																		
<p>Relleno. Material antrópico. Limo arenoso de color marrón con presencia de raíces y restos de plásticos.</p> <p>GP. Grava mal graduada en matriz arenosa de color gris. Las gravas son subredondeadas. El tamaño máximo de los bolos es de 38 cm. Contenido en bolos: &gt;20cm = 20%, de 15 a 20cm = 15%, de 10 a 15cm = 15%, de 5 a 10cm = 15%, de 0.2 a 5cm = 20%, arenas = 15%.</p> <p>GP. Grava mal graduada formada por gravas con bolos y arenas. Los bolos son de subredondeados a subredondeados alcanzando un tamaño máximo de 40 cm. Las gravas son polimíticas y subangulosas. El tamaño de bolo promedio aumenta con respecto al nivel anterior. Porcentajes: &gt;30cm = 10%, de 20 a 30cm = 15%, de 10 a 20cm = 10%, de 5 a 10cm = 30%, de 0.2 a 5cm = 20%, arenas = 15%.</p> <p>ML-SM. Limo arenoso de color marrón anaranjado de plasticidad baja con indicios de grava subredondeada. Consistencia blanda en general y moderadamente firme localmente.</p> <p>ML. Limo arenoso marrón anaranjado de plasticidad baja y consistencia blanda y moderadamente firme.</p> <p>GM-GP. Gravas subredondeadas en matriz arenosa fina a limosa de color marrón anaranjado. Tamaño máximo de bolos de 30cm. Contenido en bolos de 20 a 30cm = 70%, de 10 a 20cm = 15%, de 5 a 10cm = 20%, de 0.2 a 5cm = 25%, arena fina y limos = 30%.</p> <p>GP Grava mal graduada formada por gravas y bolos en matriz arenosa gruesa de color marrón oscuro. Las gravas y bolos son polimíticas y subredondeadas alcanzando un tamaño máximo de 30 cm. Contenido en bolos de 20 a 30cm = 15%, de 10 a 20cm = 15%, de 5 a 10cm = 10%, de 0.2 a 5cm = 30%, arena fina y limos 30%.</p> <p style="text-align: right;"><small>Fin de la calicata a la profundidad de 10 metros</small></p>																																		
<b>FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA</b>																																		

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
**REPRESENTANTE LEGAL**

MUESTRAS INALTERADAS MA MUESTRA ALTERADA AN ARCELLA  
 MUESTRAS BOLSA MUESTRAS DE AGUA OX 0300C

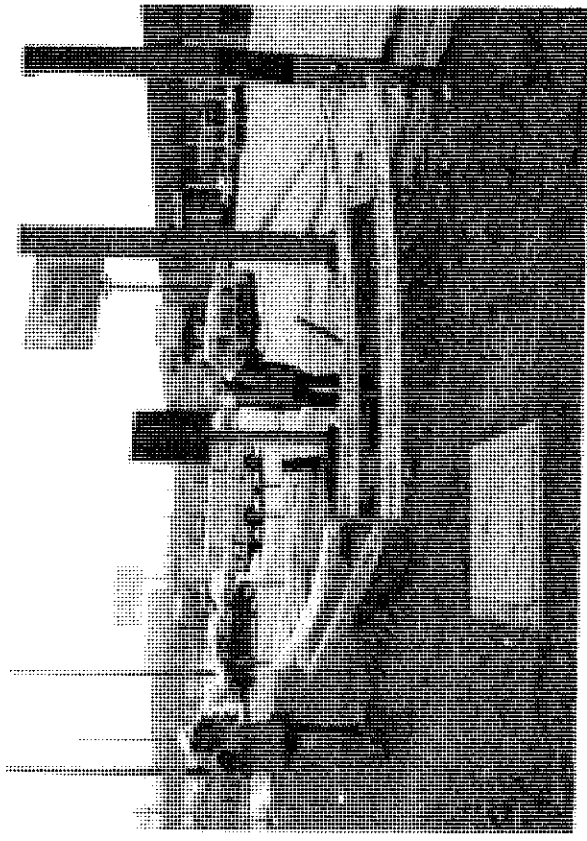


ProlInversión

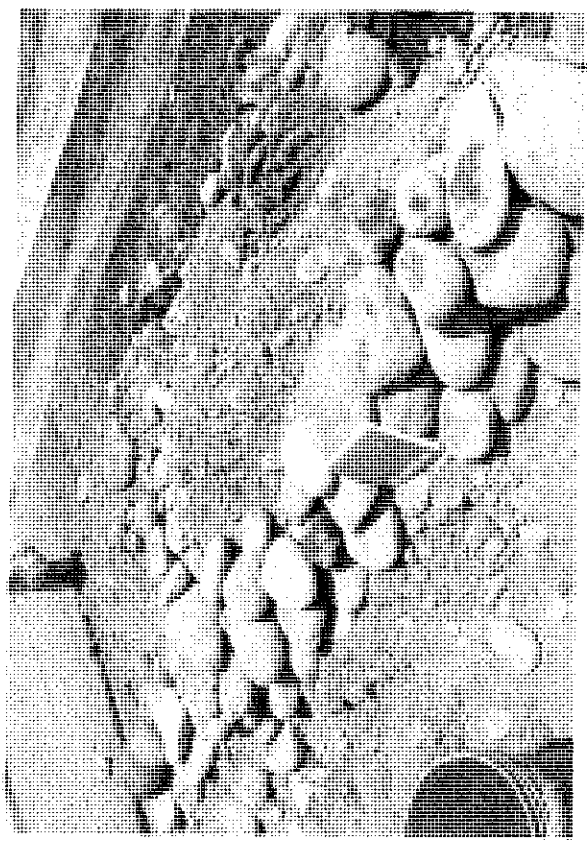
Asesoría de Inversión y Gestión

CALICATA N°:

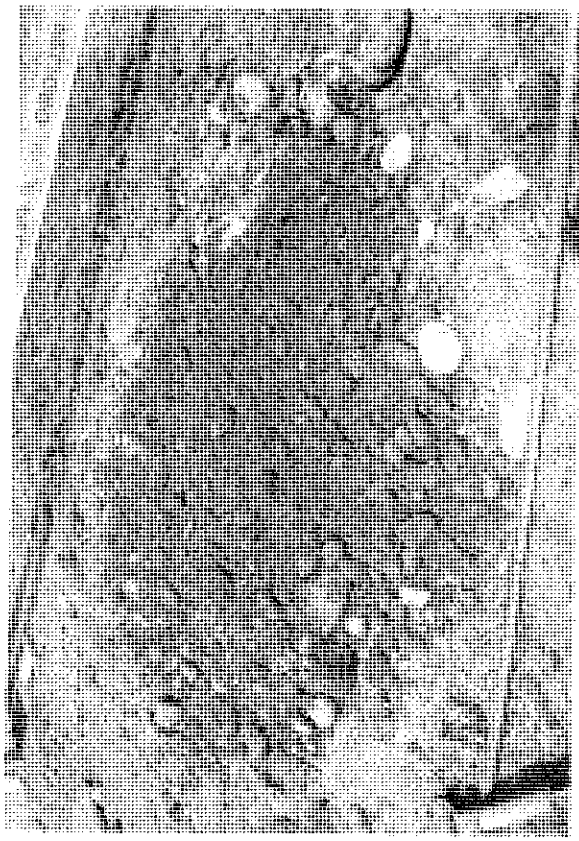
C5 L2



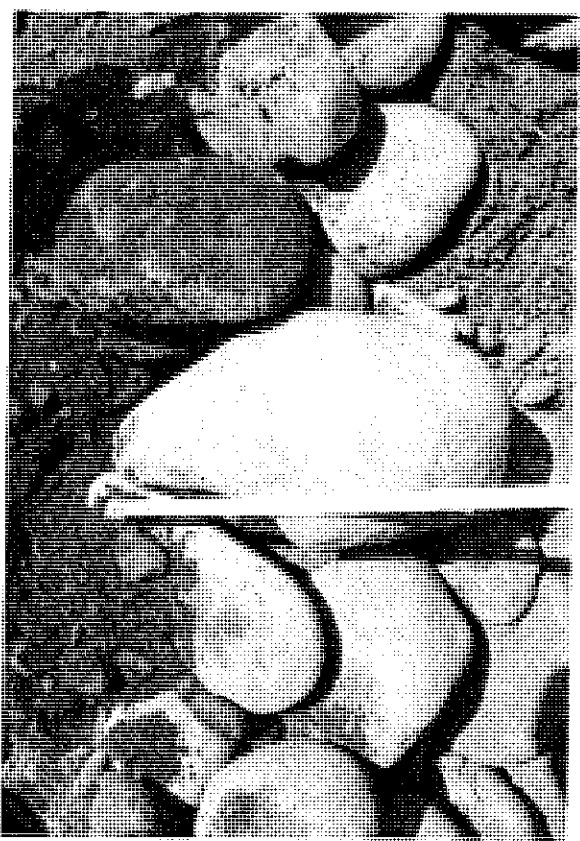
Inicio calicata C5 L2



Acopio gravas de 0,8 a 5,1 m.



Acopio rellenos antrópicos



Detalle gravas de 0,8 a 5,1 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten mark or signature



ProInversión

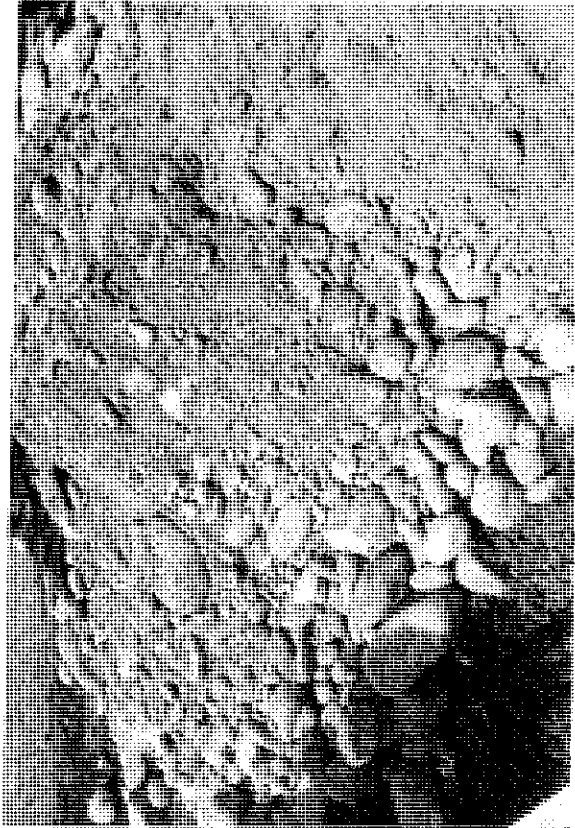
Región Metropolitana de Lima, S.A.S.

CALICATA N°:

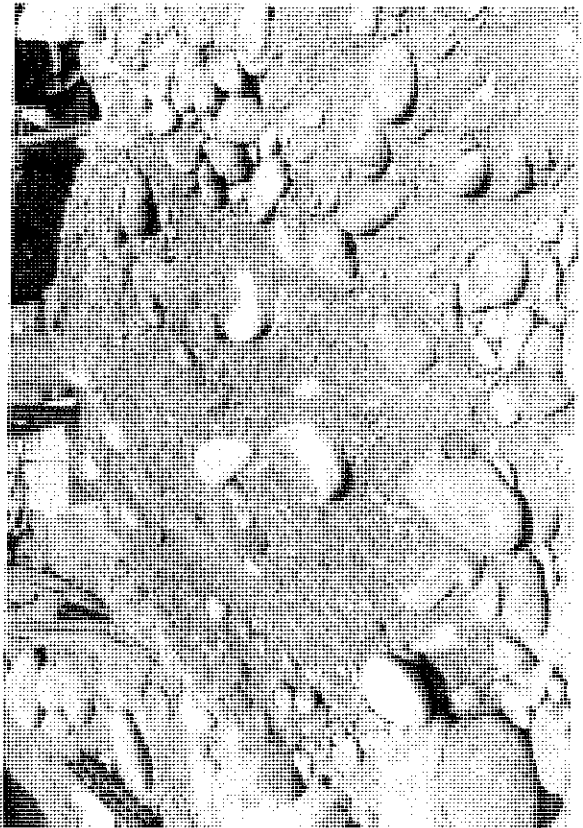
C5 L2



Acopio limos de 5,1 a 6 m



Acopio gravas de 6,6 a 7,7 m.



Acopio gravas de 7,7 a 10 m.



Gravas de 7,7 a 10 m.

[1257]

000877



CLIENTE:		TRABAJO:		EMPRESA CONSULTORA:		Supervisor:		P.K.:		CALICATA:	
ProInversión		Campaña Geotécnica Complementaria. Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.		avesa		Pablo Aguerri		4+784		C-1 L4	
CALLE Y DIRECCIÓN DEL SITIO		ESTRATIGRAFICO		MUESTRAS/ENSAYOS		Máquina:		X UTM: 271.200,0		Fecha:	
		Corte		RESULTADOS		Calicata manual		Y UTM: 8.669.219,0		08/09/2013-11/09/2013	
PROFUNDIDAD (m)		PROF INFERIOR (m)		TIPO		ENSAYOS DE LABORATORIO		Z UTM: 39,75		FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA	
0,0	0,8	HUMEDAD		EXCAVABILIDAD		Granulometría		Clasificación		M.O (%)	
0,8	0,8	Saca		Rend. muy alto		% Pasos		CBR (100% P.M.)		S.O3 (%)	
1,1	1,2	Bajo		Rend. alto		0,4 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
2,2	2,9	Medio		Rend. bajo		0,8 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
3,3	4,1	Muy bajo		Rend. muy bajo		2 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
4,4	4,5	Muy muy bajo		Rend. muy muy bajo		7,5 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
5,5	7,4	Muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy bajo		15 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
6,6	7,4	Muy muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy muy bajo		30 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
7,7	7,4	Muy muy muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy muy muy bajo		60 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
8,8	2,6	Muy muy muy muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy muy muy muy bajo		100 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
9,9	10	Muy muy muy muy muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy muy muy muy muy bajo		200 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
11,0	11,0	Muy muy muy muy muy muy muy muy bajo		Rend. muy muy muy muy muy muy muy muy bajo		300 mm		Índice de Plasticidad		M.O (%)	
NATURALEZA DEL TERRENO		ESTRATIGRAFICO		MUESTRAS/ENSAYOS		ENSAYOS DE LABORATORIO		FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA		FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA	
Relleno. Limo arcilloso de color marrón, humeado, plasticidad baja, con presencia de raíces.		Corte		MA 4.10-4.50		Humedad natural		Fotografía 1		Fotografía 1	
Relleno. Base y subbase de la carpeta asfáltica con grava subangulosa de color marrón.		Corte		MA 8.50-8.90		Humedad natural		Fotografía 2		Fotografía 2	
GP. Grava mal graduada de color gris con bobinería subredondeada, compacidad suelta. Contenido en bolos >20cm: 5% de 15 a 20 cm: 10% de 10 a 15 cm: 10% grava de 5 a 10cm: 15% grava de 0.2 a 5cm: 40% arena 20%		Corte		MA 9.00-9.00		Humedad natural		Fotografía 3		Fotografía 3	
GC Grava arcillosa, grava subredondeada, arena y arcilla de color marrón grisáceo. Bolos 10-20 cm: 10%, de 0.2 a 10cm: 50%, Arena 10%. Arcilla 30%		Corte		MA 9.00-9.00		Humedad natural		Fotografía 4		Fotografía 4	
GP. Grava mal graduada, mezcla de grava y arena de color gris. Las gravas son subredondeadas. Compacidad suelta. El tamaño máximo de los bolos es de 36 cm. Contenido en bolos >20cm: 15% de 15 a 20cm: 10% de 10 a 15cm: 15% gravas de 5 a 10cm: 20% gravas de 0.2 a 5 cm: 20% arena 20%		Corte		MA 9.00-9.00		Humedad natural		Fotografía 5		Fotografía 5	
GP. Grava mal graduada, mezcla de grava y arena de color gris. Las gravas son subredondeadas. El tamaño máximo de los bolos es de 34 cm. Contenido en bolos > 20cm: 20% de 15 a 20 cm: 15% de 10 a 15cm: 10% gravas de 5 a 10cm: 15% gravas de 0.2 a 5cm: 20% arenas 20%		Corte		MA 9.00-9.00		Humedad natural		Fotografía 6		Fotografía 6	
Fin de la campaña a la profundidad de 10 metros		Corte		MA 9.00-9.00		Humedad natural		Fotografía 7		Fotografía 7	

MI MUESTRA INALTERADA MA MUESTRA ALTERADA MS MUESTRA SACCO  
M1 MUESTRA BOLSA M2 MUESTRA BOLSA M3 MUESTRA BOLSA  
M4 MUESTRA BOLSA M5 MUESTRA BOLSA M6 MUESTRA BOLSA  
M7 MUESTRA BOLSA M8 MUESTRA BOLSA M9 MUESTRA BOLSA  
M10 MUESTRA BOLSA M11 MUESTRA BOLSA M12 MUESTRA BOLSA  
M13 MUESTRA BOLSA M14 MUESTRA BOLSA M15 MUESTRA BOLSA  
M16 MUESTRA BOLSA M17 MUESTRA BOLSA M18 MUESTRA BOLSA  
M19 MUESTRA BOLSA M20 MUESTRA BOLSA  
M21 MUESTRA BOLSA M22 MUESTRA BOLSA M23 MUESTRA BOLSA  
M24 MUESTRA BOLSA M25 MUESTRA BOLSA M26 MUESTRA BOLSA  
M27 MUESTRA BOLSA M28 MUESTRA BOLSA M29 MUESTRA BOLSA  
M30 MUESTRA BOLSA M31 MUESTRA BOLSA M32 MUESTRA BOLSA  
M33 MUESTRA BOLSA M34 MUESTRA BOLSA M35 MUESTRA BOLSA  
M36 MUESTRA BOLSA M37 MUESTRA BOLSA M38 MUESTRA BOLSA  
M39 MUESTRA BOLSA M40 MUESTRA BOLSA M41 MUESTRA BOLSA  
M42 MUESTRA BOLSA M43 MUESTRA BOLSA M44 MUESTRA BOLSA  
M45 MUESTRA BOLSA M46 MUESTRA BOLSA M47 MUESTRA BOLSA  
M48 MUESTRA BOLSA M49 MUESTRA BOLSA M50 MUESTRA BOLSA  
M51 MUESTRA BOLSA M52 MUESTRA BOLSA M53 MUESTRA BOLSA  
M54 MUESTRA BOLSA M55 MUESTRA BOLSA M56 MUESTRA BOLSA  
M57 MUESTRA BOLSA M58 MUESTRA BOLSA M59 MUESTRA BOLSA  
M60 MUESTRA BOLSA M61 MUESTRA BOLSA M62 MUESTRA BOLSA  
M63 MUESTRA BOLSA M64 MUESTRA BOLSA M65 MUESTRA BOLSA  
M66 MUESTRA BOLSA M67 MUESTRA BOLSA M68 MUESTRA BOLSA  
M69 MUESTRA BOLSA M70 MUESTRA BOLSA M71 MUESTRA BOLSA  
M72 MUESTRA BOLSA M73 MUESTRA BOLSA M74 MUESTRA BOLSA  
M75 MUESTRA BOLSA M76 MUESTRA BOLSA M77 MUESTRA BOLSA  
M78 MUESTRA BOLSA M79 MUESTRA BOLSA M80 MUESTRA BOLSA  
M81 MUESTRA BOLSA M82 MUESTRA BOLSA M83 MUESTRA BOLSA  
M84 MUESTRA BOLSA M85 MUESTRA BOLSA M86 MUESTRA BOLSA  
M87 MUESTRA BOLSA M88 MUESTRA BOLSA M89 MUESTRA BOLSA  
M90 MUESTRA BOLSA M91 MUESTRA BOLSA M92 MUESTRA BOLSA  
M93 MUESTRA BOLSA M94 MUESTRA BOLSA M95 MUESTRA BOLSA  
M96 MUESTRA BOLSA M97 MUESTRA BOLSA M98 MUESTRA BOLSA  
M99 MUESTRA BOLSA M100 MUESTRA BOLSA

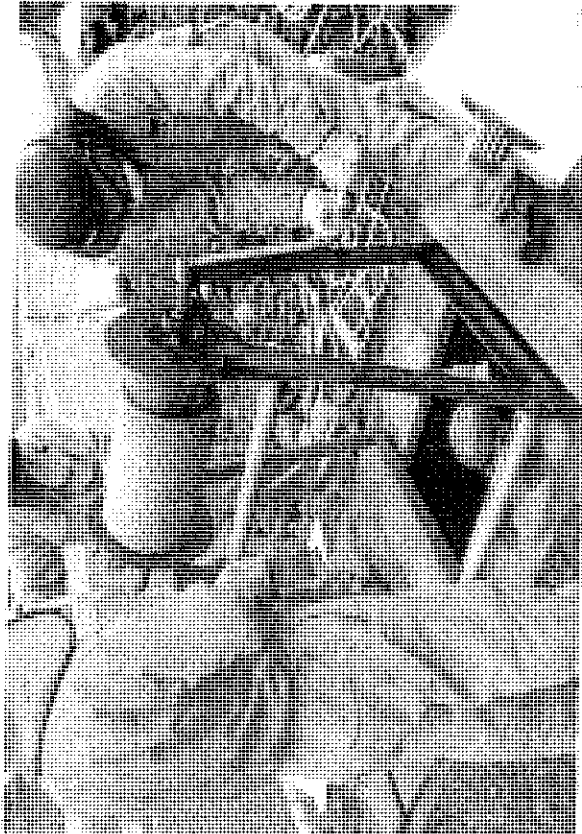


ProInversión

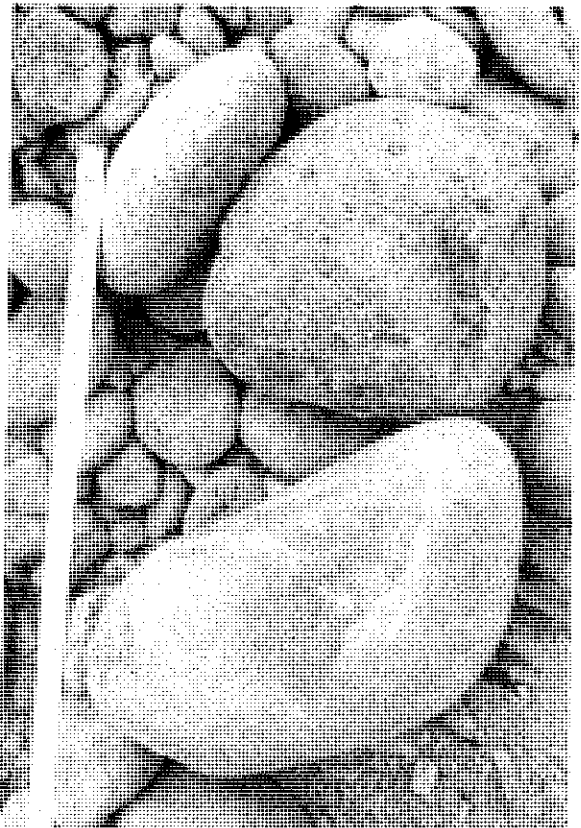
Corporación de Fomento de la Inversión

CALICATA Nº: C1 L4

C1 L4



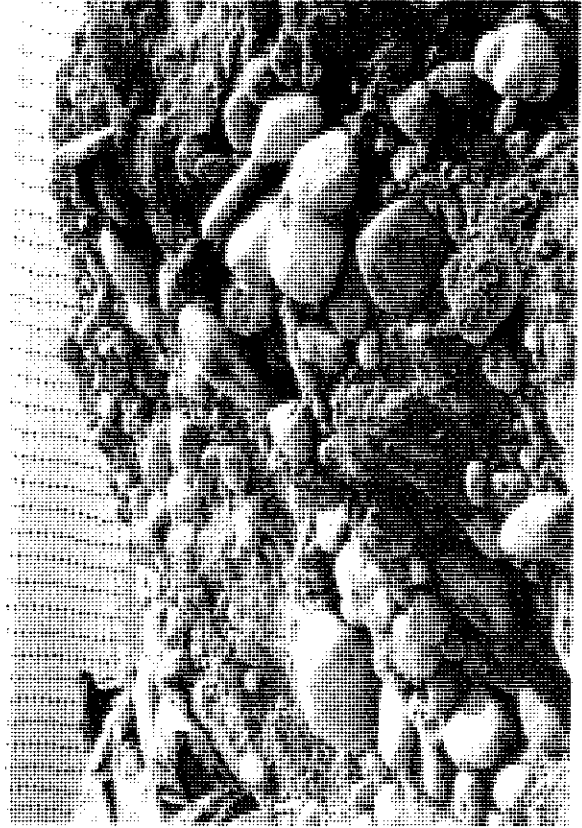
Ejecución de Calicata C1 L4



Detalle gravas de 1,1 a 4,5 m



Acopio gravas 1,1 a 4,5 m



Acopio gravas 4,5 a 7,4 m

[1259]

000879



Handwritten signature





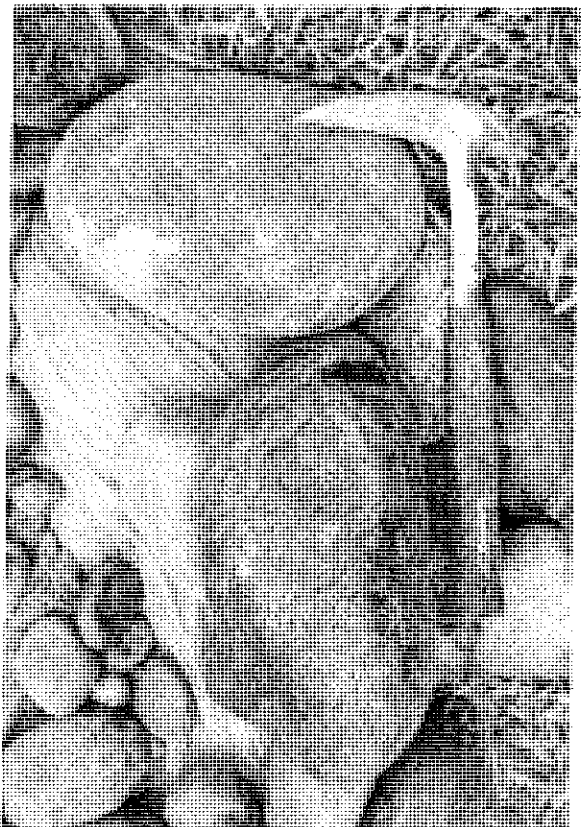
ProInversión

Ministerio de Economía y Finanzas

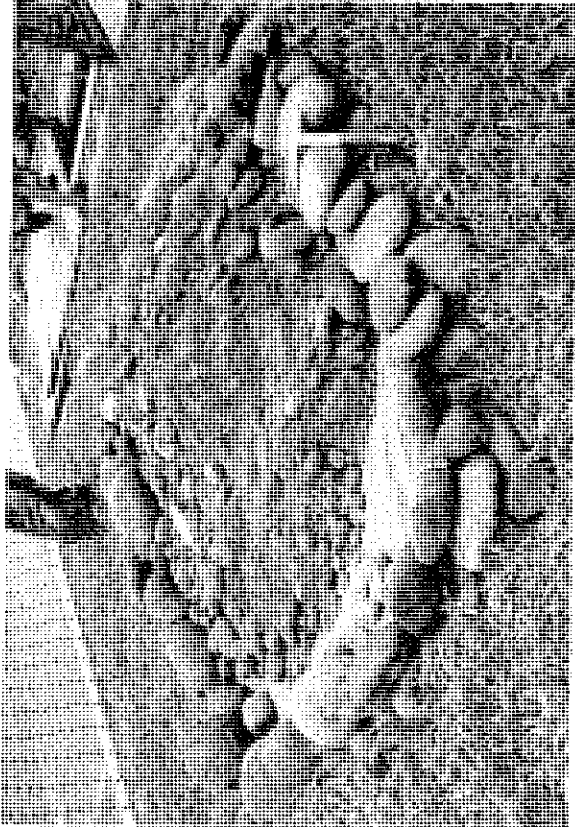
CALICATA N°: C1 L4



Detalle gravas de 4,5 a 7,4 m



Detalle gravas de 7,4 m a final de cata



Acopio gravas de 7,4 m a final de cata

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





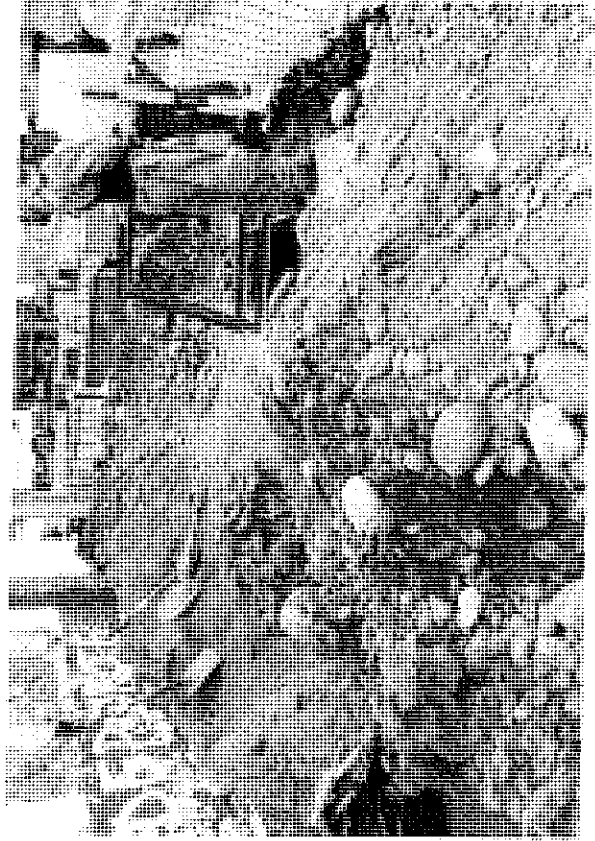


ProInversión

Regulación y Administración

CALICATA N°:

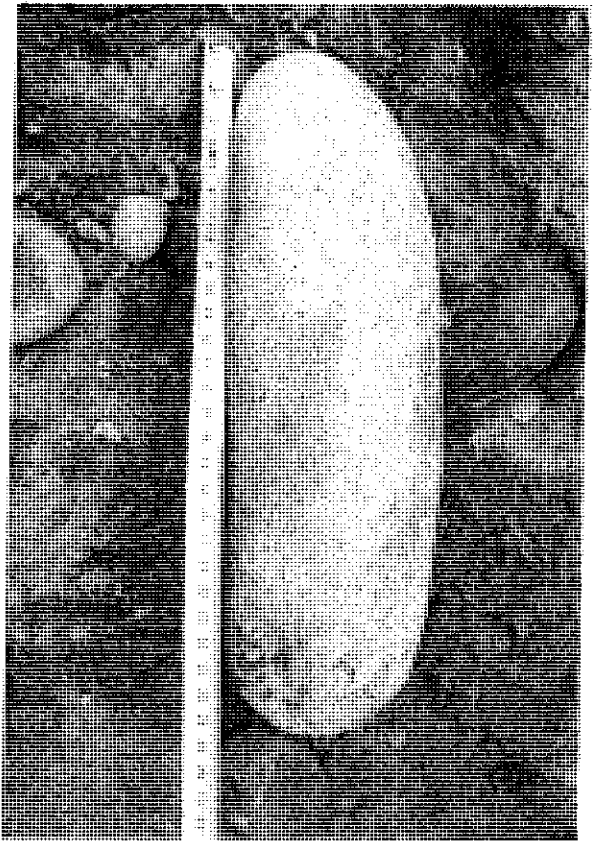
C2 L4



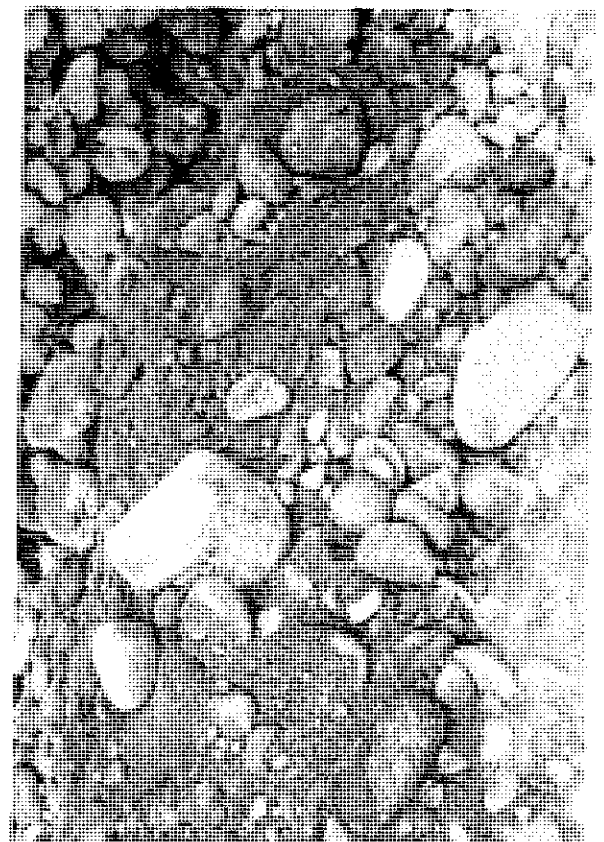
Acopio gravas 7,4-10 m



Acopio gravas 7,4-10 m. Detalle bolo



Acopio gravas 7,4-10 m. Detalle bolo



Acopio gravas 7,4-10 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

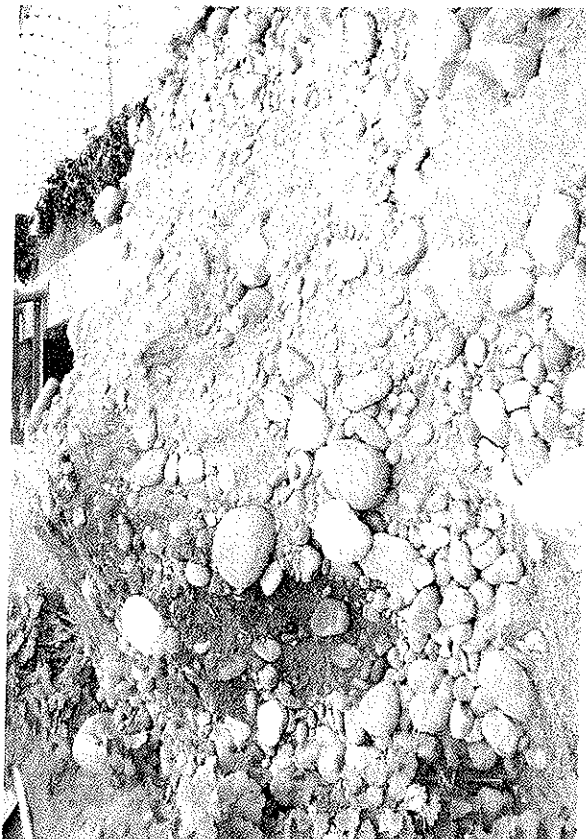


ProInversión

Proyectos de Inversión y Desarrollo

CALICATA N°:

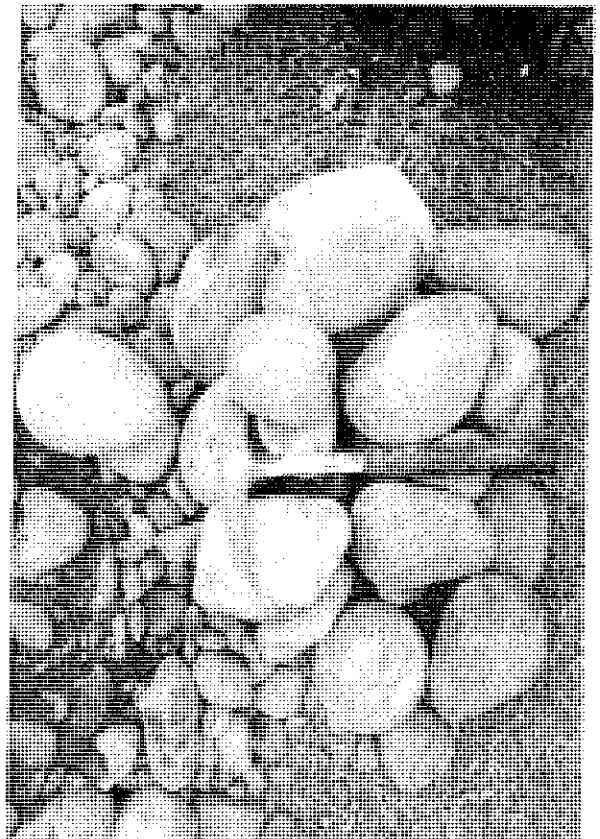
C2 L4



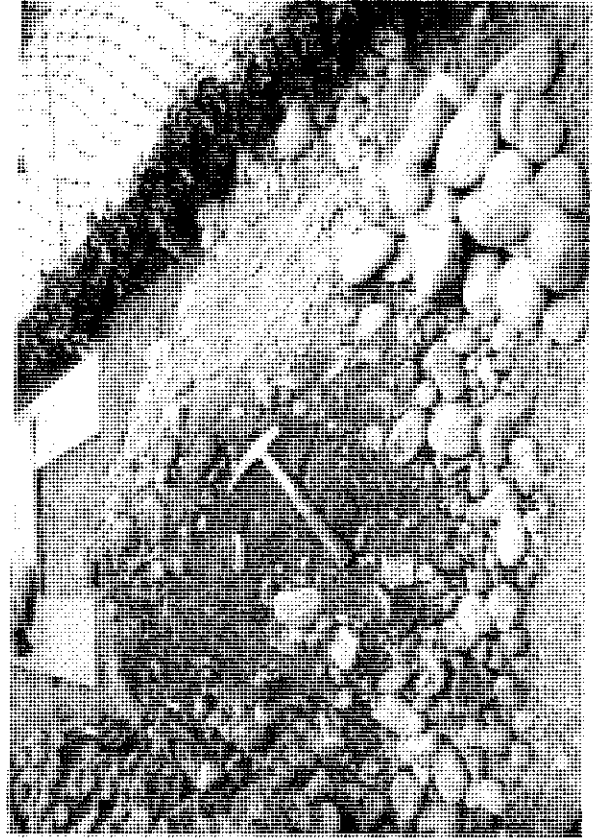
Acopio gravas 7,4-10 m.



Acopio arenas finas 3,3-5,5 m



Acopio gravas 5,5-6,8 m.



Acopio gravas 5,5-6,8 m.

[1263]

000883

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten signature



ProInversión

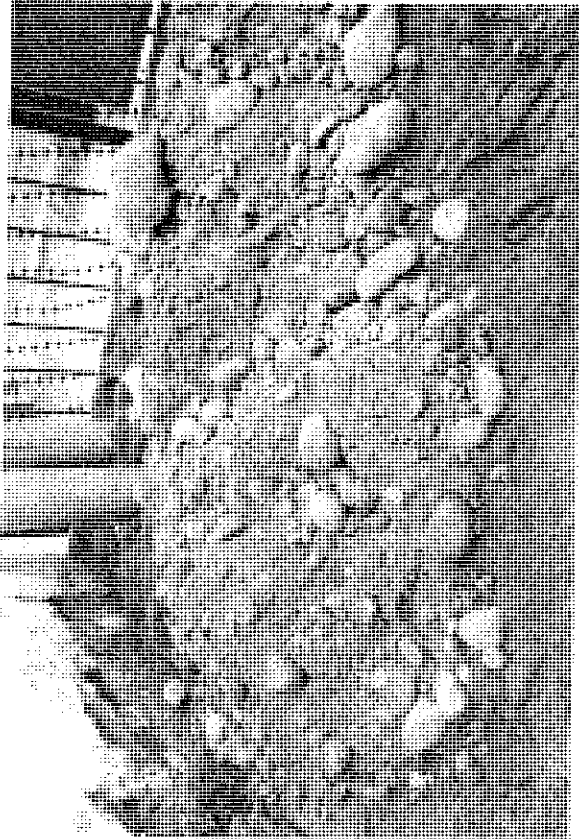
El Estado y el Sector Privado

CALICATA Nº:

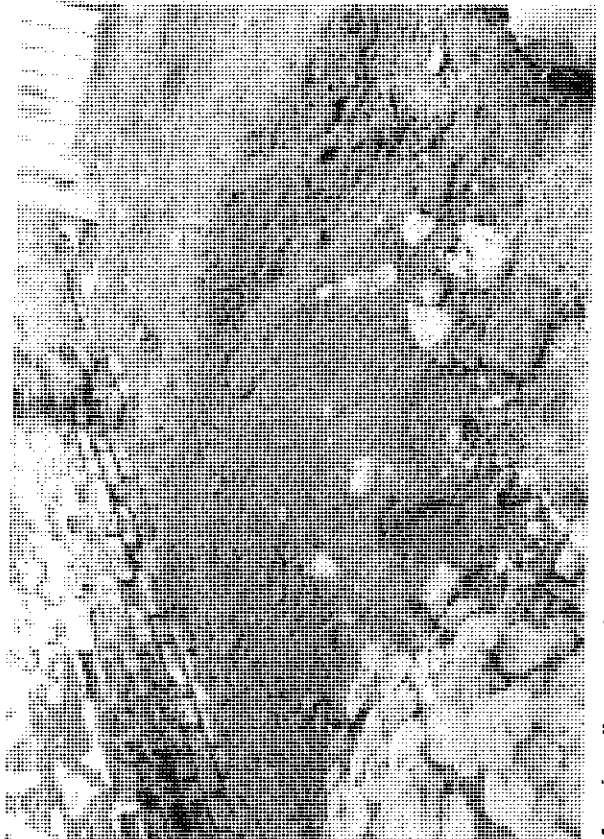
C2 L4



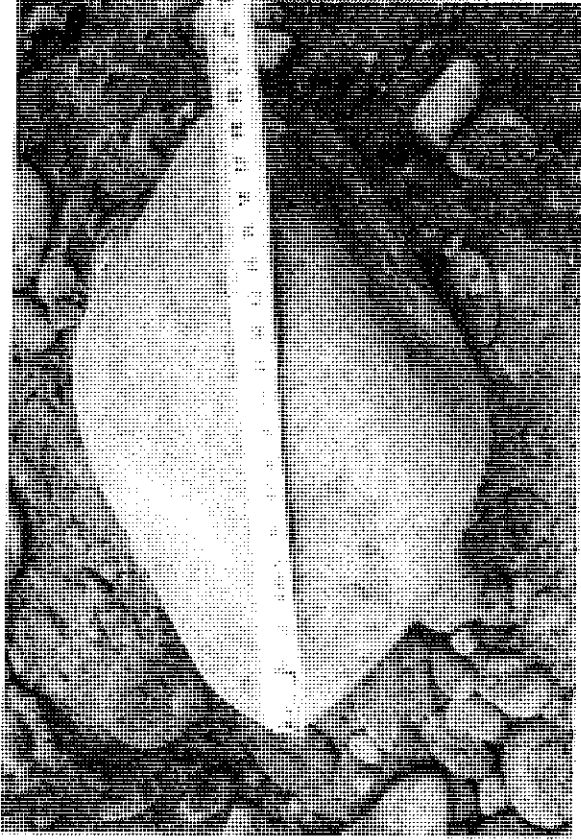
ayesa



Acopio gravas 6,8-7,4 m.



Acopio relleno antrópico 0-0,9 m.



Acopio gravas 6,8-7,4 m. Detalle Bolo





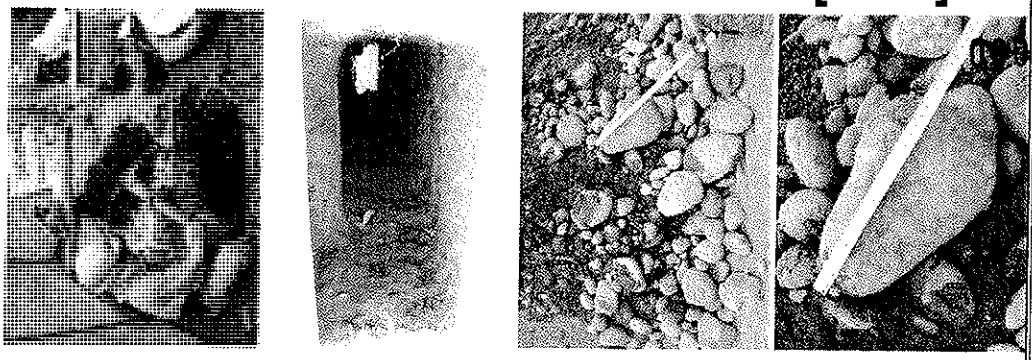
Muestra alterada arenas finas 4,1-5,5 m.

[1264]

000884

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



<b>CLIENTE:</b>  <b>Prolinversión</b> <small>Perú - www.prolinversion.com.pe</small>	<b>TRABAJO:</b> <b>Campana Geotécnica Complementaria.</b> <b>Metro de Lima y Callao. Línea 2 y ramal L4.</b>	<b>EMPRESA CONSULTORA:</b>  <b>aveso</b> <small>CONSORCIO</small>	<b>Supervisor:</b> Pablo A. Guerra <b>Máquina:</b> Calicata manual	<b>P.K.:</b> 0+310 <b>X UTM:</b> 268.771,99 <b>Y UTM:</b> 8.672.780,53 <b>Z UTM:</b> 13,0	<b>CALICATA:</b> CS-1 L4 <b>Fecha:</b> 02/10/2013																																			
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2">Característica</td> <td>Plasticidad</td> <td>Wp</td> <td>WL</td> <td rowspan="2">Clasificación</td> <td rowspan="2">M.O (%)</td> <td rowspan="2">S.O3 (%)</td> <td rowspan="2">C.O3C4 (%)</td> </tr> <tr> <td>ad</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Capacidad</td> <td>% Paso</td> <td>0.075 mm</td> <td>0.425 mm</td> <td rowspan="2">CBR (100% P.M.)</td> <td rowspan="2">M.O (%)</td> <td rowspan="2">S.O3 (%)</td> <td rowspan="2">C.O3C4 (%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Espesor</td> <td>natural</td> <td>Humedada</td> <td>Seca</td> <td rowspan="2">Proctor</td> <td rowspan="2">Módulo</td> <td rowspan="2">D max</td> <td rowspan="2">D 50</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Característica	Plasticidad	Wp	WL	Clasificación	M.O (%)	S.O3 (%)	C.O3C4 (%)	ad	2	3	Capacidad	% Paso	0.075 mm	0.425 mm	CBR (100% P.M.)	M.O (%)	S.O3 (%)	C.O3C4 (%)		2	0.075	Espesor	natural	Humedada	Seca	Proctor	Módulo	D max	D 50					
Característica	Plasticidad	Wp	WL	Clasificación	M.O (%)		S.O3 (%)	C.O3C4 (%)																																
	ad	2	3																																					
Capacidad	% Paso	0.075 mm	0.425 mm	CBR (100% P.M.)	M.O (%)	S.O3 (%)	C.O3C4 (%)																																	
		2	0.075																																					
Espesor	natural	Humedada	Seca	Proctor	Módulo	D max	D 50																																	
<b>MUESTRAS EN SAYOS</b>																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>ESTABILIDAD</th> <th>ESTABILIDAD</th> <th>ESTABILIDAD</th> <th>ESTABILIDAD</th> <th>ESTABILIDAD</th> <th>ESTABILIDAD</th> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> </tr> </table>						ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja					
ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD																																			
Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio																																			
Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta																																			
Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta																																			
Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>EXCAVABILIDAD</th> <th>EXCAVABILIDAD</th> <th>EXCAVABILIDAD</th> <th>EXCAVABILIDAD</th> <th>EXCAVABILIDAD</th> <th>EXCAVABILIDAD</th> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> </tr> </table>						EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja					
EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD	EXCAVABILIDAD																																			
Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio																																			
Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta																																			
Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta																																			
Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> </tr> <tr> <td>MA: 1.50-1.70</td> <td>Arena fina</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MA: 3.50-3.70</td> <td>Grava</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	MA: 1.50-1.70	Arena fina					MA: 3.50-3.70	Grava																					
TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO																																			
MA: 1.50-1.70	Arena fina																																							
MA: 3.50-3.70	Grava																																							
<b>RESULTADOS</b>																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>0.5</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> <td>3.5</td> <td>4.0</td> <td>4.5</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>0.95</td> <td>1.3</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> <td>2.8</td> <td>3.3</td> <td>3.8</td> <td>4.3</td> <td>4.8</td> <td>5.3</td> </tr> </table>						0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	0.95	1.3	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.3															
0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0																															
0.95	1.3	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.3																															
<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>																																								
<p>Relleno antropico. Arcilla limosa con indicios de gravas de 1 a 5 cm de tamaño. Presenta abundantes raíces. En la base del estrato se detecta un nivel de 5 cm de aglomerado asfáltico.</p> <p>O.L. Arcillas y limos orgánicos de color marrón oscuro, así negro, plasticidad baja, consistencia blanda a moderadamente firme.</p> <p>S.M. Arenas limosas y arenas finas limosas de color marrón amarillento.</p> <p>G.P. Gravillas mal gradadas. Gravillas y bolos en matriz arenosa gruesa marrón oscura. Gravillas y bolos poliméricos subangulosos de 1 a 25 cm de tamaño. Tamaño promedio: 5 a 6 cm. Estimación de porcentajes: bolos de 20 a 25 cm: 5%. Bolos de 10 a 20 cm: 15%. Gravillas de 5 a 10 cm: 30%. Gravillas de 0.2 a 5 cm: 30%. arena gruesa 20%.</p> <p>Fin de la calicata a la profundidad de 3.6 metros</p>																																								
<b>FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA</b>																																								
																																								

MA: MUESTRA DE AGUA  
 MB: MUESTRA BOLSA  
 MS: MUESTRA SACO  
 MA: MUESTRA ALTERNADA  
 MA: ARCILLA  
 MI: MUESTRA INALTERADA  
 Q: CUARZO  
 CX: CXIDO





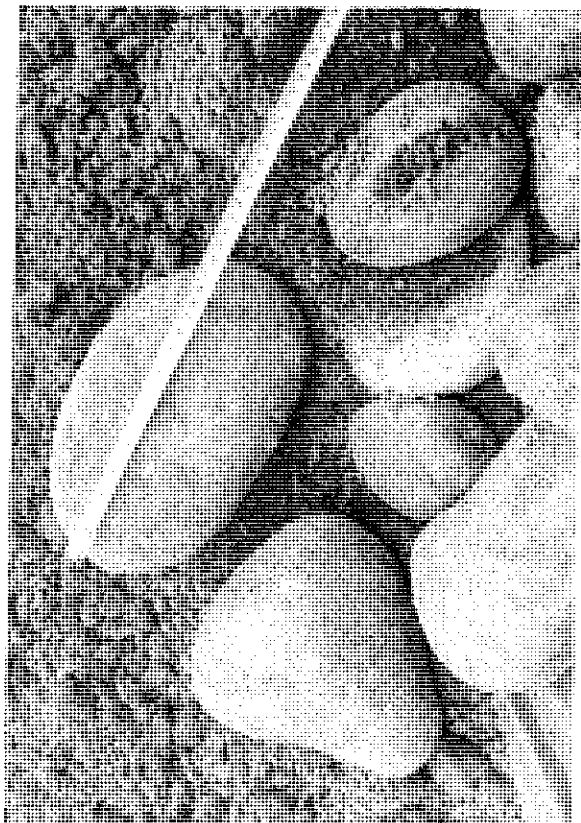
Proinversión

Corporación de Fomento de la Inversión Privada

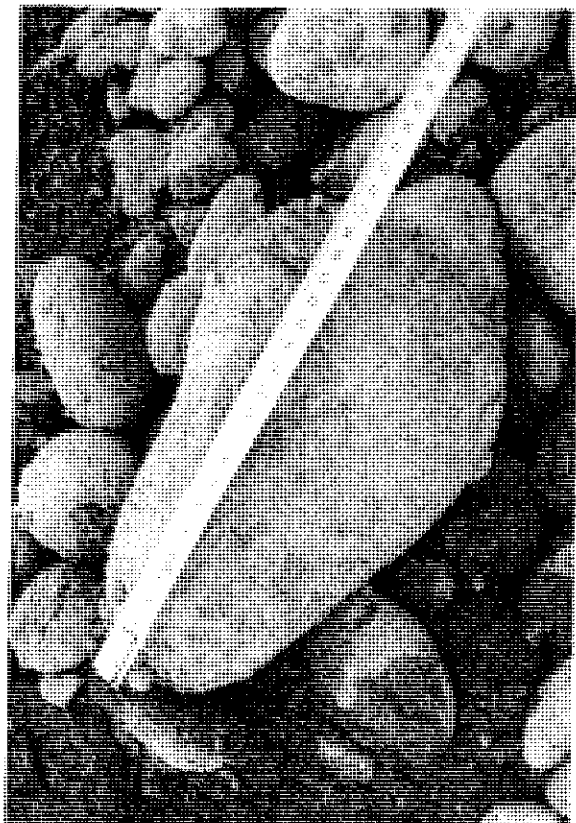
CALICATA Nº: CS-1 L4



ayesa



Detalle gravas de 3,1 a 3,8 m.



Detalle gravas de 3,1 a 3,8 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
 CLAVE: P03/2529  
 FECHA: 30/08/2013  
 SONDEO: S-1/L2 (6,90 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 6,9 m DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 640 l / 0,64 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 3,00 m LONGITUD ENSAYADA (L): 0,50 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,35 m COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 5,2 CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,17 l/s / 1,66E-04 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 6,4 m DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

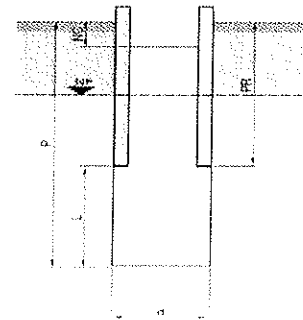
LITOLÓGIA TRAMO ENSAYADO: Gravas mal graduadas (GP) con arenas medias a gruesas (30%)

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

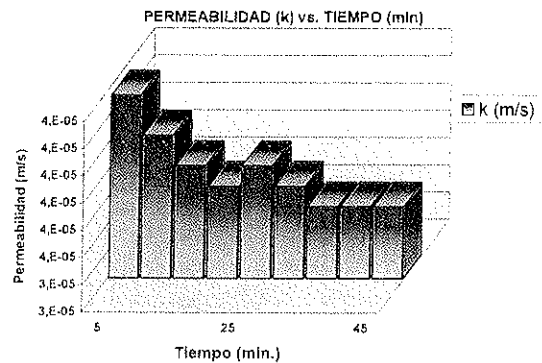
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
0	193,0	-	-
5	53,5	0,18	3,97E-05
10	51,5	0,17	3,82E-05
15	50,0	0,17	3,71E-05
20	49,0	0,16	3,64E-05
25	50,0	0,17	3,71E-05
30	49,0	0,16	3,64E-05
35	48,0	0,16	3,66E-05
40	48,0	0,16	3,66E-05
45	48,0	0,16	3,66E-05
PROMEDIO	640,0	0,17	3,69E-05

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,341	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	3,69E-05 m/s
			3,69E-03 cm/s
			3,19E+00 m/dfa

**OBSERVACIONES:**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten signature or mark.





**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
 CLAVE: P03/2529  
 FECHA: 11/09/2013  
 SONDEO: S-1/L2 (15,0 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 15,0 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 274,5 l / 0,2745 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 3,00 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,60 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,49 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 6,3    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,03 l/s / 3,02E-05 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 14,4 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

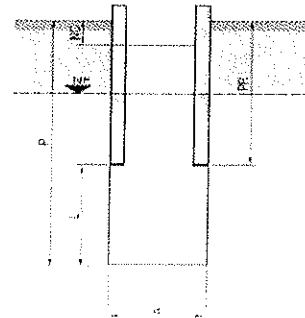
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: Gravas mal graduadas (GP) con arenas medias a gruesas (40%).

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

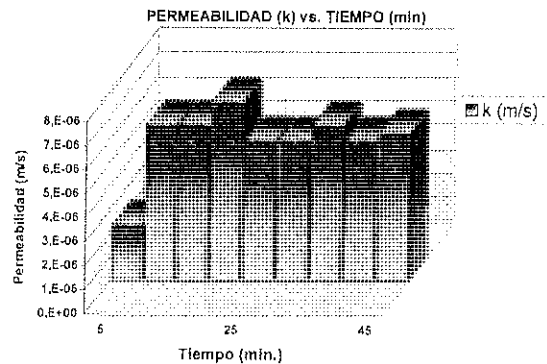
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
0	193,0	-	-
5	3,5	0,01	2,24E-06
10	10,0	0,03	6,40E-06
16	10,0	0,03	6,40E-06
20	11,5	0,04	7,36E-06
25	9,0	0,03	5,76E-06
30	9,0	0,03	5,76E-06
36	10,0	0,03	6,40E-06
40	9,0	0,03	5,76E-06
45	9,5	0,03	6,08E-06
PROMEDIO	274,5	0,03	5,79E-06

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,493	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	5,79E-06 m/s
			5,79E-04 cm/s
			5,01E-01 m/día

**OBSERVACIONES:**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten signature or mark.



**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
 CLAVE: P03/2629  
 FECHA: 13/09/2013  
 SONDEO: S-1/L2 (22,89 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 22,9 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 1094 l / 1.094 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 3,0 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,89 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,89 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 9,3    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,06 l/s / 5,70E-05 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 22,0 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

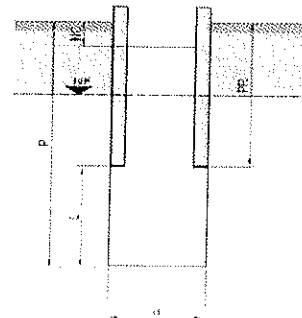
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: Gravés mal graduadas (GP) con arenas gruesas (15%).

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

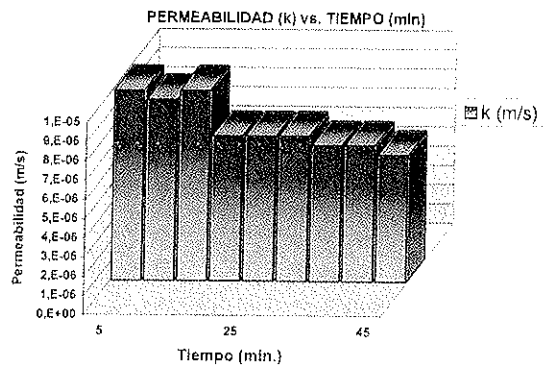
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
0	940,0		
5	21,0	0,07	8,91E-06
10	20,0	0,07	9,43E-06
15	21,0	0,07	8,91E-06
20	16,0	0,05	7,55E-06
25	16,0	0,05	7,55E-06
30	16,0	0,05	7,55E-06
35	15,0	0,05	7,08E-06
40	15,0	0,05	7,08E-06
45	14,0	0,05	6,60E-06
PROMEDIO	1094	0,06	8,07E-06

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,915	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	8,07E-06 m/s
			8,07E-04 cm/s
			6,97E-01 m/día

**OBSERVACIONES:**

A





**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
CLAVE: P03/2529  
FECHA: 03/09/2013  
SONDEO: S-2/L2 (20,5 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 20,5 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 2751,5 l / 2,7515 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 4,90 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 10,50 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,60 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 5,2    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 1,13 l/s / 1,13E-03 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 20,0 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

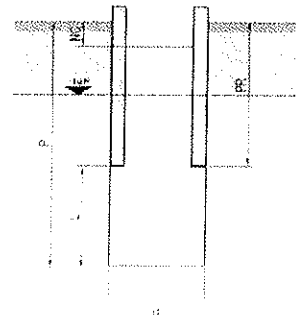
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: Gravas mal graduadas (GP) sin arenas (lavadas).

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

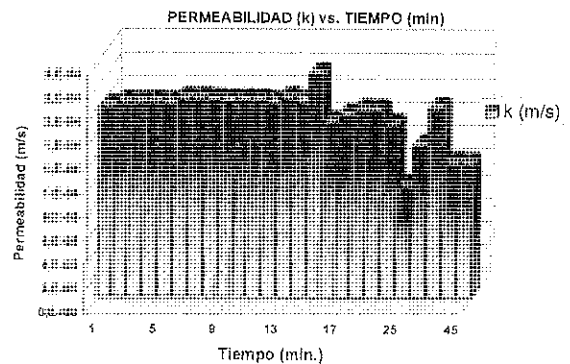
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	70,3	1,17	1,59E-04
2	71,8	1,20	1,62E-04
3	71,7	1,20	1,62E-04
4	71,8	1,20	1,62E-04
5	71,6	1,19	1,62E-04
6	73,0	1,22	1,65E-04
7	73,1	1,22	1,65E-04
8	72,6	1,21	1,64E-04
9	72,4	1,21	1,64E-04
10	72,5	1,21	1,64E-04
11	72,5	1,21	1,64E-04
12	71,8	1,20	1,62E-04
13	73,3	1,22	1,66E-04
14	72,3	1,21	1,63E-04
15	82,4	1,37	1,86E-04
16	64,5	1,08	1,46E-04
17	67	1,12	1,51E-04
18	68,9	1,15	1,56E-04
19	68,7	1,15	1,55E-04
20	63,5	1,06	1,44E-04
25	204,3	0,88	8,24E-05
30	279,1	0,93	1,26E-04
35	349,1	1,16	1,58E-04
40	247,1	0,82	1,12E-04
45	246,2	0,82	1,11E-04
PROMEDIO	2751,5	1,13	1,63E-04

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,341	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	1,53E-04 m/s
			1,53E-02 cm/s
			1,32E+01 m/día

**OBSERVACIONES:**





ProInversión

Plataforma Inversión Ejecutoria



**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
CLAVE: P03/2529  
FECHA: 04/09/2013  
SONDEO: S-2/L.2 (25,35 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 25,35 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 983,5 l / 0,9835 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 4,90 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,55 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,70 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 5,7    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,37 l/s / 3,69E-04 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 24,8 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO:

Limos con arenas finas (ML) con gravas de 2 a 4 cm y bolonera (GP) de 5 a 15 cm de diámetro de origen volcánico.

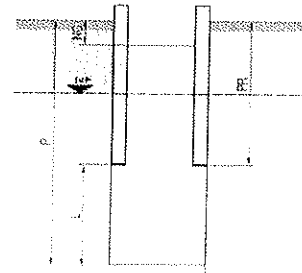
UNIDAD ESTRATIGRÁFICA:

Aglomerado de Lima

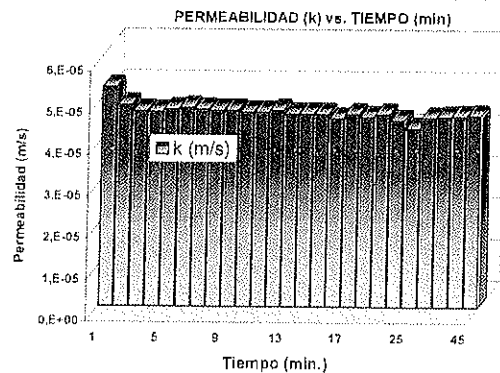
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	25,0	0,42	5,25E-05
2	23,0	0,38	4,83E-05
3	22,3	0,37	4,68E-05
4	22,2	0,37	4,66E-05
5	22,5	0,38	4,73E-05
6	22,7	0,38	4,77E-05
7	22,5	0,38	4,73E-05
8	22,4	0,37	4,70E-05
9	22,4	0,37	4,70E-05
10	22,2	0,37	4,66E-05
11	22,2	0,37	4,66E-05
12	22,4	0,37	4,70E-05
13	22	0,37	4,62E-05
14	22	0,37	4,62E-05
15	22	0,37	4,62E-05
16	21,5	0,36	4,52E-05
17	22	0,37	4,62E-05
18	21,7	0,36	4,56E-05
19	22	0,37	4,62E-05
20	21,3	0,35	4,47E-05
25	102	0,34	4,28E-05
30	108,1	0,36	4,54E-05
35	108,6	0,36	4,56E-05
40	109,1	0,36	4,58E-05
45	109,4	0,36	4,60E-05
PROMEDIO	983,5	0,37	4,68E-05

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,417	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	4,65E-05 m/s
			4,65E-03 cm/s
			4,02E+00 m/día

**OBSERVACIONES:**



Handwritten signature



**ENSAYO LEFRANC**  
**NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
CLAVE: P03/2529  
FECHA: 05/09/2013  
SONDEO: S-2/L2 (30,45 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 30,45 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 141,1 l / 0,1411 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 4,90 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,45 m  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -1,19 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 4,7    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,05 l/s / 5,41E-05 m<sup>3</sup>/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 30,0 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.

**GEOLOGÍA:**

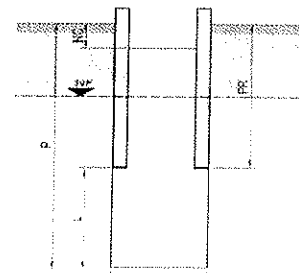
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: Arenas finas a medias (SP) y arcillas plásticas (CL) de color marrón rojizo.

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

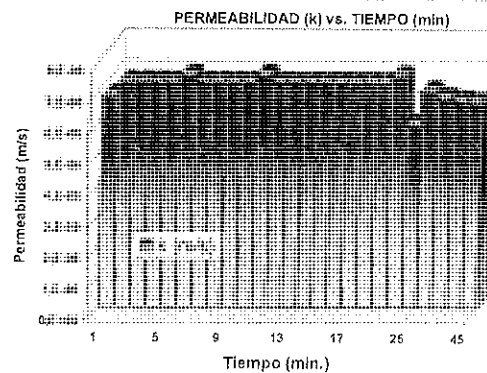
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	3,1	0,05	6,72E-06
2	3,3	0,06	7,15E-06
3	3,3	0,06	7,15E-06
4	3,3	0,06	7,15E-06
5	3,3	0,06	7,15E-06
6	3,4	0,06	7,37E-06
7	3,3	0,06	7,15E-06
8	3,3	0,06	7,15E-06
9	3,3	0,06	7,15E-06
10	3,3	0,06	7,15E-06
11	3,4	0,06	7,37E-06
12	3,3	0,06	7,15E-06
13	3,3	0,06	7,15E-06
14	3,3	0,06	7,15E-06
15	3,3	0,06	7,15E-06
16	3,3	0,06	7,15E-06
17	3,3	0,06	7,15E-06
18	3,3	0,06	7,15E-06
19	3,3	0,06	7,15E-06
20	3,4	0,06	7,37E-06
26	13,4	0,04	5,81E-06
30	15,9	0,05	6,89E-06
35	15,4	0,05	6,67E-06
40	15,2	0,05	6,59E-06
45	15,1	0,05	6,54E-06
PROMEDIO	141,1	0,05	7,03E-06

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	1,263	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	7,03E-06 m/s
			7,03E-04 cm/s
			6,07E-01 m/día

**OBSERVACIONES:**



*Handwritten signature or mark.*



**ENSAYO LEFRANC**  
**NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
CLAVE: P03/2529  
FECHA: 30/09/2013  
SONDEO: S-1/L4 (23,20 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 23,2 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,08 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 602,4 l  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 6,60 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,15 m    0,6024 m<sup>3</sup>  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -1,38 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 2,0    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,23 l/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 23,05 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.    2,31E-04 m<sup>3</sup>/s

**GEOLOGÍA:**

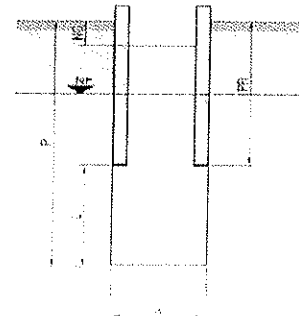
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: Grava mal gradada (GP). Gravas en matriz arenosa fina, lavada por la perforación. Gravas polimíticas subangulosas de tamaño de 2 a 10 cm.

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

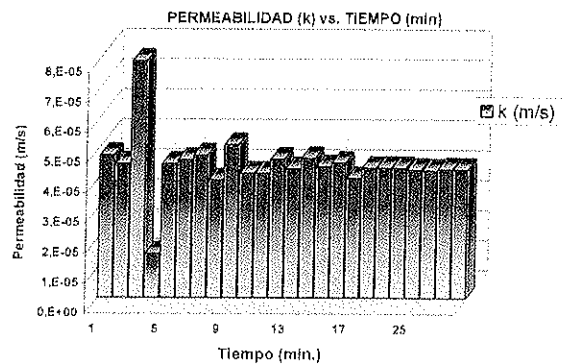
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	115,4	1,92	3,66E-04
2	14,9	0,25	4,73E-05
3	14,0	0,23	4,44E-05
4	24,8	0,41	7,87E-05
5	4,6	0,08	1,46E-05
6	14,0	0,23	4,44E-05
7	14,4	0,24	4,57E-05
8	14,9	0,25	4,73E-05
9	12,3	0,21	3,90E-05
10	16,0	0,27	5,08E-05
11	13	0,22	4,12E-05
12	13	0,22	4,12E-05
13	14,5	0,24	4,60E-05
14	13,5	0,23	4,28E-05
15	14,6	0,24	4,63E-05
16	13,7	0,23	4,35E-05
17	14,1	0,24	4,47E-05
18	12,5	0,21	3,97E-05
19	13,6	0,23	4,32E-05
20	13,6	0,23	4,32E-05
25	67,9	0,23	4,31E-05
30	67,1	0,22	4,26E-05
35	66,6	0,22	4,23E-05
40	67,5	0,23	4,28E-05
45	67,3	0,22	4,27E-05
PROMEDIO	602,4	0,23	5,69E-05

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**



**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	0,66	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	4,41E-05 m/s
			4,41E-03 cm/s
			3,81E+00 m/día

**OBSERVACIONES:**



**ENSAYO LEFRANC  
NIVEL CONSTANTE**

PROYECTO: Metro de Lima L2/L4  
CLAVE: P03/2529  
FECHA: 05/10/2013  
SONDEO: S-1/L4 (31,0 m)

**DATOS DEL ENSAYO:**

PROF. PERFORACIÓN (P): 31,0 m    DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m    VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 3996,6 l  
 PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 8,82 m    LONGITUD ENSAYADA (L): 0,20 m    3,9966 m³  
 PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,46 m    COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 2,1    CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 1,55 l/s  
 PROF. REVESTIMIENTO (PR): 30,8 m    DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.    1,55E-03 m³/s

**GEOLOGÍA:**

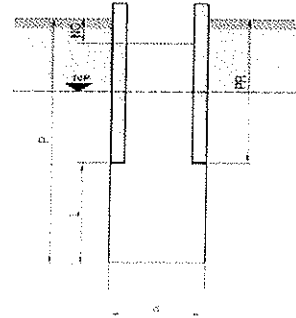
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO: SP/SW. Arenas con gravas. Las arenas son lavadas por la perforación. Se recuperan gravas polimíticas, subangulosas de 2 a 9 cm de tamaño.

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA: Aglomerado de Lima

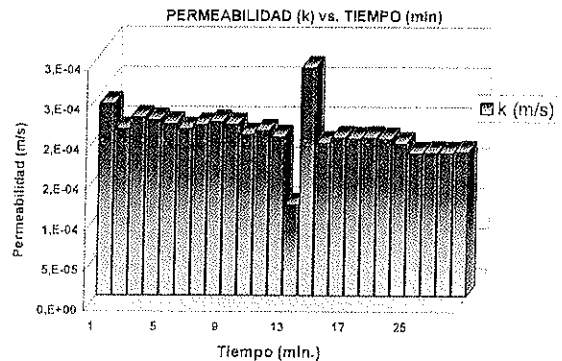
**MEDICIONES:**

TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	99,7	1,66	2,16E-04
2	110,2	1,84	2,38E-04
3	95,6	1,59	2,07E-04
4	102,4	1,71	2,21E-04
5	101,0	1,68	2,18E-04
6	98,7	1,65	2,13E-04
7	95,8	1,60	2,07E-04
8	98,2	1,64	2,12E-04
9	99,9	1,67	2,16E-04
10	98,4	1,64	2,13E-04
11	92,7	1,55	2,00E-04
12	94,9	1,58	2,05E-04
13	91,2	1,52	1,97E-04
14	52,1	0,87	1,13E-04
15	131,1	2,19	2,83E-04
16	87,8	1,46	1,90E-04
17	90,9	1,52	1,97E-04
18	90,3	1,51	1,95E-04
19	90,9	1,52	1,97E-04
20	90,1	1,50	1,95E-04
25	437,8	1,46	1,89E-04
30	410	1,37	1,77E-04
35	411,8	1,37	1,78E-04
40	411	1,37	1,78E-04
45	414,1	1,38	1,79E-04
PROMEDIO	3996,6	1,55	2,01E-04

**ESQUEMA DEL ENSAYO:**



**GRÁFICA DEL ENSAYO:**




**RESULTADOS:**

COEFICIENTE DE FORMA (C):	0,85	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	2,01E-04 m/s
			2,01E-02 cm/s
			1,74E+01 m/día

**OBSERVACIONES:**



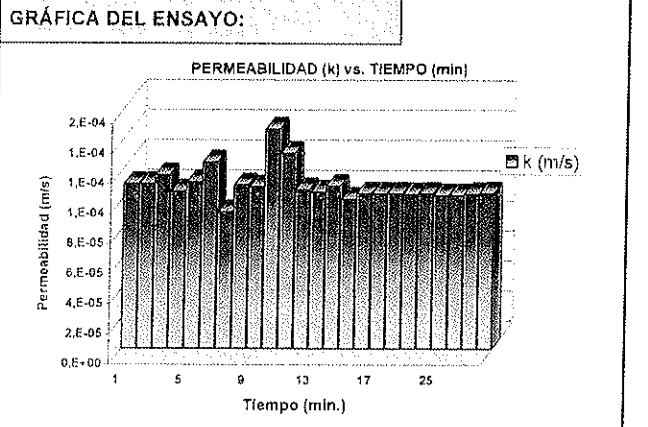
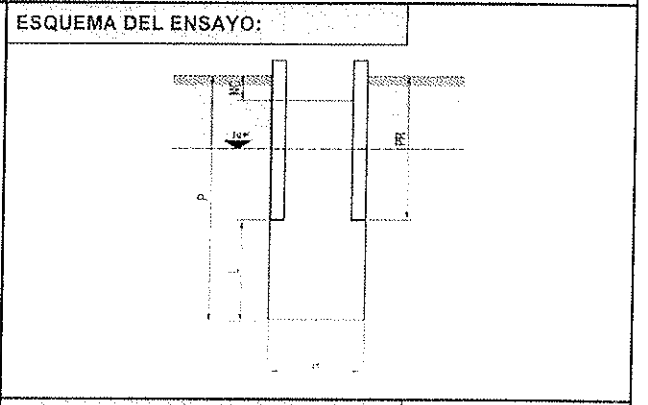


	<p><b>ENSAYO LEFRANC</b></p> <p><b>NIVEL CONSTANTE</b></p>	<p>PROYECTO: Metro de Lima L2/L4</p> <p>CLAVE: P03/2529</p> <p>FECHA: 05/10/2013</p> <p>SONDEO: S-2/L4 (15,0 m)</p>
---	--	---

<b>DATOS DEL ENSAYO:</b>			
PROF. PERFORACIÓN (P):	15,0 m	DIÁMETRO PERFORACIÓN (d):	0,10 m
PROF. NIVEL FREÁTICO (NF):	8,62 m	LONGITUD ENSAYADA (L):	0,20 m
PROF. NIVEL CONSTANTE (NC):	-0,46 m	COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d):	2,1
PROF. REVESTIMIENTO (PR):	14,8 m	DURACIÓN DEL ENSAYO (T):	45 min.
		VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V):	2198,7 l 2,1987 m <sup>3</sup>
		CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q):	0,83 l/s 8,34E-04 m <sup>3</sup> /s

<b>GEOLOGÍA:</b>	
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO:	Grava mel gradada (GP). Gravas en matriz arenosa media a gruesa, subangulosas a subredondeadas, polimicticas, de 0,5 a 11 cm de tamaño.
UNIDAD ESTRATIGRÁFICA:	Aglomerado de Lima


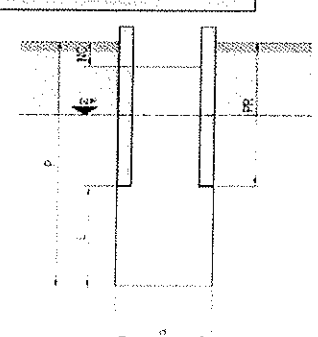
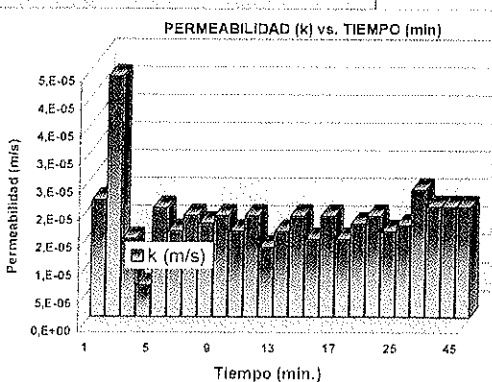
<b>MEDICIONES:</b>			
TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)
1	51,2	0,85	1,11E-04
2	50,5	0,84	1,09E-04
3	50,5	0,84	1,09E-04
4	53,3	0,89	1,15E-04
5	48,2	0,80	1,04E-04
6	51,1	0,85	1,10E-04
7	57,3	0,96	1,24E-04
8	41,9	0,70	9,06E-05
9	50,2	0,84	1,09E-04
10	49,6	0,83	1,07E-04
11	67,4	1,12	1,48E-04
12	60,1	1,00	1,30E-04
13	48,9	0,82	1,06E-04
14	48,1	0,80	1,04E-04
15	49,9	0,83	1,08E-04
16	45,9	0,76	9,92E-05
17	47,6	0,79	1,03E-04
18	47,5	0,79	1,03E-04
19	47,5	0,79	1,03E-04
20	47,3	0,79	1,02E-04
25	237,7	0,79	1,03E-04
30	235,5	0,79	1,02E-04
35	235,2	0,78	1,02E-04
40	237,4	0,79	1,03E-04
45	238,9	0,80	1,03E-04
PROMEDIO	2198,7	0,83	1,08E-04



<b>RESULTADOS:</b>			
COEFICIENTE DE FORMA (C):	0,85	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):	1,08E-04 m/s
			1,08E-02 cm/s
			9,35E+00 m/día

<b>OBSERVACIONES:</b>



	<h2 style="margin:0;">ENSAYO LEFRANC</h2> <h3 style="margin:0;">NIVEL CONSTANTE</h3>	<p>PROYECTO: Metro de Lima L2/L4</p> <p>CLAVE: P03/2629</p> <p>FECHA: 03/10/2013</p> <p>SONDEO: S-4/L4 (20,0 m)</p>																																																																																																											
<b>DATOS DEL ENSAYO:</b>																																																																																																													
<p>PROF. PERFORACIÓN (P): 20,0 m</p> <p>PROF. NIVEL FREÁTICO (NF): 13,30 m</p> <p>PROF. NIVEL CONSTANTE (NC): -0,79 m</p> <p>PROF. REVESTIMIENTO (PR): 19,8 m</p>	<p>DIÁMETRO PERFORACIÓN (d): 0,10 m</p> <p>LONGITUD ENSAYADA (L): 0,20 m</p> <p>COEF. ZONA DE ENSAYO (L/d): 2,1</p> <p>DURACIÓN DEL ENSAYO (T): 45 min.</p>	<p>VOLUMEN TOTAL ADMITIDO (V): 603 l / 0,603 m<sup>3</sup></p> <p>CAUDAL MEDIO OBTENIDO (Q): 0,21 l/s / 2,13E-04 m<sup>3</sup>/s</p>																																																																																																											
<b>GEOLOGÍA:</b>																																																																																																													
LITOLOGÍA TRAMO ENSAYADO:	Gravas mal graduadas (GP) sin arenas (lavadas).																																																																																																												
UNIDAD ESTRATIGRÁFICA:	Aglomerado de Lima																																																																																																												
<b>MEDICIONES:</b>																																																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TIEMPO (min.)</th> <th>V (l)</th> <th>Q (l/s)</th> <th>K (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>15,0</td><td>0,25</td><td>2,09E-05</td></tr> <tr><td>2</td><td>31,0</td><td>0,52</td><td>4,32E-05</td></tr> <tr><td>3</td><td>10,0</td><td>0,17</td><td>1,39E-05</td></tr> <tr><td>4</td><td>4,0</td><td>0,07</td><td>5,57E-06</td></tr> <tr><td>5</td><td>14,0</td><td>0,23</td><td>1,95E-05</td></tr> <tr><td>6</td><td>11,0</td><td>0,18</td><td>1,53E-05</td></tr> <tr><td>7</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>8</td><td>12,0</td><td>0,20</td><td>1,67E-05</td></tr> <tr><td>9</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>10</td><td>11,0</td><td>0,18</td><td>1,53E-05</td></tr> <tr><td>11</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>12</td><td>9,0</td><td>0,15</td><td>1,25E-05</td></tr> <tr><td>13</td><td>11,0</td><td>0,18</td><td>1,53E-05</td></tr> <tr><td>14</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>15</td><td>10,0</td><td>0,17</td><td>1,39E-05</td></tr> <tr><td>16</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>17</td><td>10,0</td><td>0,17</td><td>1,39E-05</td></tr> <tr><td>18</td><td>12,0</td><td>0,20</td><td>1,67E-05</td></tr> <tr><td>19</td><td>13,0</td><td>0,22</td><td>1,81E-05</td></tr> <tr><td>20</td><td>11,0</td><td>0,18</td><td>1,53E-05</td></tr> <tr><td>25</td><td>59,0</td><td>0,20</td><td>1,64E-05</td></tr> <tr><td>30</td><td>82,0</td><td>0,27</td><td>2,29E-05</td></tr> <tr><td>35</td><td>71,0</td><td>0,24</td><td>1,98E-05</td></tr> <tr><td>40</td><td>71,0</td><td>0,24</td><td>1,98E-05</td></tr> <tr><td>45</td><td>71,0</td><td>0,24</td><td>1,98E-05</td></tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>603</td> <td>0,21</td> <td>1,78E-05</td> </tr> </tbody> </table>	TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)	1	15,0	0,25	2,09E-05	2	31,0	0,52	4,32E-05	3	10,0	0,17	1,39E-05	4	4,0	0,07	5,57E-06	5	14,0	0,23	1,95E-05	6	11,0	0,18	1,53E-05	7	13,0	0,22	1,81E-05	8	12,0	0,20	1,67E-05	9	13,0	0,22	1,81E-05	10	11,0	0,18	1,53E-05	11	13,0	0,22	1,81E-05	12	9,0	0,15	1,25E-05	13	11,0	0,18	1,53E-05	14	13,0	0,22	1,81E-05	15	10,0	0,17	1,39E-05	16	13,0	0,22	1,81E-05	17	10,0	0,17	1,39E-05	18	12,0	0,20	1,67E-05	19	13,0	0,22	1,81E-05	20	11,0	0,18	1,53E-05	25	59,0	0,20	1,64E-05	30	82,0	0,27	2,29E-05	35	71,0	0,24	1,98E-05	40	71,0	0,24	1,98E-05	45	71,0	0,24	1,98E-05	PROMEDIO	603	0,21	1,78E-05	<div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>ESQUEMA DEL ENSAYO:</b></div>  <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>GRÁFICA DEL ENSAYO:</b></div> 
TIEMPO (min.)	V (l)	Q (l/s)	K (m/s)																																																																																																										
1	15,0	0,25	2,09E-05																																																																																																										
2	31,0	0,52	4,32E-05																																																																																																										
3	10,0	0,17	1,39E-05																																																																																																										
4	4,0	0,07	5,57E-06																																																																																																										
5	14,0	0,23	1,95E-05																																																																																																										
6	11,0	0,18	1,53E-05																																																																																																										
7	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
8	12,0	0,20	1,67E-05																																																																																																										
9	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
10	11,0	0,18	1,53E-05																																																																																																										
11	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
12	9,0	0,15	1,25E-05																																																																																																										
13	11,0	0,18	1,53E-05																																																																																																										
14	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
15	10,0	0,17	1,39E-05																																																																																																										
16	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
17	10,0	0,17	1,39E-05																																																																																																										
18	12,0	0,20	1,67E-05																																																																																																										
19	13,0	0,22	1,81E-05																																																																																																										
20	11,0	0,18	1,53E-05																																																																																																										
25	59,0	0,20	1,64E-05																																																																																																										
30	82,0	0,27	2,29E-05																																																																																																										
35	71,0	0,24	1,98E-05																																																																																																										
40	71,0	0,24	1,98E-05																																																																																																										
45	71,0	0,24	1,98E-05																																																																																																										
PROMEDIO	603	0,21	1,78E-05																																																																																																										
<b>RESULTADOS:</b>																																																																																																													
COEFICIENTE DE FORMA (C):	0,85	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (k):																																																																																																											
		1,78E-05 m/s																																																																																																											
		1,78E-03 cm/s																																																																																																											
		1,54E+00 m/día																																																																																																											
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																													



A.4	A) DISEÑO DE INGENIERÍA
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

## A.4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO.

### APÉNDICE 4. REGISTROS DE LA INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACCION SIMICA  
PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FALCETT - AV. GAMBITTA DE LA RED BASICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO



Solicitado por:

GEOCONSULT S.A.  
Calle Trinidad y Morán 890  
Lince, Lima – Perú



Preparado por:

GEOINSTRUMENTS INTERNATIONAL  
S.A.C.



Septiembre – 2013

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



A

ÍNDICE

1.0	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.	<u>ANTECEDENTES</u> .....	3
1.2.	<u>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</u> .....	3
1.3.	<u>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</u> .....	3
1.4.	<u>PERSONAL RESPONSABLE</u> .....	3
2.0	DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIO.....	4
2.1.	<u>PRINCIPIO DE REFRACCIÓN SÍSMICA</u> .....	4
2.2.	<u>DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA</u> .....	4
2.3.	<u>PRINCIPIO DE MASW</u> .....	6
2.4.	<u>PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS GENERALES</u> .....	7
3.0	INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO.....	8
3.1.	<u>EQUIPO DE REFRACCIÓN SÍSMICA (RF)</u> .....	8
3.1.1.	<u>PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN DE REFRACCIÓN SÍSMICA</u> .....	9
3.2.	<u>EQUIPO DE MASW</u> .....	9
4.0	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE CAMPO .....	10
5.0	PROCESAMIENTO E INTERPRETACION.....	10
5.1.	<u>ANÁLISIS DE REGISTROS Y CALIFICACIÓN DE DATOS</u> .....	11
5.2.	<u>PROCESAMIENTO DE DATOS</u> .....	11
5.3.	<u>INTERPRETACIÓN</u> .....	11
6.0	PRESENTACION DE RESULTADOS .....	12
6.1.	<u>REFRACCIÓN SÍSMICA</u> .....	12
6.2.	<u>MASW</u> .....	15
7.0	CONCLUSIONES.....	24
8.0	ANEXOS.....	25
8.1.	PLANOS DE UBICACIÓN (PU-01) .....	26
8.2.	PERFILES DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS.....	27
8.3.	PERFILES DE MASW Y GRÁFICOS VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA.....	28
8.4.	GALERÍA DE FOTOS .....	29
8.5.	ECUACIONES MATEMÁTICAS (PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS).....	35
8.6.	TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (NORMA IBC 2000 Y NEHRP).....	37
8.7.	TABLA DE DENSIDADES (TELLFORD ET AL, 2001.) .....	39



## 1.0 INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La Empresa **GEOCONSULT S.A.** solicitó a la Empresa **GEOINSTRUMENTS INTERNATIONAL S.A.C.** la realización del Programa de Investigaciones de MASW y Refracción Sísmica "Proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao".

### 1.2. Objetivos del Estudio

En general; el presente estudio permitirá obtener un modelo de velocidades ( $V_p$  y  $V_s$ ) a manera de estratos y la potencia de los mismos; también, se calculará para cada perfil interpretado los parámetros dinámicos del modelo de velocidades definido para cada línea sísmica de estudio.

### 1.3. Ubicación de la Zona de Estudio

El Estudio Geofísico se realizó en la Provincia de Lima y la Provincia constitucional del Callao del Departamento de Lima.

La ubicación de las líneas geofísicas y los puntos MASW, con sus respectivas coordenadas, se presentan en el Anexo 8.1.

### 1.4. Personal Responsable

La supervisión y el control de calidad del estudio se encuentra bajo el cargo del Ing. Freddy Callo, el levantamiento en campo estuvo bajo la responsabilidad de la Ing. Rocío Machaca.

En la tabla Nro. 1.1 se menciona a todo el personal que participó en el Estudio Geofísico.

**Tabla Nro. 1.1: Personal Participante del Estudio Geofísico**

Profesional	Cargo	Función
Ing. Freddy Ccallo	Ingeniero Geofísico	Control de calidad e interpretación del levantamiento geofísico
Ing. Rocío Machaca	Geofísica de Campo	Responsable del levantamiento en campo.
Ing. Anthony Lopez	Geofísico de Campo	Apoyo en campo
Ing. André Medina	Geofísico de Campo	Apoyo en campo
Ing. Wilber Quispe	Geólogo de Campo	Apoyo en campo

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



## 2.0 DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIO

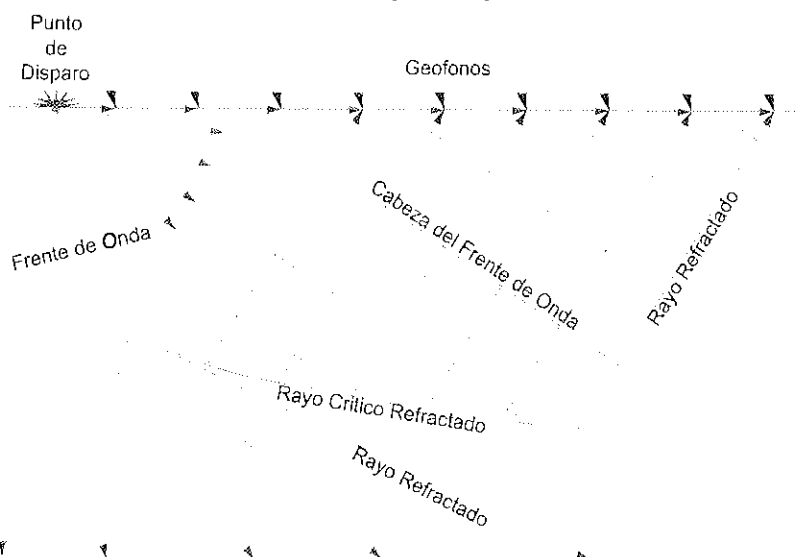
### 2.1. Principio de Refracción Sísmica

El principio de Refracción Sísmica se basa en la propagación de ondas sísmicas, ondas P, originadas mediante súbitas deformaciones del terreno originadas en la superficie (disparos de escopeta y/o iterativos golpes de una comba sobre una placa metálica). Dicho fenómeno de deformación de corteza generan frentes de onda que viajan por el subsuelo. Estos frentes de onda o simplemente ondas sísmicas, al encontrar interfaces entre dos medios con propiedades elásticas diferentes, provocan que parte de su energía continúe penetrando a mayor profundidad y otra parte viaje por la interfaz y regrese a la superficie donde es registrada por los geófonos.

La onda o fase sísmica P llega a los geófonos pasado un tiempo "ti" denominado Tiempo de Arribo, el cual va a depender principalmente de la distancia "di", comprendida entre el punto de disparo y su recorrido por el subsuelo hasta llegar al geófono. Sin embargo, este tiempo se ve afectado por las propiedades de elasticidad y de densidad del medio por el cual viaja. Cabe señalar que el método de refracción sísmica está limitado a determinar capas de velocidades crecientes con las profundidades de investigación.

### 2.2. Descripción del Método de Refracción Sísmica

Una vez establecidos los objetivos de la exploración sísmica y determinado el lugar del levantamiento, en cada línea sísmica se fijan los intervalos de espaciamiento Fuente – Geófonos (según arreglo de campo) y Geófono - Geófono (5 m), con la finalidad de obtener la mayor precisión en los tiempo de arribo en cada geófono a partir de la señal sísmica y lograr la profundidad requerida en los objetivos. En el esquema 2.1 se visualiza un arreglo de geófonos convencional.



Esquema 2.1: Tendido Sísmico Característico

En general, el arribo de los frentes de onda produce vibraciones que son registrados en cada uno de los geófonos y estos son amplificados por el sismógrafo, para finalmente ser visualizados en la pantalla de una Computadora Personal. El Esquema 2.2 nos muestra un sismograma o vibración del terreno mediante la excitación artificial para un arreglo de 24 geófonos.

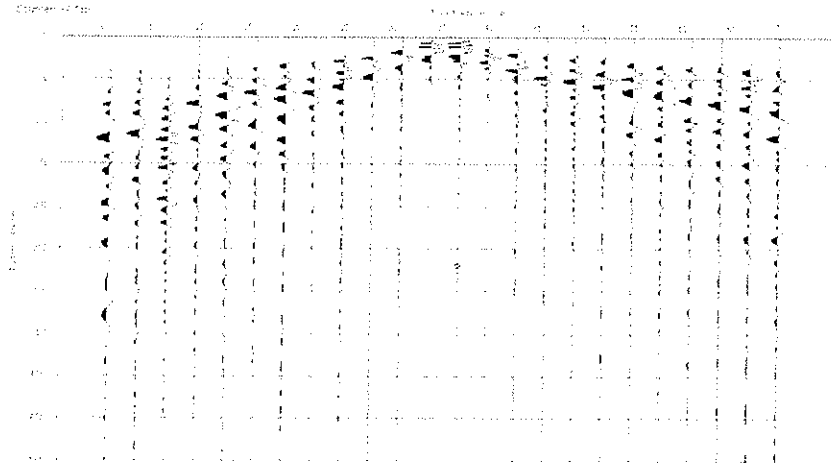


Figura 2.2: Ejemplo Típico de un Sismograma Sísmico

Los tipos de fases sísmicas empleados para estudios sísmicos aplicados a ingeniería son la "P" y la "S". La fase P, que es la que se emplea para estudios de Refracción Sísmica, se genera empleando explosivos, pistola, golpe con martillo semi-hidráulico, golpe al dejar caer un determinado cuerpo de una masa considerable y mediante un fuerte golpe con un martillo y/o comba.

Asimismo, en comparación con la fase P, la fase "S" tiene un mecanismo más complicado de generarse, para ello se emplean metodologías complejas en campo. El análisis de dicha fase se emplea en ingeniería para determinar los módulos elásticos dinámicos, períodos fundamentales de vibración, estabilidad de cortes para la construcción de bordos, presas, túneles, estabilidad de masas rocosas, construcción de plantas nucleares, puentes y edificios, entre otros.

Del mismo modo, el análisis de la onda o fase S, también conocida como señal de corte, se ve dificultado por la presencia en el registro de otras fases que se generan por el tránsito de la energía en el subsuelo conocidas como fases por refracciones, por reflexión, por difracción y fases superficiales (Rayleigh y Love); así también por el ruido natural y cultural.

Básicamente existen cuatro métodos geofísicos para obtener las Velocidades de las ondas de corte, "Vs", ellas son: Cross hole, Down hole, Up hole, y MAWS, esta última es la manera más común, mediante geófonos de componentes horizontal. Sin embargo, en casos prácticos y de manera indirecta y empleando relaciones matemáticas, se le puede obtener.



Tabla 2.1: Relación de Velocidades ( $V_p/V_s$ ) con valores de Poisson ( $\sigma$ )

$V_p/V_s$	1.63	1.73	1.87
$\sigma$	0.20	0.25	0.30

De la Tabla 2.1, se puede indicar que los valores a utilizarse dependen fundamentalmente de las condiciones físicas del medio en el cual se propagan las ondas sísmicas, por lo tanto el coeficiente de Poisson debería ser similar, sin embargo la relación no se presenta así por lo que se infiere que el interior del suelo no es homogéneo y para ello se llevaron a cabo métodos como el de Wadati para determinar directamente las proporciones de  $V_p/V_s$ , siendo este método utilizado ampliamente para el análisis de estructuras (Ukawa y Fukao, 1981).

### 2.3. Principio de MASW

El ensayo MASW, o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal, se define según la dispersión o el cambio en velocidad de fase respecto a la frecuencia, la cual es la propiedad fundamental utilizada en métodos de onda de superficie. La velocidad de onda de corte puede ser derivada invirtiendo la velocidad de fase dispersiva de las ondas superficiales. La dispersión de ondas de superficie puede ser significativa en presencia de capas de velocidad, lo cual es común en ambientes cercanos a la superficie (superiores a 100 m). Existen otros tipos de ondas de superficie (ondas que se propagan a lo largo de la superficie de la tierra), pero para esta aplicación, se enfoca en las ondas Rayleigh, también conocidas como "ground roll". Por ello, el término onda superficial, cuando se usa en la SASW (Spectral Analysis of Surface Wave), MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) o MAM (Micro-Tremor Array Measurement) refiere básicamente a las ondas Rayleigh.

Existen dos maneras en que las ondas superficiales son generadas: Fuentes activas, cuando la energía es ocasionada intencionalmente en una ubicación específica, registrando los datos en el momento en que se genera la energía. Asimismo, también existen las fuentes pasivas, o estudios de micro tremores donde el registro y el movimiento son continuos, la energía ambiental es generada por ruido cultural, tráfico, fábricas, viento, movimiento ondulatorio, entre otros; y es registrada.

La energía de las ondas de superficie decae exponencialmente con la profundidad. La energía, o también amplitud de una frecuencia en particular, es dependiente de la relación entre la profundidad y la longitud de onda. Entonces, para cada frecuencia, la amplitud decrece proporcional a la profundidad e inverso a la longitud de onda. Esto significa que para una longitud de onda más larga (periodo más largo y frecuencia más baja), las ondas superficiales viajan más profundo y de este modo contiene más información de una estructura de velocidad más profunda; sin embargo, para una longitud de ondas más corta (periodo corto y alta frecuencia) la onda de superficie viaja a poca

profundidad y de este modo contiene más información de estructuras de velocidad más superficiales.

Por su naturaleza y proximidad al dispositivo de geófonos, se puede decir que las fuentes activas de ondas superficiales resuelven la estructura de velocidad poco profunda; y las fuentes pasivas de ondas superficiales muestran la estructura de velocidad profunda. A partir de la sección superficial se puede tener un impacto relativamente grande en el perfil de velocidad de onda de corte promedio, esto es importante para mostrar suficientemente las variaciones en profundidades más superficiales.

#### 2.4. Parámetros Pseudo Dinámicos Generales

**Velocidad de Corte:** Las ondas S (secundarias), son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la velocidad de las ondas primarias, para este estudio es obtenida a través del MASW.

Debido a ello, éstas aparecen en el terreno después que las primeras ondas. La velocidad de propagación de las ondas S en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte  $\mu$  y de la densidad  $\rho$  del material siendo su relación:

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

**Módulo de Poisson:** Nombrado en honor a Simeon Poisson, es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de una partícula de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

Si se toma un prisma mecánico fabricado en el material cuyo coeficiente de Poisson pretendemos medir y se somete este prisma a una fuerza de tracción aplicada sobre sus bases superior e inferior, el coeficiente de Poisson se puede medir como: la razón entre el alargamiento longitudinal producido dividido por el acortamiento de una longitud situada en un plano perpendicular a la dirección de la carga aplicada. Este valor coincide igualmente con el cociente de deformaciones, de hecho la fórmula usual para el Coeficiente de Poisson es:

$$\nu = - \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$

**Módulo de Corte y Volumétrico:** No obstante, en mecánica de suelos suele trabajarse con otros dos parámetros elásticos, el módulo volumétrico K y el módulo de corte G, que dividen las deformaciones elásticas o recuperables en una parte volumétrica (cambio de volumen manteniendo la forma) y en una parte distorsional (cambio de forma

manteniendo el volumen), respectivamente. Ambos pueden obtenerse a partir de los valores de E (Modulo de Young) y  $\nu$  (Velocidad) tal como se expone a continuación.

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

**Módulo de Young:** El módulo de elasticidad o módulo de Young es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero: si se tracciona una barra, aumenta de longitud, no disminuye. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young. Tanto el módulo de Young como el límite elástico son distintos para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente con base al ensayo de tracción del material.

Como se ha explicado para un material elástico lineal el módulo de elasticidad longitudinal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de deformaciones). En este caso su valor se define mediante el coeficiente de la tensión y de la deformación que aparecen en una barra recta estirada que esté fabricada en el material para el cual pretendemos estimar el módulo de elasticidad de la siguiente manera:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Todos estos parámetros son estimados y determinados cuantitativamente en laboratorio, pero determinado los valores de la velocidad de la onda P ( $V_p$ ) en cada registro y la densidad ( $d$ ) definida por cada capa sísmica, se pueden calcular matemáticamente los parámetros pseudo dinámicos.

### 3.0 INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO

De acuerdo a la política de la empresa los instrumentos utilizados son de alta tecnología y calidad y cuyo formato de adquisición es digital.

La necesidad de usar este tipo de equipos es para que el cliente pueda analizar a través de diversos softwares especializados la calidad de los datos o la reinterpretación de las mismas.

#### 3.1. Equipo de Refracción Sísmica (RF)

El levantamiento se realizó empleando el siguiente equipo:

- Sismógrafo de marca Geometrics, modelo ES-3000. Incluye accesorios

- Computadora personal con software de adquisición ESOS
- Un cable sísmicos de 24 canales
- 24 geófonos 14.5 Hz.
- Cable de contacto de Percutor Sísmico (HammerSwitch Cable)
- Percutor sísmico
- Baterías de 12 V

La unidad de registro es controlada a través de una computadora portátil usando el software ESOS, el cual incluye rutinas de lecturas interactivas de los primeros arribos de las ondas refractadas, que sirven para optimizar la toma de datos. Esta opción de lectura permite sumar datos de múltiples impactos, permitiendo mejorar la señal sísmica/ruido. Con ello se podrá definir mejor los cambios de velocidad en profundidad y así poder determinar el número de capas para cada estudio.

### 3.1.1. Parámetros de Adquisición de Refracción Sísmica

Los parámetros de levantamiento de campo son los siguientes:

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Mediciones	$t$ , Tiempo de Arribo de P
Arreglo de geófonos	24 unidades
Intervalo entre geófonos	3 m.
Ganancia de Pre amplificación	24Db.
Filtros	No se utilizó
Intervalo de muestreo	0.250 milisegundos
Fuente de Tiro	Percutor sísmico.
Formato de Grabación	archivos *.dat

### 3.2. Equipo de MASW

Para este levantamiento, se empleó el mismo equipo que la refracción sísmica, pero adicionando algunos accesorios:

- ✓ 02 Sismógrafos Digitales de 24 canales; Marca Geometrics y Modelo ES-3000.
- ✓ Laptop de 8 celdas con software de adquisición Seismodule Controller.
- ✓ 01 cable sísmico de 24 canales con espaciamento de 3 metros entre geófonos.
- ✓ 24 Geófonos de 4.5 Hz.
- ✓ Cable de contacto entre percutor sísmico y sismógrafo (Hammer Switch).
- ✓ Cable poder de 12 V.
- ✓ Cable interface sismógrafo a laptop (ethernet).
- ✓ Comba de 20 libras.
- ✓ Placa metálica de 25x25 cm.
- ✓ 2 Baterías de 12 Voltios.
- ✓ 100 metros de cable mellizo.
- ✓ 01 caja de herramientas.
- ✓ 04 radios Motorola de comunicación.

- ✓ Equipo de protección personal (guantes, chalecos, cascos y zapatos de protección).

#### 4.0 PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE CAMPO

El procedimiento de campo está dado por las siguientes etapas:

- **Reconocimiento de la Zona de Estudio.** Consiste en hacer un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad y los riesgos/peligros que puedan suscitarse. El resultado de este proceso es mejorar y hasta replantear la ubicación y dirección de las líneas de planteadas en el proyecto, sin causar alguna variación en los objetivos trazados.
- **Instalación de Equipos y Cables.** Este proceso permite ubicar el equipo adecuado, según el número de tendidos previamente planificado. Asimismo, se procede a instalar los cables y los equipos de medición en campo. Cabe señalar que los puntos de adquisición podrán modificarse conforme se adquiere los datos con la intención de mejorar la adquisición y lograr la mejor adquisición de datos.
- **Toma de Datos.** El operador del equipo (sismógrafo), geofísico de campo, define y califica los datos conforme se van adquiriendo, indicando repeticiones o cambio de fuentes de energía o posición del equipo, según sea conveniente o necesario para el levantamiento sobre superficie. Mientras que para el ensayo de pozo se debe reincidir el golpe más fuerte y compacto para la aceptable adquisición.
- **Finalización de Toma de Datos.** En este proceso, culminados todo los shots el operador del equipo comunica al personal el recojo de todo los equipos para la movilización a otro punto. Cabe señalar que al finalizar el levantamiento el responsable de grupo verifica y visualiza la zona de trabajo con la intención de cerciorarse si todo el equipo fue recogido y si no hay restos contaminantes. Caso se presentara, el personal tiene la obligación y responsabilidad ambiental de mitigar el efecto.

#### 5.0 PROCESAMIENTO E INTERPRETACION

El procesamiento e interpretación para los métodos de Refracción Sísmica y MASW se hace netamente en gabinete, empleando para ello software especializados.

A continuación se menciona los criterios principales de procesamiento para este método.

### 5.1. Análisis de Registros y Calificación de Datos

El análisis de registros se aplica a los métodos de Refracción Sísmica y MASW, antes de realizar el procesamiento.

En este proceso se verifica y analiza cada una de las señales obtenidas en campo, calificando cada uno de los registros y sus repeticiones a fin de obtener el registro de mejor calidad para el procesamiento final de datos. Dicho proceso se realiza tanto para la información obtenida por el método de refracción sísmica como para el de MASW.

La calificación de datos consiste en verificar la información obtenida en campo, con el fin de discriminar aquellas que muestren baja calidad.

### 5.2. Procesamiento de Datos

Para el caso de la refracción sísmica, en este proceso se determina el tiempo de arribo de cada señal en cada registro. Para ello se hace uso del software llamado Pickwin versión 3.14.

Una vez obtenidos los tiempos de arribo para cada geófono, a partir de ellos se obtiene las gráficas Tiempo - Distancia, llamadas también "Curvas Dromocrónicas". En dichas graficas se determinan los cambios de pendiente de los tiempos obtenidos para cada geófono, en forma de rectas, de lo cual se deduce por teoría que el inverso de la pendiente "mi" de cada una de las rectas  $r_i$ , representa la Velocidad Aparente  $V_i$ , para un estrato  $i$ . La obtención de las velocidades y espesores de los estratos del modelo obtenido son realizados en el software de procesamiento denominado Plotefra. Dicho procedimiento incluye la corrección por topografía de cada geófono y punto de disparo (Ver Anexo 9.2 y Discusión de Resultados).

Para el caso del MASW, se emplea el paquete de software que corresponde al análisis de ondas superficiales llamado "Surface Wave Analysis Wizard", y el "WaveEq (Surface Wave Analysis)", con lo cual se determina primero un gráfico de Velocidad de fase vs. Frecuencia y la obtención de la curva de dispersión, para luego calcular mediante Inversión la variación en profundidad de la velocidad de Onda de Corte o "S".

### 5.3. Interpretación

Para la refracción sísmica, definidos los estratos de velocidades de cada perfil sísmico y sus potencias, se hace un análisis cualitativo correlacionando dicha información con las observaciones hechas en campo (geología) y apoyándose con información adicional proporcionada por calicatas, perforaciones y artículos de geología regional o local, si lo hubiera. Esto permitirá dar un mayor alcance de lo obtenido con geofísica.

Para el caso del MASW, el análisis y la interpretación es similar a la refracción.

## 6.0 PRESENTACION DE RESULTADOS

Los resultados e interpretación se muestran en las Tablas 6.1 al 6.32 y en el Anexo 8.2 y 8.3, se muestran los perfiles de Refracción Sísmica y MASW. El Perfil de Velocidad Final de la Onda de Corte para cada uno de los puntos de MASW, en los que se aprecia la diferenciación de capas de los perfiles en los que se realizó este ensayo.

### 6.1. Refracción Sísmica

Tabla 6.1 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-1/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-1/L2 (138 m)	01	333	0.2 – 0.8	Material de baja consolidación.
	02	635	2.0 – 3.3	Material de mediana consistencia.
	03	1067	> 30	Material compacto.

Tabla 6.2 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-2/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-2/L2 (138 m)	01	327	0.6 – 1.2	Material de baja consolidación.
	02	663	2.1 – 3.0	Material de mediana consistencia.
	03	1175	> 30	Material compacto.

Tabla 6.3 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-3/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-3/L2 (138 m)	01	395	0.1 – 1.1	Material de baja consolidación.
	02	710	1.9 – 2.5	Material de mediana consistencia.
	03	1236	> 30	Material compacto.

Tabla 6.4 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-4/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-4/L2 (69 m)	01	571	0.3 – 0.6	Material de baja consolidación.
	02	879	1.1 – 2.5	Material de mediana consistencia.
	03	1231	> 30	Material compacto.

Tabla 6.5 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-5/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-5/L2 (69 m)	01	475	0.5 – 1.0	Material de baja consolidación.
	02	723	1.7 – 2.4	Material de mediana consistencia.
	03	1345	> 30	Material compacto.

Tabla 6.6 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-6/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-6/L2 (69 m)	01	565	1.7 – 4.0	Material de baja consolidación.
	02	859	3.5 – 8.6	Material de mediana consistencia.
	03	1299	> 30	Material compacto.

Tabla 6.7 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-6'/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-6'/L2 (69 m)	01	523	1.8 – 2.5	Material de baja consolidación.
	02	833	3.8 – 5.4	Material de mediana consistencia.
	03	1230	> 30	Material compacto.

Tabla 6.8 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-7/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-7/L2 (69 m)	01	730	1.4 – 4.3	Material de baja consolidación.
	02	843	5.6 – 10.4	Material de mediana consistencia.
	03	1276	> 30	Material compacto.

Tabla 6.9 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-8/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-8/L2 (69 m)	01	303	0.4 – 0.8	Material de baja consolidación.
	02	922	3.8 – 5.0	Material de mediana consistencia.
	03	1440	> 30	Material compacto.



Tabla 6.10 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-8'/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-8'/L2 (69 m)	01	303	0.3 – 0.9	Material de baja consolidación.
	02	975	3.2 – 4.7	Material de mediana consistencia.
	03	1493	> 30	Material compacto.

Tabla 6.11 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-9/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-9/L2 (69 m)	01	634	0.6 – 2.6	Material de baja consolidación.
	02	1012	4.0 – 7.3	Material de mediana a alta consistencia.
	03	1413	> 30	Material compacto.

Tabla 6.12 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-9'/L2

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-9'/L2 (69 m)	01	630	1.4 – 1.9	Material de baja consolidación.
	02	1032	4.7 – 5.7	Material de mediana a alta consistencia.
	03	1430	> 30	Material compacto.

Tabla 6.13 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-1/L4

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-1/L4 (69 m)	01	365	0.7 – 1.1	Material de baja consolidación.
	02	567	2.5 – 3.8	Material de mediana consistencia.
	03	1132	> 30	Material compacto.

Tabla 6.14 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-2/L4

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-2/L4 (138 m)	01	399	0.4 – 1.0	Material de baja consolidación.
	02	678	2.1 – 3.0	Material de mediana consistencia.
	03	1057	> 30	Material compacto.

Tabla 6.15 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-3/L4

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-3/L4 (138 m)	01	514	1.1 – 1.9	Material de baja consolidación.
	02	975	4.2 – 5.5	Material de mediana consistencia.
	03	1162	> 30	Material compacto.

Tabla 6.16 Resultados e Interpretación de la Línea Sísmica PS-3'/L4

Línea Sísmica	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)(*)	Descripción
PS-3'/L4 (69 m)	01	419	0.8 – 1.4	Material de baja consolidación.
	02	865	3.5 – 5.0	Material de mediana consistencia.
	03	1118	> 30	Material compacto.

## 6.2. MASW

Los valores de velocidad de onda de corte, obtenidos en el presente estudio se indican hasta una profundidad de investigación de 30.0m. la cual corresponde a la arrojada por el algoritmo de Inversión del software de interpretación y los parámetros ingresados para el cálculo.

Tabla 6.17 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-1/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	308.46	308.46
1.07	198.88	198.88
2.31	210.10	210.10
3.71	241.85	241.85
5.27	281.40	281.40
7.01	359.83	359.83
8.90	452.07	452.07
10.96	505.93	505.93
13.19	526.75	526.75
15.58	546.02	546.02
18.13	576.97	576.97
20.85	612.97	612.97
23.74	651.48	651.48
26.79	805.28	805.28
30.00	865.16	865.16
Vs 30	476.21	425.44

Tabla 6.18 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-2/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	238.89	238.89
1.07	165.40	165.40
2.31	186.31	186.31
3.71	251.26	251.26
5.27	280.09	280.09
7.01	312.00	312.00
8.90	351.48	351.48
10.96	392.56	392.56
13.19	427.93	427.93
15.58	464.12	464.12
18.13	477.39	477.39
20.85	498.57	498.57
23.74	558.69	558.69
26.79	622.96	622.96
30.00	829.75	829.75
<b>Vs 30</b>	<b>403.83</b>	<b>362.81</b>

Tabla 6.19 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-3/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	479.00	479.00
1.07	477.25	477.25
2.31	431.87	431.87
3.71	469.37	469.37
5.27	592.82	592.82
7.01	712.27	712.27
8.90	779.94	779.94
10.96	801.34	801.34
13.19	808.30	808.30
15.58	810.39	810.39
18.13	834.17	834.17
20.85	855.52	855.52
23.74	911.22	911.22
26.79	969.51	969.51
30.00	1319.27	1319.27
<b>Vs 30</b>	<b>750.15</b>	<b>717.52</b>

Tabla 6.20 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-4/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	363.60	363.60
1.07	318.91	318.91
2.31	403.71	403.71
3.71	523.64	523.64
5.27	564.51	564.51
7.01	674.00	674.00
8.90	743.43	743.43
10.96	766.65	766.65
13.19	771.44	771.44
15.58	795.04	795.04
18.13	803.59	803.59
20.85	870.23	870.23
23.74	910.45	910.45
26.79	928.85	928.85
30.00	1534.65	1534.65
<b>Vs 30</b>	<b>731.51</b>	<b>671.79</b>

Tabla 6.21 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-5/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	335.23	335.23
1.07	324.52	324.52
2.31	324.35	324.35
3.71	431.21	431.21
5.27	509.74	509.74
7.01	550.59	550.59
8.90	602.04	602.04
10.96	661.13	661.13
13.19	716.86	716.86
15.58	744.53	744.53
18.13	769.72	769.72
20.85	791.17	791.17
23.74	843.34	843.34
26.79	837.72	837.72
30.00	1161.47	1161.47
<b>Vs 30</b>	<b>640.24</b>	<b>600.24</b>

Tabla 6.22 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-6/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	533.03	533.03
1.07	527.57	527.57
2.31	480.74	480.74
3.71	450.01	450.01
5.27	488.23	488.23
7.01	598.00	598.00
8.90	688.96	688.96
10.96	739.67	739.67
13.19	766.02	766.02
15.58	786.29	786.29
18.13	832.48	832.48
20.85	850.59	850.59
23.74	906.69	906.69
26.79	1070.85	1070.85
30.00	1208.42	1208.42
<b>Vs 30</b>	<b>728.50</b>	<b>700.05</b>

Tabla 6.23 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-6'/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	369.25	369.25
1.07	325.09	325.09
2.31	401.17	401.17
3.71	517.10	517.10
5.27	527.69	527.69
7.01	538.76	538.76
8.90	591.69	591.69
10.96	641.96	641.96
13.19	673.98	673.98
15.58	682.53	682.53
18.13	673.63	673.63
20.85	704.89	704.89
23.74	767.50	767.50
26.79	845.78	845.78
30.00	1285.62	1285.62
<b>Vs 30</b>	<b>636.44</b>	<b>598.04</b>

Tabla 6.24 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-7/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	389.59	389.59
1.07	380.10	380.10
2.31	330.73	330.73
3.71	460.58	460.58
5.27	572.52	572.52
7.01	600.77	600.77
8.90	591.08	591.08
10.96	577.68	577.68
13.19	608.44	608.44
15.58	667.94	667.94
18.13	716.83	716.83
20.85	786.67	786.67
23.74	874.91	874.91
26.79	987.23	987.23
30.00	1238.90	1238.90
Vs 30	<b>652.27</b>	<b>610.88</b>

Tabla 6.25 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-8/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	569.58	569.58
1.07	565.40	565.40
2.31	548.15	548.15
3.71	536.62	536.62
5.27	543.94	543.94
7.01	597.68	597.68
8.90	618.80	618.80
10.96	636.76	636.76
13.19	657.98	657.98
15.58	697.65	697.65
18.13	709.95	709.95
20.85	765.01	765.01
23.74	792.75	792.75
26.79	926.67	926.67
30.00	1015.69	1015.69
Vs 30	<b>678.84</b>	<b>667.69</b>

Tabla 6.26 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-8'/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	376.16	376.16
1.07	328.40	328.40
2.31	392.41	392.41
3.71	523.92	523.92
5.27	587.12	587.12
7.01	625.62	625.62
8.90	651.92	651.92
10.96	649.88	649.88
13.19	644.70	644.70
15.58	637.34	637.34
18.13	637.43	637.43
20.85	667.04	667.04
23.74	683.44	683.44
26.79	686.44	686.44
30.00	913.08	913.08
Vs 30	600.33	586.10

Tabla 6.27 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-9/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	638.64	638.64
1.07	643.84	643.84
2.31	621.71	621.71
3.71	583.90	583.90
5.27	555.54	555.54
7.01	587.35	587.35
8.90	668.64	668.64
10.96	770.42	770.42
13.19	856.75	856.75
15.58	940.76	940.76
18.13	983.90	983.90
20.85	1010.15	1010.15
23.74	1020.75	1020.75
26.79	1159.91	1159.91
30.00	1237.92	1237.92
Vs 30	818.68	795.13

Tabla 6.28 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-9'/L2.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	413.11	413.11
1.07	358.67	358.67
2.31	412.51	412.51
3.71	550.75	550.75
5.27	621.34	621.34
7.01	664.02	664.02
8.90	691.77	691.77
10.96	723.35	723.35
13.19	759.29	759.29
15.58	800.41	800.41
18.13	827.97	827.97
20.85	865.76	865.76
23.74	883.23	883.23
26.79	945.59	945.59
30.00	1011.93	1011.93
Vs 30	701.98	685.20

Tabla 6.29 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-1/L4.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	234.83	234.83
1.07	197.55	197.55
2.31	289.93	289.93
3.71	343.55	343.55
5.27	365.22	365.22
7.01	362.75	362.75
8.90	359.38	359.38
10.96	388.52	388.52
13.19	456.10	456.10
15.58	518.37	518.37
18.13	569.40	569.40
20.85	594.83	594.83
23.74	657.29	657.29
26.79	729.39	729.39
30.00	952.11	952.11
Vs 30	467.95	425.68



Tabla 6.30 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-2/L4.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	341.39	341.39
1.07	345.82	345.82
2.31	224.50	224.50
3.71	333.20	333.20
5.27	406.97	406.97
7.01	424.93	424.93
8.90	461.51	461.51
10.96	510.46	510.46
13.19	588.44	588.44
15.58	666.30	666.30
18.13	728.05	728.05
20.85	753.99	753.99
23.74	827.55	827.55
26.79	832.89	832.89
30.00	1204.35	1204.35
Vs 30	576.69	515.53

Tabla 6.31 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-3/L4.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	257.31	257.31
1.07	251.02	251.02
2.31	268.11	268.11
3.71	326.83	326.83
5.27	385.01	385.01
7.01	430.09	430.09
8.90	464.70	464.70
10.96	497.71	497.71
13.19	531.05	531.05
15.58	570.50	570.50
18.13	627.56	627.56
20.85	680.10	680.10
23.74	688.32	688.32
26.79	739.39	739.39
30.00	858.55	858.55
Vs 30	505.08	474.35

Tabla 6.32 Velocidad obtenida de la onda de Corte del MASW-3'/L4.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	382.70	382.70
1.07	253.65	253.65
2.31	200.10	200.10
3.71	362.94	362.94
5.27	461.71	461.71
7.01	456.83	456.83
8.90	455.22	455.22
10.96	527.05	527.05
13.19	636.93	636.93
15.58	741.25	741.25
18.13	794.00	794.00
20.85	806.20	806.20
23.74	792.88	792.88
26.79	883.59	883.59
30.00	883.59	883.59
Vs 30	575.91	523.36

Nota: Las 4 líneas con apóstrofo (PS'6/L2, PS'8/L2, PS'9/L2 y PS3'/L4) fueron hechas en otra ubicación (Ver planos de ubicación).

## 7.0 CONCLUSIONES

- En cada perfil de Refracción Sísmica, se insertó la sección topográfica, empleando los tiempos de arribo determinados con la mejor precisión, con la finalidad de obtener lo más real la secuencia de las capas interpretadas, además se correlacionó con los puntos de MASW en todas las líneas sísmicas.
- En general; en todas las secciones de refracción sísmica, se ha definido 3 capas de acuerdo a la variación de velocidad  $V_p$  que depende de la composición del material, compacidad del suelo y presencia de líquidos, ver Anexo 8.2.
- El modelo de velocidad de onda de Corte calculado para cada disparo tiene un alto grado de certeza, tal como lo muestran la concordancia entre la curva teórica con la obtenida en campo, la cual se aprecia en el Anexo 8.3, las cuales corresponden a la adquisición de datos en modo Inverso.

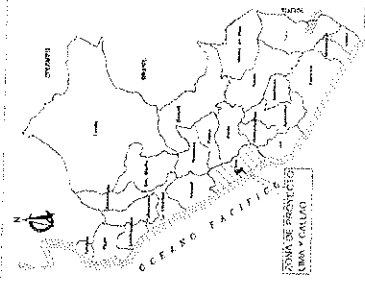
8.0 ANEXOS

---



8.1. PLANOS DE UBICACIÓN (PU-01)





COORDENADAS DE LAS LINEAS SISMICAS

LINEA	NORTE	EAST	COMENZAMIENTO (m)	FINAL
PS-1/01	8666029	249411	0+00	0+00
PS-1/02	8666030	249412	0+00	0+00
PS-1/03	8666031	249413	0+00	0+00
PS-1/04	8666032	249414	0+00	0+00
PS-1/05	8666033	249415	0+00	0+00
PS-1/06	8666034	249416	0+00	0+00
PS-1/07	8666035	249417	0+00	0+00
PS-1/08	8666036	249418	0+00	0+00
PS-1/09	8666037	249419	0+00	0+00
PS-1/10	8666038	249420	0+00	0+00
PS-1/11	8666039	249421	0+00	0+00
PS-1/12	8666040	249422	0+00	0+00
PS-1/13	8666041	249423	0+00	0+00
PS-1/14	8666042	249424	0+00	0+00
PS-1/15	8666043	249425	0+00	0+00
PS-1/16	8666044	249426	0+00	0+00
PS-1/17	8666045	249427	0+00	0+00
PS-1/18	8666046	249428	0+00	0+00
PS-1/19	8666047	249429	0+00	0+00
PS-1/20	8666048	249430	0+00	0+00

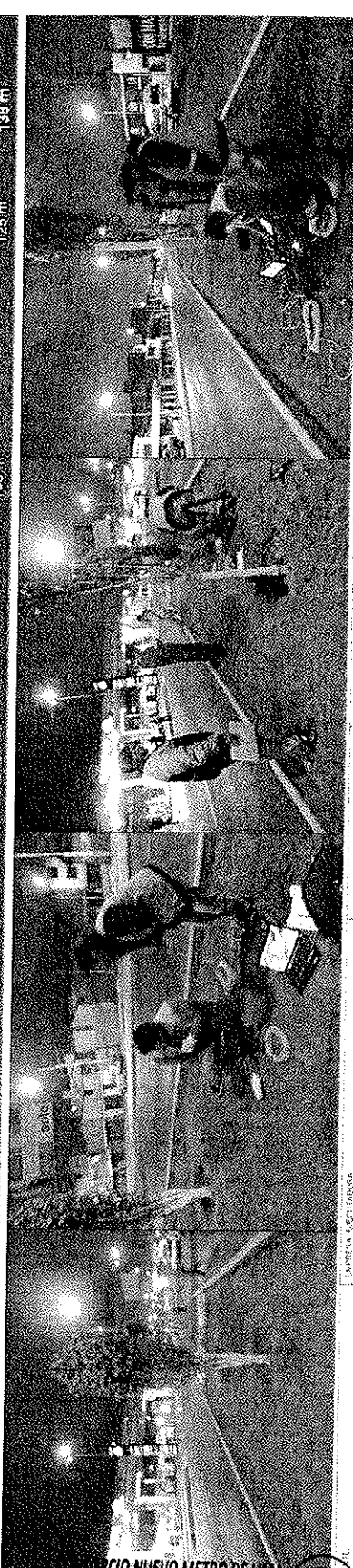
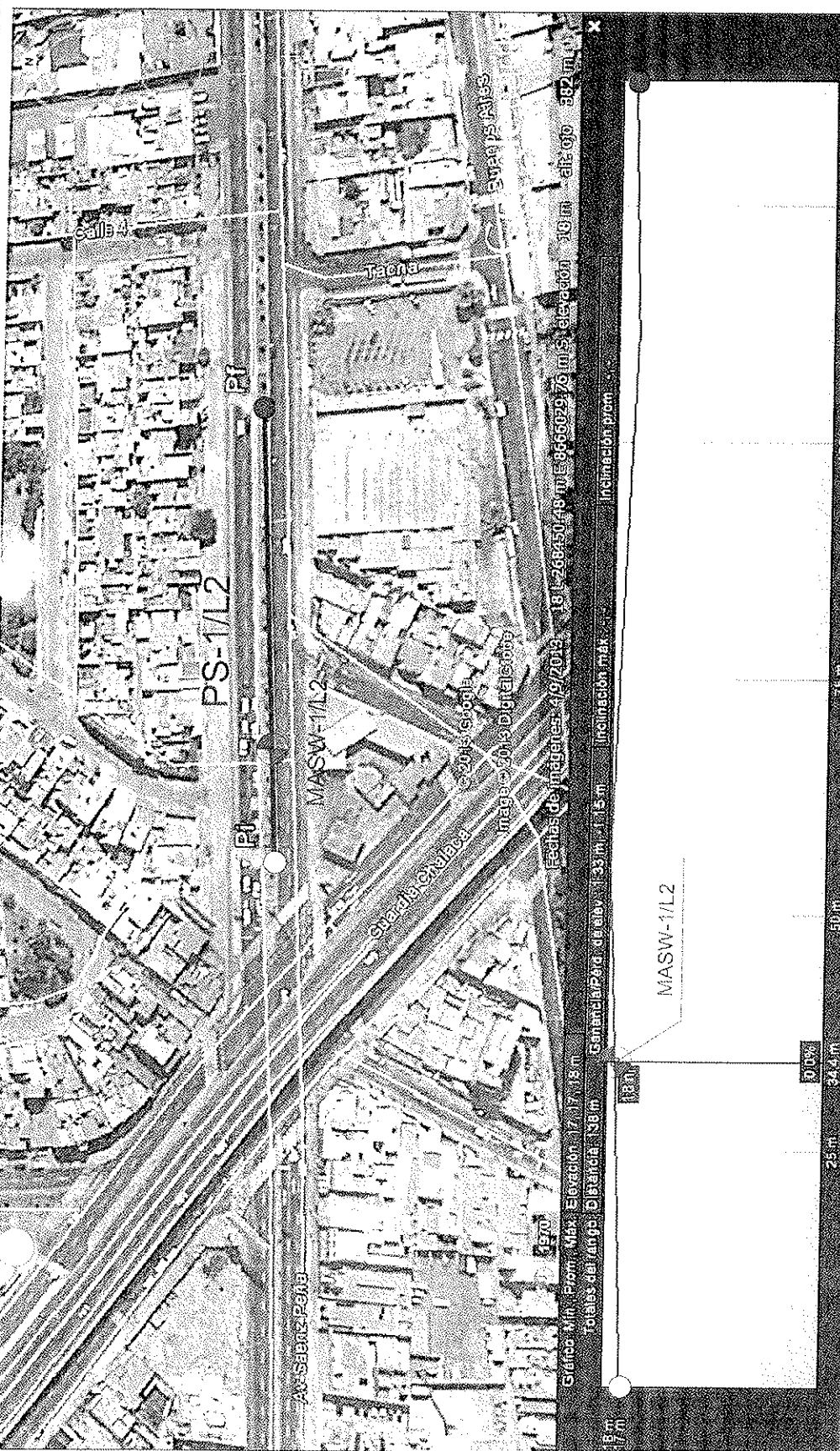
COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

COMENZAMIENTO (m)	FINAL	PUNTO	NORTE	EAST
0+00	0+00	MSW-1/01	8666029	249411
0+00	0+00	MSW-1/02	8666030	249412
0+00	0+00	MSW-1/03	8666031	249413
0+00	0+00	MSW-1/04	8666032	249414
0+00	0+00	MSW-1/05	8666033	249415
0+00	0+00	MSW-1/06	8666034	249416
0+00	0+00	MSW-1/07	8666035	249417
0+00	0+00	MSW-1/08	8666036	249418
0+00	0+00	MSW-1/09	8666037	249419
0+00	0+00	MSW-1/10	8666038	249420
0+00	0+00	MSW-1/11	8666039	249421
0+00	0+00	MSW-1/12	8666040	249422
0+00	0+00	MSW-1/13	8666041	249423
0+00	0+00	MSW-1/14	8666042	249424
0+00	0+00	MSW-1/15	8666043	249425
0+00	0+00	MSW-1/16	8666044	249426
0+00	0+00	MSW-1/17	8666045	249427
0+00	0+00	MSW-1/18	8666046	249428
0+00	0+00	MSW-1/19	8666047	249429
0+00	0+00	MSW-1/20	8666048	249430

LEYENDA

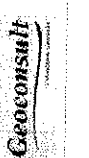
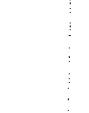
- 1. LINEA SISMICA
- 2. PUNTO MASW
- 3. CALLES
- 4. AVENIDAS
- 5. METRO DE LIMA

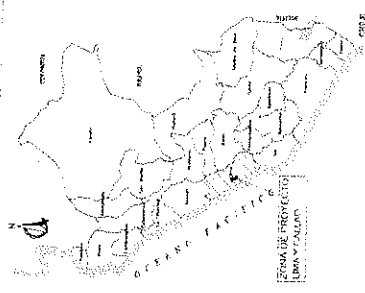
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



UBICACION DE LINEAS GEOSISMICAS

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



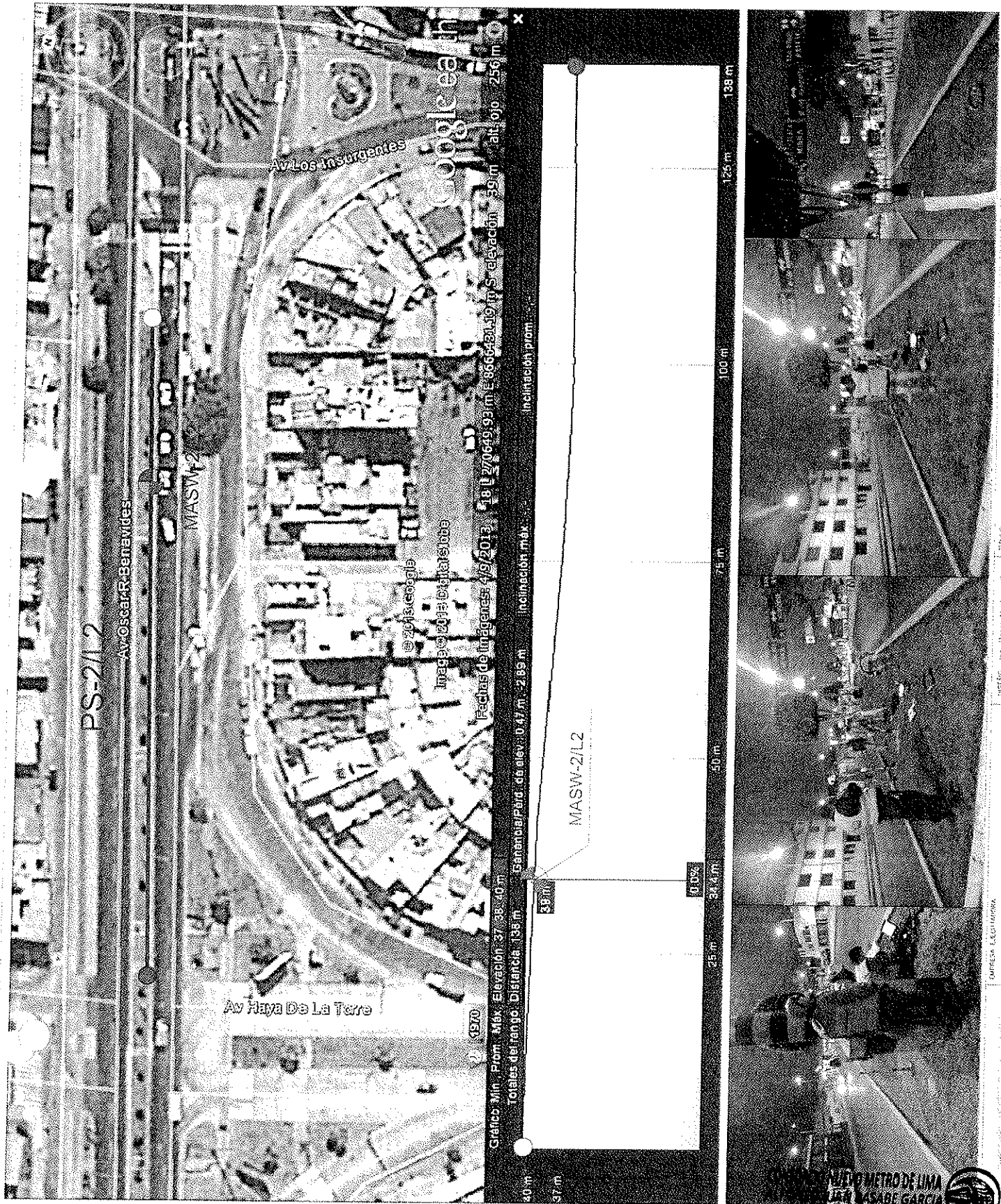


COORDENADAS DE LAS LINEAS SISMICAS

LINEA	COORDENADA SUR	COORDENADA ESTE	TIPO
PS-1/1	2980874	781641	FINAL
PS-1/2	2980874	781641	FINAL
PS-1/3	2980874	781641	FINAL
PS-1/4	2980874	781641	FINAL
PS-1/5	2980874	781641	FINAL
PS-1/6	2980874	781641	FINAL
PS-1/7	2980874	781641	FINAL
PS-1/8	2980874	781641	FINAL
PS-1/9	2980874	781641	FINAL
PS-1/10	2980874	781641	FINAL
PS-1/11	2980874	781641	FINAL
PS-1/12	2980874	781641	FINAL
PS-1/13	2980874	781641	FINAL
PS-1/14	2980874	781641	FINAL
PS-1/15	2980874	781641	FINAL
PS-1/16	2980874	781641	FINAL
PS-1/17	2980874	781641	FINAL
PS-1/18	2980874	781641	FINAL
PS-1/19	2980874	781641	FINAL
PS-1/20	2980874	781641	FINAL
PS-1/21	2980874	781641	FINAL
PS-1/22	2980874	781641	FINAL
PS-1/23	2980874	781641	FINAL
PS-1/24	2980874	781641	FINAL
PS-1/25	2980874	781641	FINAL
PS-1/26	2980874	781641	FINAL
PS-1/27	2980874	781641	FINAL
PS-1/28	2980874	781641	FINAL
PS-1/29	2980874	781641	FINAL
PS-1/30	2980874	781641	FINAL

COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

PUNTO	COORDENADA SUR	COORDENADA ESTE	TIPO
MASW-1/1	2980874	781641	FINAL
MASW-1/2	2980874	781641	FINAL
MASW-1/3	2980874	781641	FINAL
MASW-1/4	2980874	781641	FINAL
MASW-1/5	2980874	781641	FINAL
MASW-1/6	2980874	781641	FINAL
MASW-1/7	2980874	781641	FINAL
MASW-1/8	2980874	781641	FINAL
MASW-1/9	2980874	781641	FINAL
MASW-1/10	2980874	781641	FINAL
MASW-1/11	2980874	781641	FINAL
MASW-1/12	2980874	781641	FINAL
MASW-1/13	2980874	781641	FINAL
MASW-1/14	2980874	781641	FINAL
MASW-1/15	2980874	781641	FINAL
MASW-1/16	2980874	781641	FINAL
MASW-1/17	2980874	781641	FINAL
MASW-1/18	2980874	781641	FINAL
MASW-1/19	2980874	781641	FINAL
MASW-1/20	2980874	781641	FINAL
MASW-1/21	2980874	781641	FINAL
MASW-1/22	2980874	781641	FINAL
MASW-1/23	2980874	781641	FINAL
MASW-1/24	2980874	781641	FINAL
MASW-1/25	2980874	781641	FINAL
MASW-1/26	2980874	781641	FINAL
MASW-1/27	2980874	781641	FINAL
MASW-1/28	2980874	781641	FINAL
MASW-1/29	2980874	781641	FINAL
MASW-1/30	2980874	781641	FINAL



UBICACION DE LINEAS GEOSISICAS

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

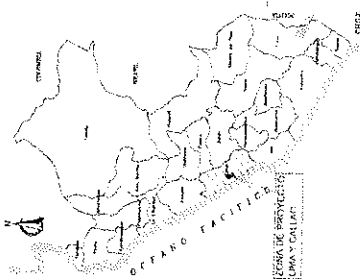
PROYECTO: ...  
DISEÑADO POR: ...  
REVISADO POR: ...

Geosamsult

Geosamsult

REPRESENTANTE LEGAL

[1307]  
000929



COORDENADAS DE LAS LINEAS SISMICAS

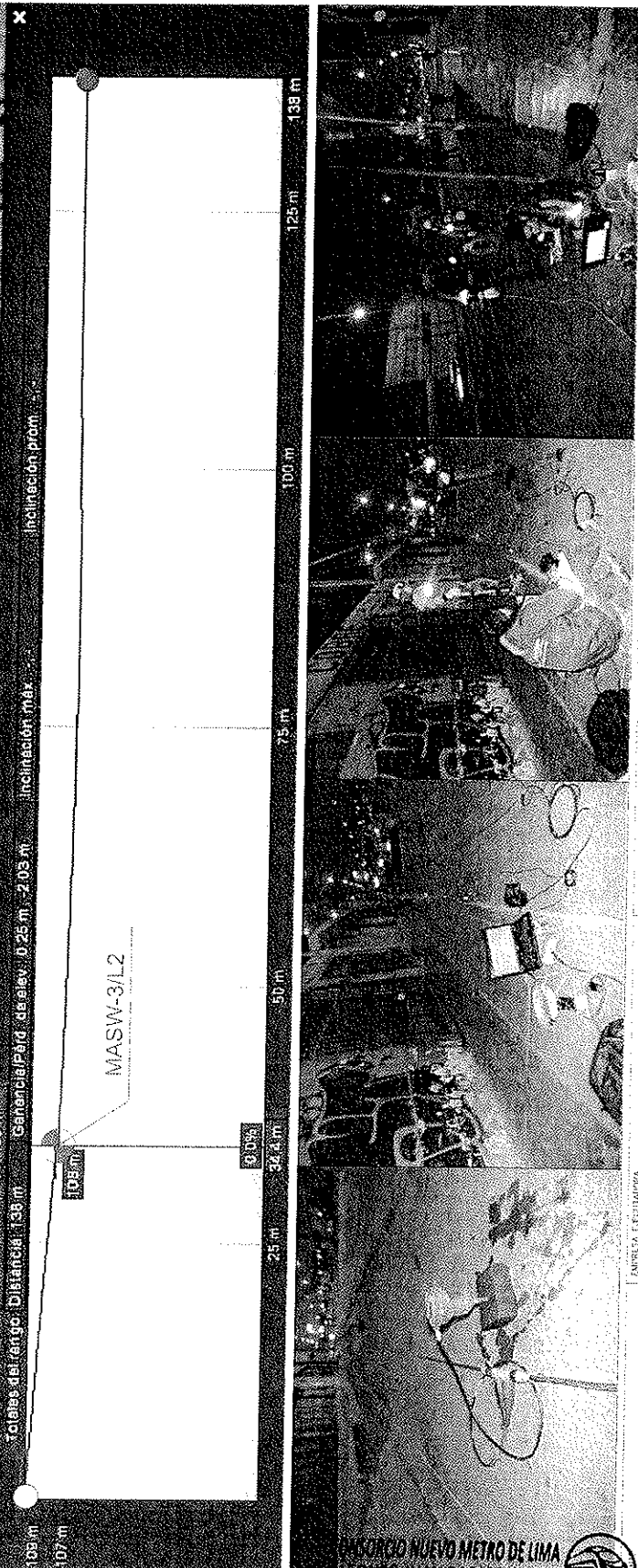
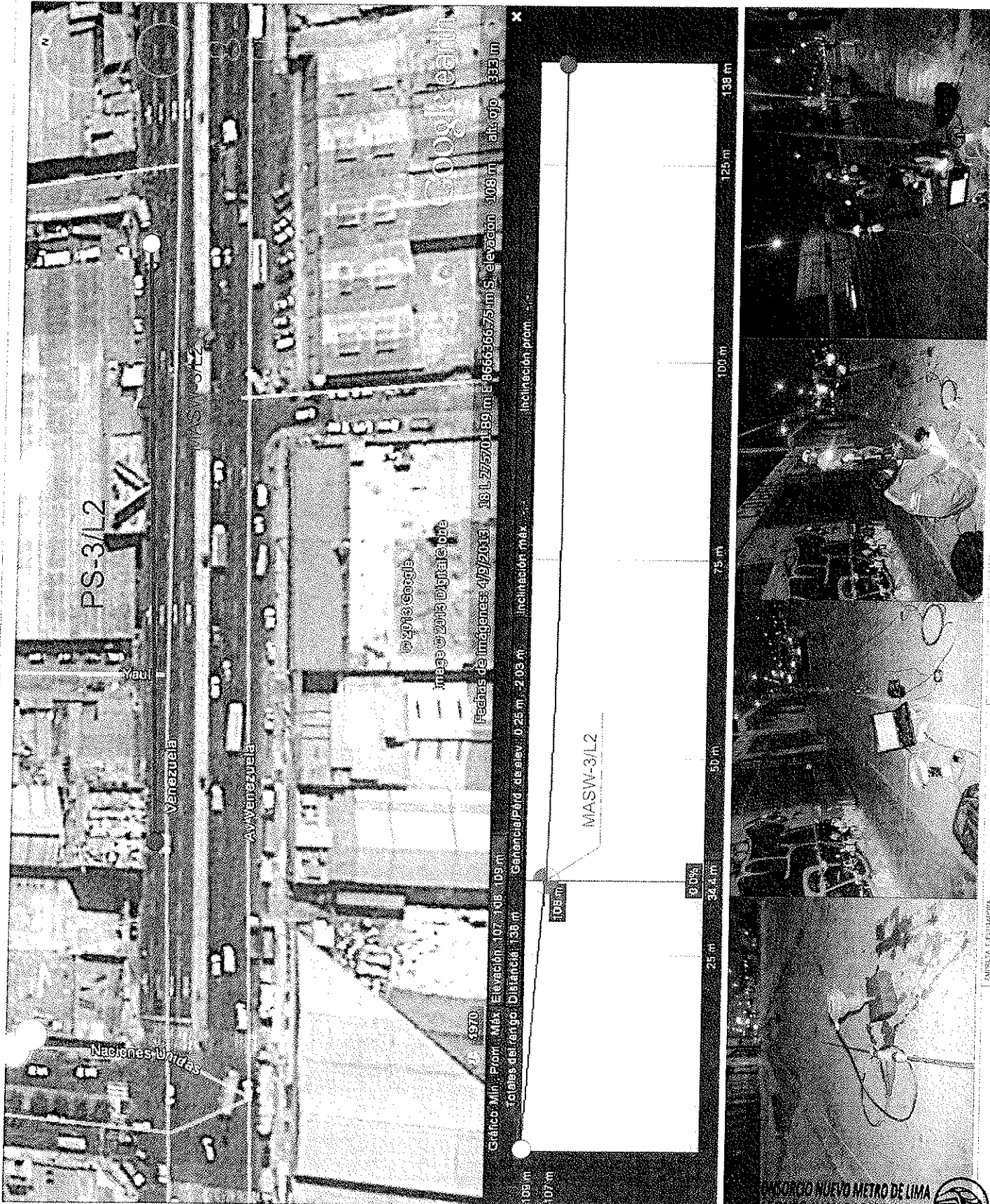
LINEA	COORDENADAS (m)	ESTRUCTURA
PS-1/12	27501189	PS-1/12
PS-2/12	27501189	PS-2/12
PS-3/12	27501189	PS-3/12
PS-4/12	27501189	PS-4/12
PS-5/12	27501189	PS-5/12
PS-6/12	27501189	PS-6/12
PS-7/12	27501189	PS-7/12
PS-8/12	27501189	PS-8/12
PS-9/12	27501189	PS-9/12
PS-10/12	27501189	PS-10/12
PS-11/12	27501189	PS-11/12
PS-12/12	27501189	PS-12/12
PS-13/12	27501189	PS-13/12
PS-14/12	27501189	PS-14/12
PS-15/12	27501189	PS-15/12
PS-16/12	27501189	PS-16/12
PS-17/12	27501189	PS-17/12
PS-18/12	27501189	PS-18/12
PS-19/12	27501189	PS-19/12
PS-20/12	27501189	PS-20/12
PS-21/12	27501189	PS-21/12
PS-22/12	27501189	PS-22/12
PS-23/12	27501189	PS-23/12
PS-24/12	27501189	PS-24/12
PS-25/12	27501189	PS-25/12
PS-26/12	27501189	PS-26/12
PS-27/12	27501189	PS-27/12
PS-28/12	27501189	PS-28/12
PS-29/12	27501189	PS-29/12
PS-30/12	27501189	PS-30/12
PS-31/12	27501189	PS-31/12
PS-32/12	27501189	PS-32/12
PS-33/12	27501189	PS-33/12
PS-34/12	27501189	PS-34/12
PS-35/12	27501189	PS-35/12
PS-36/12	27501189	PS-36/12
PS-37/12	27501189	PS-37/12
PS-38/12	27501189	PS-38/12
PS-39/12	27501189	PS-39/12
PS-40/12	27501189	PS-40/12
PS-41/12	27501189	PS-41/12
PS-42/12	27501189	PS-42/12
PS-43/12	27501189	PS-43/12
PS-44/12	27501189	PS-44/12
PS-45/12	27501189	PS-45/12
PS-46/12	27501189	PS-46/12
PS-47/12	27501189	PS-47/12
PS-48/12	27501189	PS-48/12
PS-49/12	27501189	PS-49/12
PS-50/12	27501189	PS-50/12

COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

LINEA	COORDENADAS (m)	ESTRUCTURA
PS-1/12	27501189	PS-1/12
PS-2/12	27501189	PS-2/12
PS-3/12	27501189	PS-3/12
PS-4/12	27501189	PS-4/12
PS-5/12	27501189	PS-5/12
PS-6/12	27501189	PS-6/12
PS-7/12	27501189	PS-7/12
PS-8/12	27501189	PS-8/12
PS-9/12	27501189	PS-9/12
PS-10/12	27501189	PS-10/12
PS-11/12	27501189	PS-11/12
PS-12/12	27501189	PS-12/12
PS-13/12	27501189	PS-13/12
PS-14/12	27501189	PS-14/12
PS-15/12	27501189	PS-15/12
PS-16/12	27501189	PS-16/12
PS-17/12	27501189	PS-17/12
PS-18/12	27501189	PS-18/12
PS-19/12	27501189	PS-19/12
PS-20/12	27501189	PS-20/12
PS-21/12	27501189	PS-21/12
PS-22/12	27501189	PS-22/12
PS-23/12	27501189	PS-23/12
PS-24/12	27501189	PS-24/12
PS-25/12	27501189	PS-25/12
PS-26/12	27501189	PS-26/12
PS-27/12	27501189	PS-27/12
PS-28/12	27501189	PS-28/12
PS-29/12	27501189	PS-29/12
PS-30/12	27501189	PS-30/12
PS-31/12	27501189	PS-31/12
PS-32/12	27501189	PS-32/12
PS-33/12	27501189	PS-33/12
PS-34/12	27501189	PS-34/12
PS-35/12	27501189	PS-35/12
PS-36/12	27501189	PS-36/12
PS-37/12	27501189	PS-37/12
PS-38/12	27501189	PS-38/12
PS-39/12	27501189	PS-39/12
PS-40/12	27501189	PS-40/12
PS-41/12	27501189	PS-41/12
PS-42/12	27501189	PS-42/12
PS-43/12	27501189	PS-43/12
PS-44/12	27501189	PS-44/12
PS-45/12	27501189	PS-45/12
PS-46/12	27501189	PS-46/12
PS-47/12	27501189	PS-47/12
PS-48/12	27501189	PS-48/12
PS-49/12	27501189	PS-49/12
PS-50/12	27501189	PS-50/12

LEYENDA  
 ○ PUNTO MASW  
 ● PUNTO SISMICO  
 ■ PUNTO DE INTERES  
 □ PUNTO DE REFERENCIA

ESCALA: 1:500  
 FECHA: SEPTIEMBRE 2017  
 REV: 01  
 PU-03



PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INSTRUCCION: 01  
 FECHA: 1970  
 CANTON: MEXICO  
 ELEVACION: 107.108 - 109 m  
 TALENTO DEL ANGO: DISTANCIA: 138 m  
 GARANTIA: PERDIDA DE ELEVACION: 0.26 m  
 INCLINACION: 0.04 m

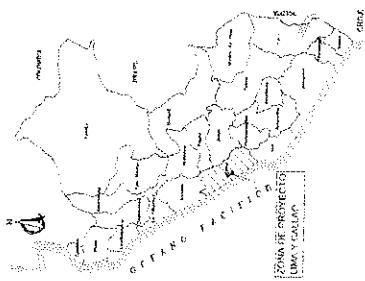
© 2018 Google  
 Imagen © 2018 DigitalGlobe  
 Fotos de imágenes 4/9/2018 18:11:27 5701189 m E 866636675 m S Elevación 108 m alt: 970

ANTHONY LEGUIZAMO  
 Geocomsoft

CONSEJO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL







COORDENADAS DE LAS LINEAS SISMICAS

LINEA	PROYECTADA	TIPO	ESTE	NORTE
PS-1/A2	PS1A2	PSAL	284842	211000
PS-1/B2	PS1B2	PSAL	284842	211000
PS-1/C2	PS1C2	PSAL	284842	211000
PS-1/D2	PS1D2	PSAL	284842	211000
PS-1/E2	PS1E2	PSAL	284842	211000
PS-1/F2	PS1F2	PSAL	284842	211000
PS-1/G2	PS1G2	PSAL	284842	211000
PS-1/H2	PS1H2	PSAL	284842	211000
PS-1/I2	PS1I2	PSAL	284842	211000
PS-1/J2	PS1J2	PSAL	284842	211000
PS-1/K2	PS1K2	PSAL	284842	211000
PS-1/L2	PS1L2	PSAL	284842	211000
PS-1/M2	PS1M2	PSAL	284842	211000
PS-1/N2	PS1N2	PSAL	284842	211000
PS-1/O2	PS1O2	PSAL	284842	211000
PS-1/P2	PS1P2	PSAL	284842	211000
PS-1/Q2	PS1Q2	PSAL	284842	211000
PS-1/R2	PS1R2	PSAL	284842	211000
PS-1/S2	PS1S2	PSAL	284842	211000
PS-1/T2	PS1T2	PSAL	284842	211000
PS-1/U2	PS1U2	PSAL	284842	211000
PS-1/V2	PS1V2	PSAL	284842	211000
PS-1/W2	PS1W2	PSAL	284842	211000
PS-1/X2	PS1X2	PSAL	284842	211000
PS-1/Y2	PS1Y2	PSAL	284842	211000
PS-1/Z2	PS1Z2	PSAL	284842	211000

COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

COMPENAS	PROYECTADA	TIPO	ESTE	NORTE
MS-1/A1	MS1A1	MSAL	284842	211000
MS-1/B1	MS1B1	MSAL	284842	211000
MS-1/C1	MS1C1	MSAL	284842	211000
MS-1/D1	MS1D1	MSAL	284842	211000
MS-1/E1	MS1E1	MSAL	284842	211000
MS-1/F1	MS1F1	MSAL	284842	211000
MS-1/G1	MS1G1	MSAL	284842	211000
MS-1/H1	MS1H1	MSAL	284842	211000
MS-1/I1	MS1I1	MSAL	284842	211000
MS-1/J1	MS1J1	MSAL	284842	211000
MS-1/K1	MS1K1	MSAL	284842	211000
MS-1/L1	MS1L1	MSAL	284842	211000
MS-1/M1	MS1M1	MSAL	284842	211000
MS-1/N1	MS1N1	MSAL	284842	211000
MS-1/O1	MS1O1	MSAL	284842	211000
MS-1/P1	MS1P1	MSAL	284842	211000
MS-1/Q1	MS1Q1	MSAL	284842	211000
MS-1/R1	MS1R1	MSAL	284842	211000
MS-1/S1	MS1S1	MSAL	284842	211000
MS-1/T1	MS1T1	MSAL	284842	211000
MS-1/U1	MS1U1	MSAL	284842	211000
MS-1/V1	MS1V1	MSAL	284842	211000
MS-1/W1	MS1W1	MSAL	284842	211000
MS-1/X1	MS1X1	MSAL	284842	211000
MS-1/Y1	MS1Y1	MSAL	284842	211000
MS-1/Z1	MS1Z1	MSAL	284842	211000

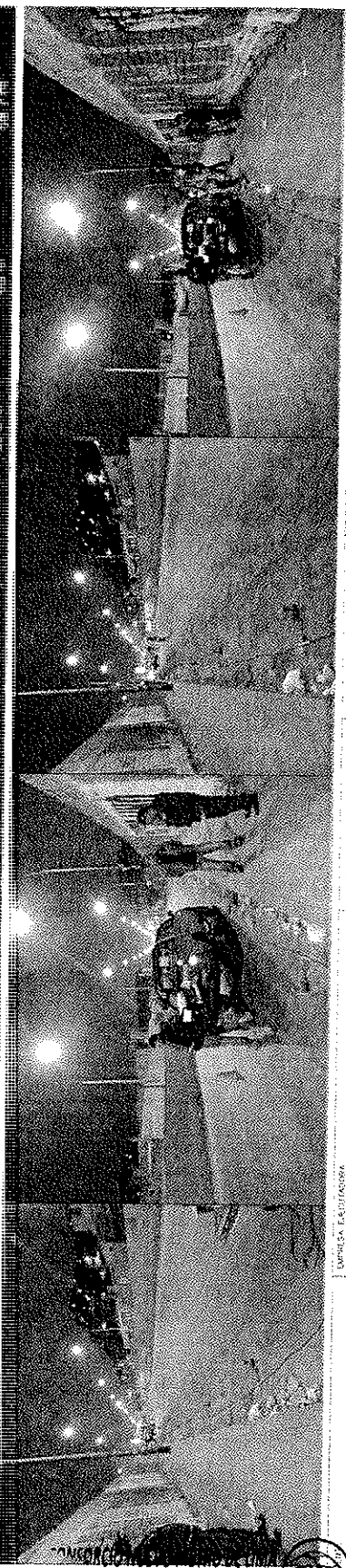
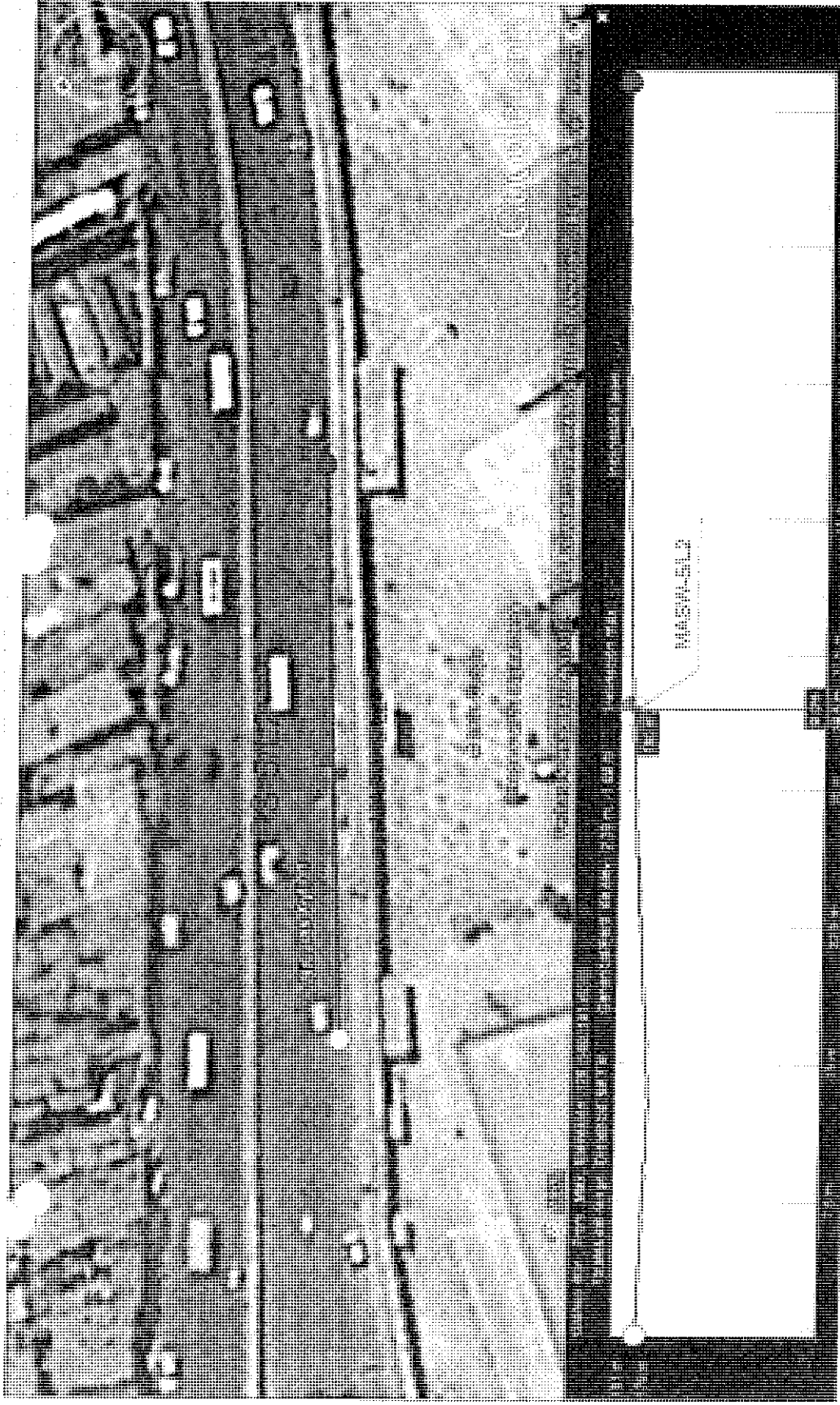
LEYENDA

ESCALA

FECHA

SEPTIEMBRE 2013

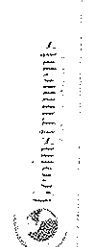
PU-05

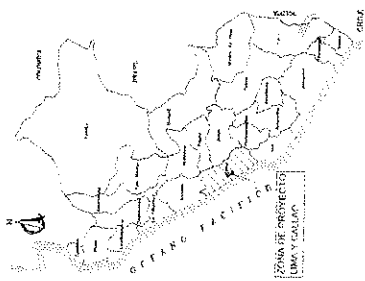


UBICACION DE LINEAS GEOSISMICAS

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INGENIERO: Ing. Ricardo Mena, M.Sc.  
DISEÑO: Ing. Wilson Gallego E.  
VERIFICA: Ing. Freddy Corda E.  
INGENIERO EN JEFE: Ing. Freddy Corda E.





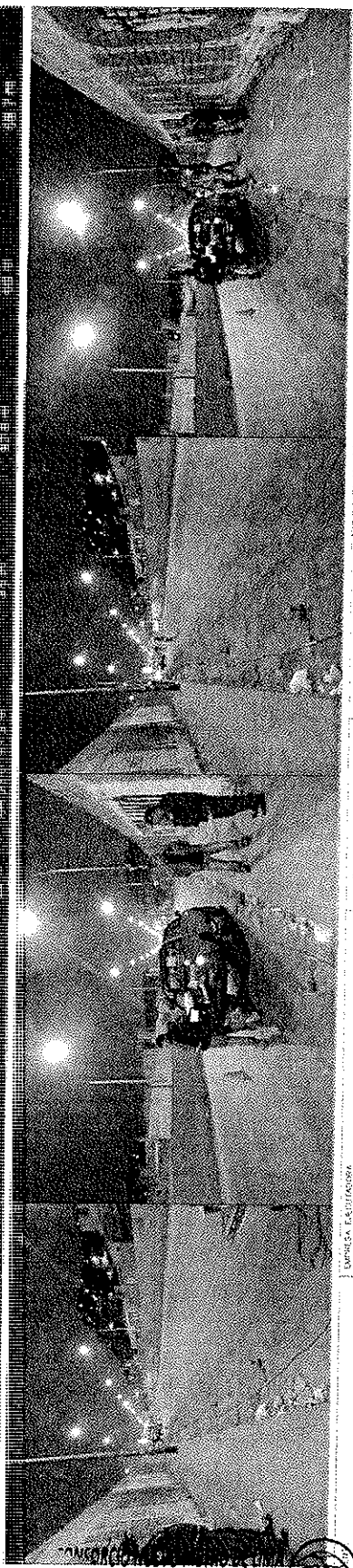
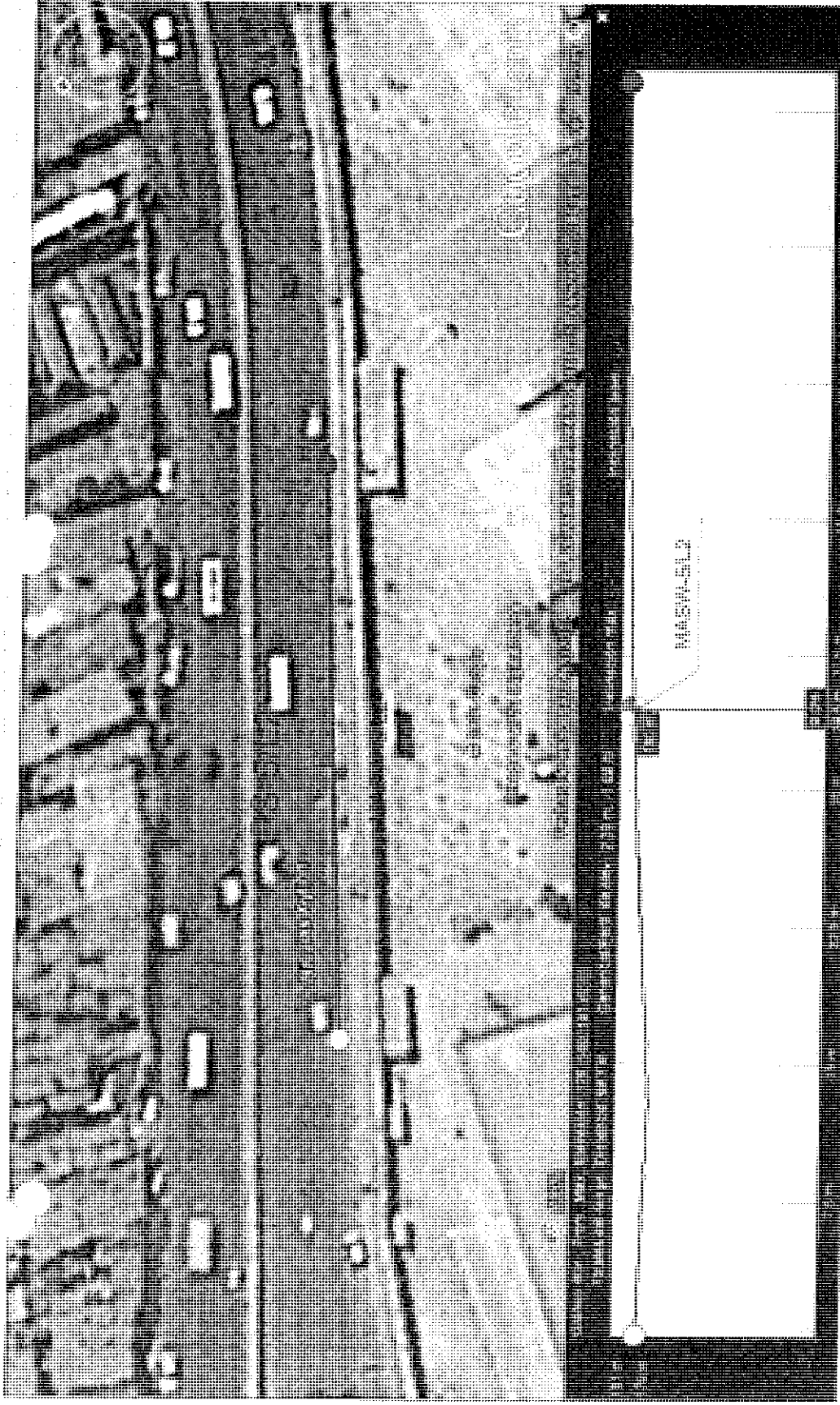
COORDENADAS DE LAS LINEAS SISMICAS

Table with columns for station type (NORTE, ESTE, etc.), station ID (e.g., PS-1/02), and coordinates (Easting, Northing).

COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

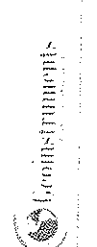
Table with columns for station type (NORTE, ESTE, etc.), station ID (e.g., MASW-1/02), and coordinates (Easting, Northing).

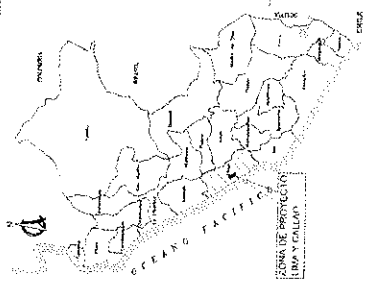
Project information including scale (ESCALA), date (FECHA: SEPTIEMBRE, 2013), and drawing number (PU-05).



PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT.-AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INGENIERO: Ing. Boris Mena, C.  
DISEÑO: Ing. Allan Gallego E.  
VERIFICA: Ing. Freddy Corda E.  
PROYECTO: Ing. Freddy Corda E.





COORDENADAS DE LAS LINEAS SISNICAS

LINEA	NORTE	EAST	UNIDAD
PS-1/01	680278	258447	PIELES
PS-1/02	680247	258427	PIELES
PS-1/03	680217	258407	PIELES
PS-1/04	680187	258387	PIELES
PS-1/05	680157	258367	PIELES
PS-1/06	680127	258347	PIELES
PS-1/07	680097	258327	PIELES
PS-1/08	680067	258307	PIELES
PS-1/09	680037	258287	PIELES
PS-1/10	680007	258267	PIELES
PS-1/11	679977	258247	PIELES
PS-1/12	679947	258227	PIELES
PS-1/13	679917	258207	PIELES
PS-1/14	679887	258187	PIELES
PS-1/15	679857	258167	PIELES
PS-1/16	679827	258147	PIELES
PS-1/17	679797	258127	PIELES
PS-1/18	679767	258107	PIELES
PS-1/19	679737	258087	PIELES
PS-1/20	679707	258067	PIELES
PS-1/21	679677	258047	PIELES
PS-1/22	679647	258027	PIELES
PS-1/23	679617	258007	PIELES
PS-1/24	679587	257987	PIELES
PS-1/25	679557	257967	PIELES
PS-1/26	679527	257947	PIELES
PS-1/27	679497	257927	PIELES
PS-1/28	679467	257907	PIELES
PS-1/29	679437	257887	PIELES
PS-1/30	679407	257867	PIELES
PS-1/31	679377	257847	PIELES
PS-1/32	679347	257827	PIELES
PS-1/33	679317	257807	PIELES
PS-1/34	679287	257787	PIELES
PS-1/35	679257	257767	PIELES
PS-1/36	679227	257747	PIELES
PS-1/37	679197	257727	PIELES
PS-1/38	679167	257707	PIELES
PS-1/39	679137	257687	PIELES
PS-1/40	679107	257667	PIELES
PS-1/41	679077	257647	PIELES
PS-1/42	679047	257627	PIELES
PS-1/43	679017	257607	PIELES
PS-1/44	678987	257587	PIELES
PS-1/45	678957	257567	PIELES
PS-1/46	678927	257547	PIELES
PS-1/47	678897	257527	PIELES
PS-1/48	678867	257507	PIELES
PS-1/49	678837	257487	PIELES
PS-1/50	678807	257467	PIELES

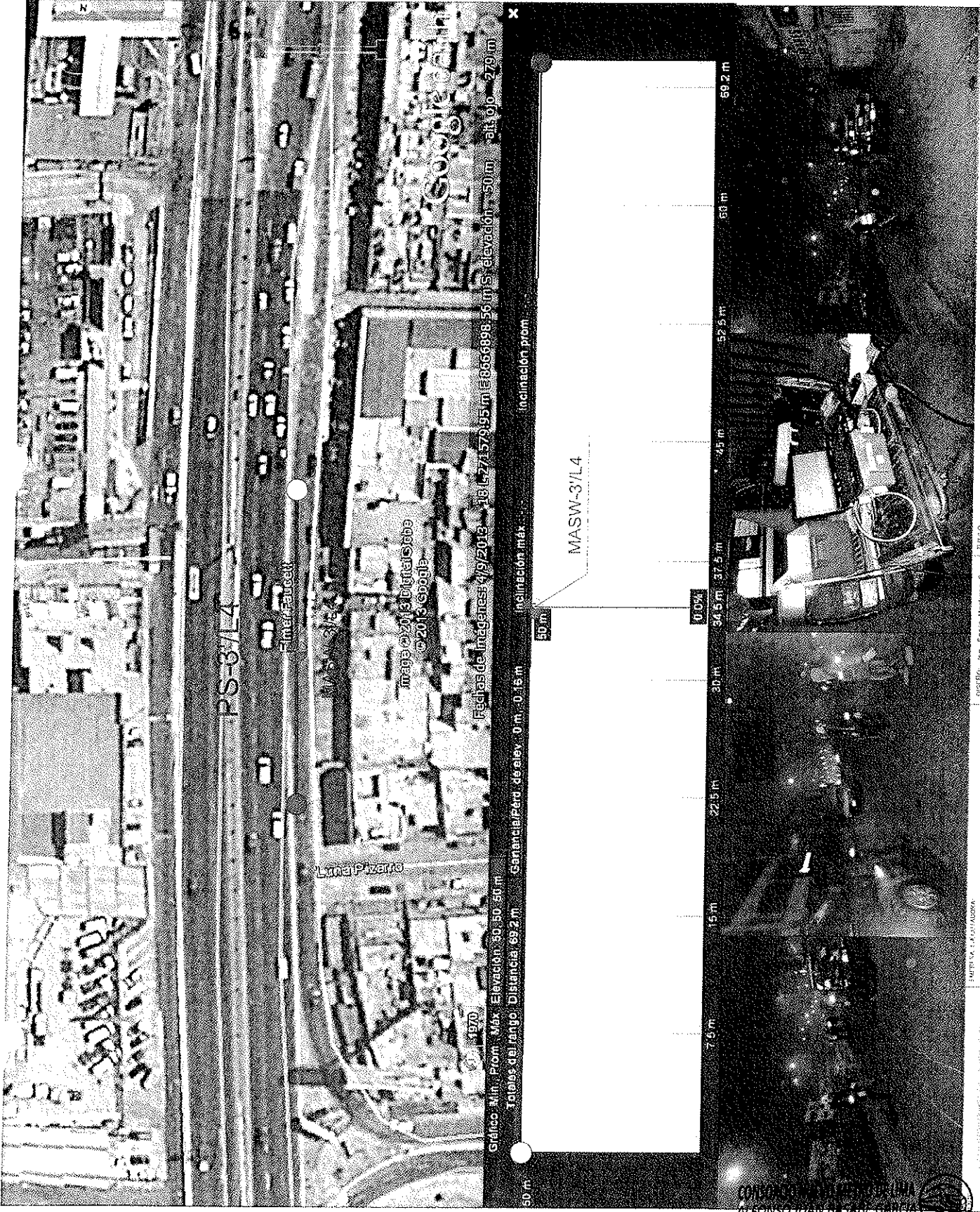
COORDENADAS DE LOS PUNTOS MASW

PUNTO	NORTE	EAST	UNIDAD
MASW-1/01	208442	258447	PIELES
MASW-1/02	208427	258427	PIELES
MASW-1/03	208412	258407	PIELES
MASW-1/04	208397	258387	PIELES
MASW-1/05	208382	258367	PIELES
MASW-1/06	208367	258347	PIELES
MASW-1/07	208352	258327	PIELES
MASW-1/08	208337	258307	PIELES
MASW-1/09	208322	258287	PIELES
MASW-1/10	208307	258267	PIELES
MASW-1/11	208292	258247	PIELES
MASW-1/12	208277	258227	PIELES
MASW-1/13	208262	258207	PIELES
MASW-1/14	208247	258187	PIELES
MASW-1/15	208232	258167	PIELES
MASW-1/16	208217	258147	PIELES
MASW-1/17	208202	258127	PIELES
MASW-1/18	208187	258107	PIELES
MASW-1/19	208172	258087	PIELES
MASW-1/20	208157	258067	PIELES
MASW-1/21	208142	258047	PIELES
MASW-1/22	208127	258027	PIELES
MASW-1/23	208112	258007	PIELES
MASW-1/24	208097	257987	PIELES
MASW-1/25	208082	257967	PIELES
MASW-1/26	208067	257947	PIELES
MASW-1/27	208052	257927	PIELES
MASW-1/28	208037	257907	PIELES
MASW-1/29	208022	257887	PIELES
MASW-1/30	208007	257867	PIELES
MASW-1/31	207992	257847	PIELES
MASW-1/32	207977	257827	PIELES
MASW-1/33	207962	257807	PIELES
MASW-1/34	207947	257787	PIELES
MASW-1/35	207932	257767	PIELES
MASW-1/36	207917	257747	PIELES
MASW-1/37	207902	257727	PIELES
MASW-1/38	207887	257707	PIELES
MASW-1/39	207872	257687	PIELES
MASW-1/40	207857	257667	PIELES
MASW-1/41	207842	257647	PIELES
MASW-1/42	207827	257627	PIELES
MASW-1/43	207812	257607	PIELES
MASW-1/44	207797	257587	PIELES
MASW-1/45	207782	257567	PIELES
MASW-1/46	207767	257547	PIELES
MASW-1/47	207752	257527	PIELES
MASW-1/48	207737	257507	PIELES
MASW-1/49	207722	257487	PIELES
MASW-1/50	207707	257467	PIELES

LEYENDA

6	LINEA DE PROTECCIÓN LIMA Y CALLAO
0	LINEA DE PROTECCIÓN LIMA Y CALLAO

UBICACION DE LINEAS GEOSISNICAS



PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

REFER: Ing. Renato Martínez E. Particip. Ing. Nelson Quiroga E. VIBRACIÓN DE FRECUENCIA CERDA 11 Ing. Andrés Ing. Freddy Toledo N



INTEC O



CONDOMINIO LIMA NOROCCIDENTAL  
ALFONSO JOAN BASAL GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

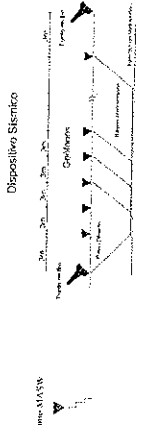
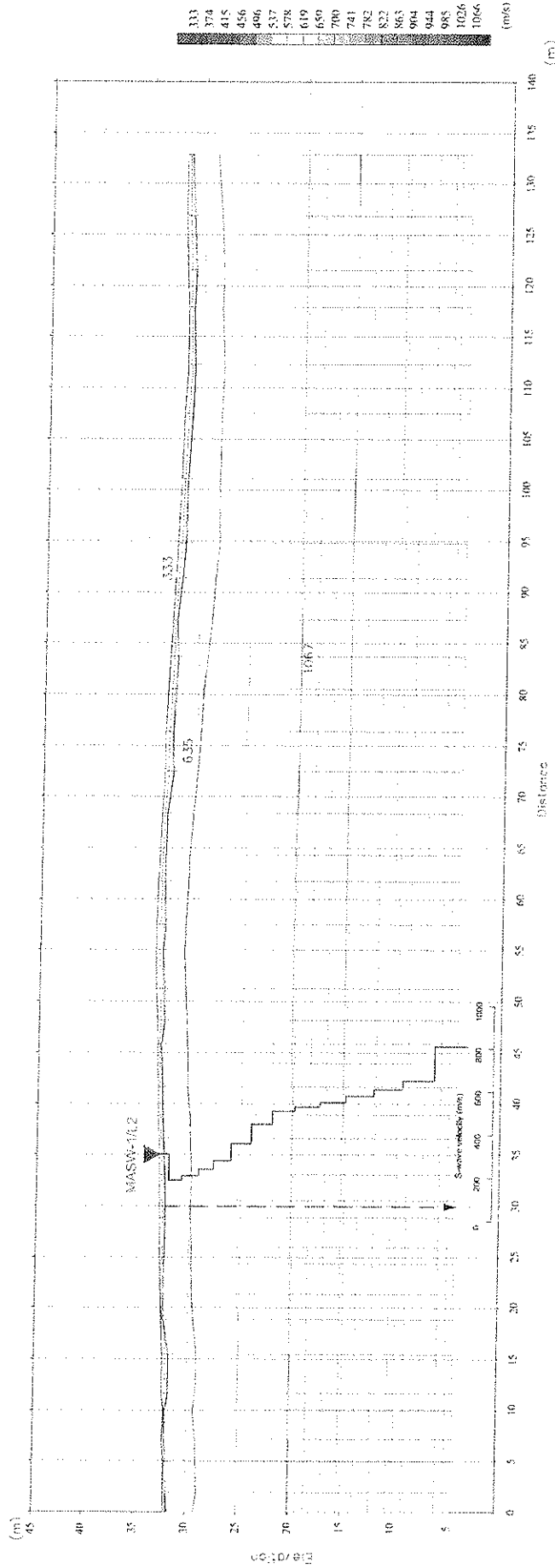
8.2. PERFILES DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y PARÁMETROS PSEUDO  
DINÁMICOS

---



*Handwritten signature*

LÍNEA SÍSMICA PS - 1/L2

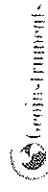


CAPA 01 (Vp = 333 m/s)  
 ESPESOR (0.2 < H < 0.8 m)  
 Material de baja consolidación.

CAPA 02 (Vp = 635 m/s)  
 ESPESOR (2.0 < H < 3.3 m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 03 (Vp = 1067 m/s)  
 ESPESOR (> 30 m)  
 Material compacto.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PERÚ  
 I.T.P. - INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PERÚ  
 PROFESOR Ing. Emilio Gracia H.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAVAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA

P-01

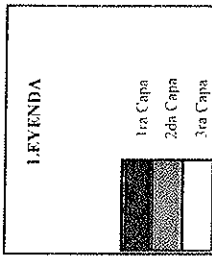
Fig. N.º  
 N.º de Proyecto  
 N.º de Hoja

000944  
 00001  
 01


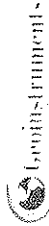


PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-1/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (*) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson Vx	Razón de Poisson *p	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte G (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )
3.0 - 3.3	PS-1/L2	1067	412.15	0.25	0.342	1500.00	2.73E+08	1.67E+09	2.93E+08
>30	PS-1/L2	1067	640.20	1.29	0.2188	1700.00	6.97E+08	3.27E+09	1.01E+09



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

EMPRESA REPRESENTANTE  
 Geotrust

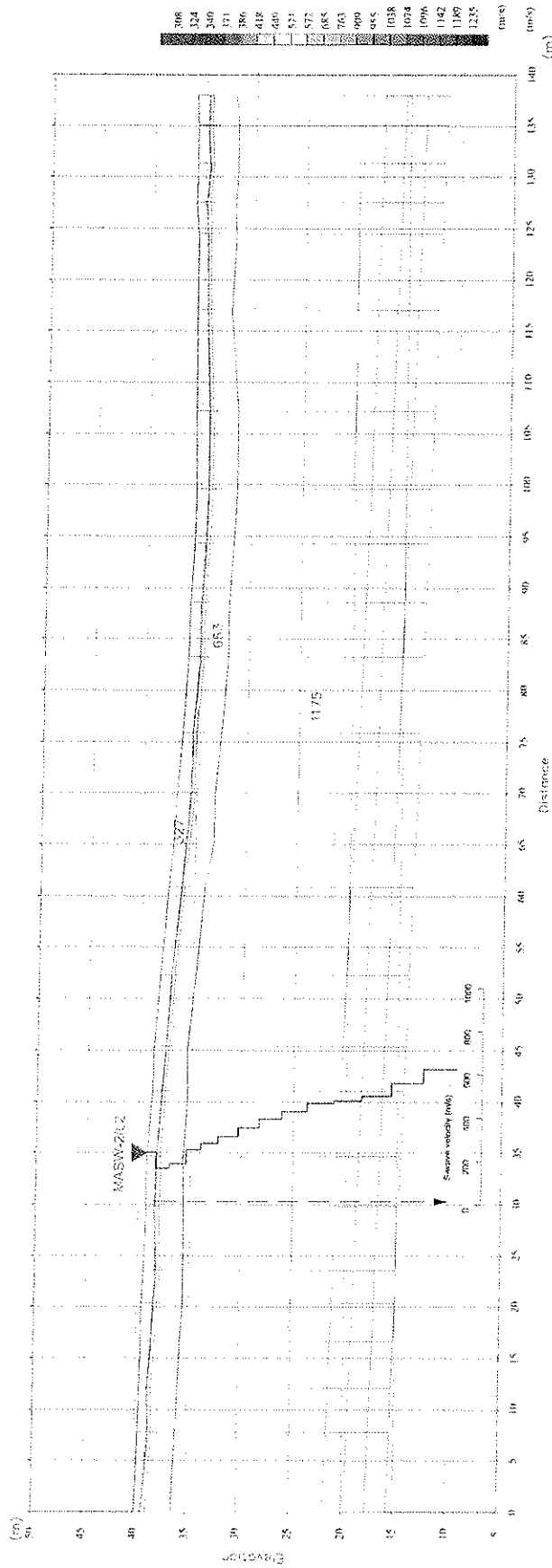
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vx, es obtenida por regla sin matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza.



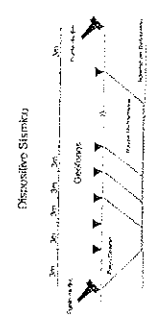
LÍNEA SÍSMICA PS - 2/L2



CAPA 03 (Vp = 1175 m/s)  
 ESPESOR (> 30 m)  
 Material compacto.

CAPA 02 (Vp = 663 m/s)  
 ESPESOR (2.1 < H < 3.0 m)  
 Material de mediana consistencia.

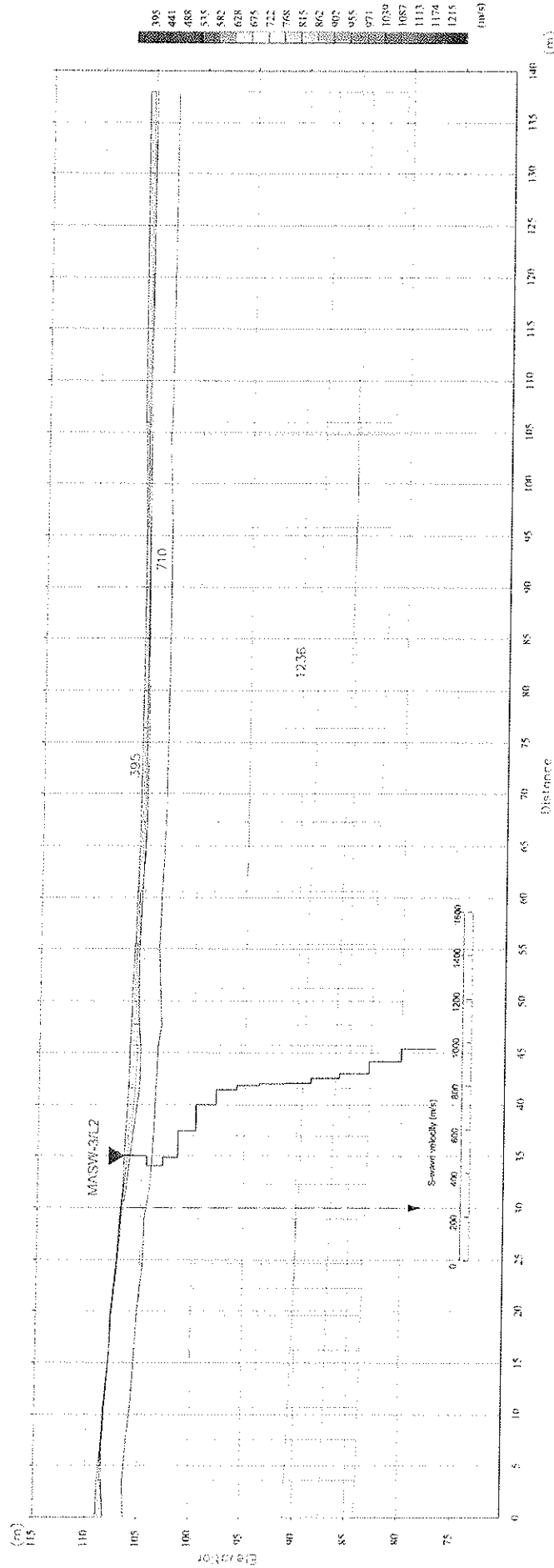
CAPA 01 (Vp = 327 m/s)  
 ESPESOR (0.6 < H < 1.2 m)  
 Material de baja consolidación.



INSTITUCIÓN: **CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
 TÍTULO: **PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA**  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"  
 PLANO: **PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA**  
 ESCALA: **P-02**



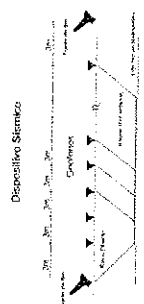
LÍNEA SÍSMICA PS - 3/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1236$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 710$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.9 < H < 2.5$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 395$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.1 < H < 1.1$  m)  
 Material de baja consolidación.



PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PROYECTO: P-03

INSTITUCIÓN: INREGE

COORDINADOR: Ing. Anthony López P.

INVESTIGADOR: Ing. Ricardo Montoya P., Ing. Freddy Toledo S., Ing. Freddy Toledo S., Ing. Freddy Toledo S.

LOGOS: Geocostit, INREGE, INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PERÚ

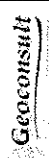

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-3/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (*) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson vx	Razón de Poisson $\nu_p$	Densidad Estimada (**) d (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Corte G (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )
1.5	PS	736	463.50	1.21	0.33	1500.00	1.34E+08	1.35E+09	1.35E+09
>30	PS-3/L2	1236	741.60	1.29	0.2188	1700.00	9.35E+08	4.38E+09	1.35E+09

LEVENDA



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Tellford et al, 2001

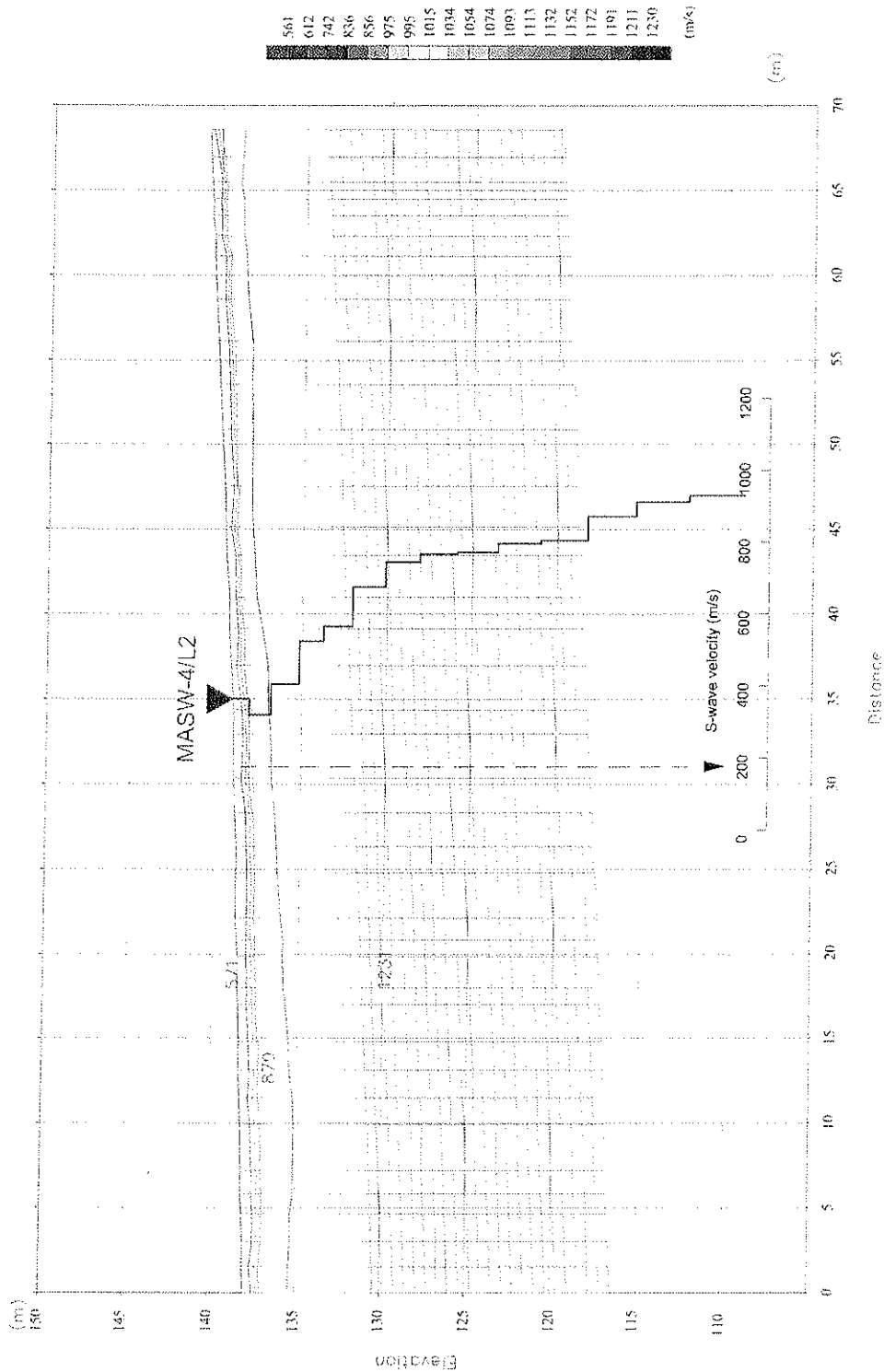
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte,  $V_s$ , es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de variación

A

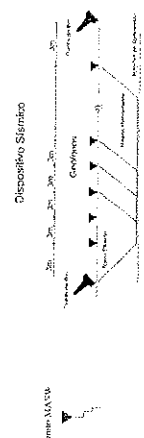
LÍNEA SÍSMICA PS - 4/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1231$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 879$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.1 < H < 2.5$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 571$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.3 < H < 0.8$  m)  
 Material de baja consolidación.




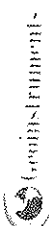
PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-4/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (*) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk
>30	PS-4/L2	1231	738.60	1.29	0.2188	1700.00	9.27E+08	4.35E+09	1.34E+09

LEYENDA



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

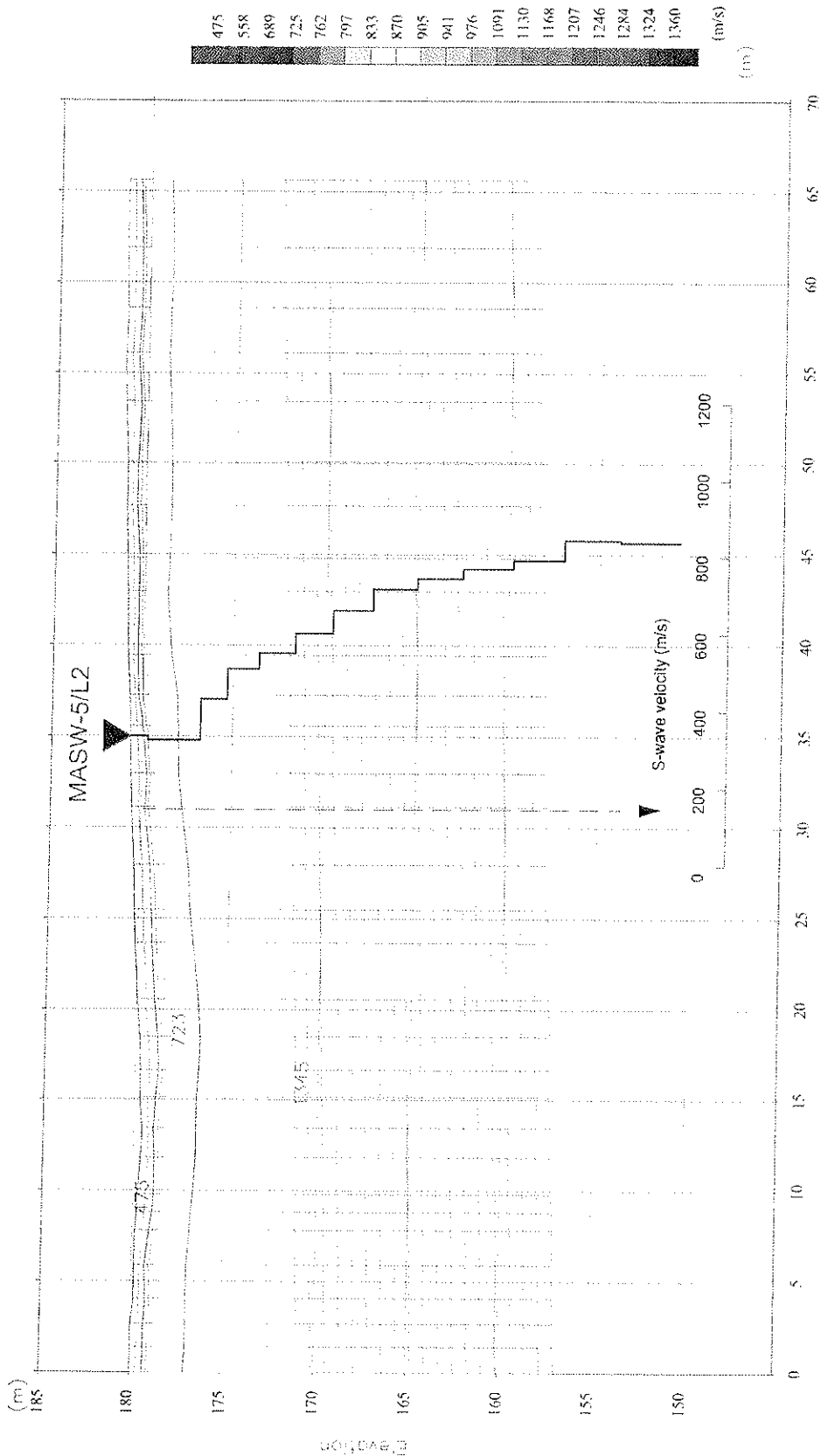
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACTACIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) la Velocidad de la Onda de Corte, V<sub>s</sub>, es obtenida por reflexión matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza



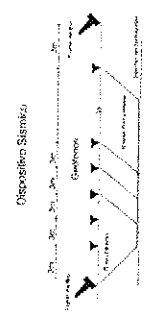
LÍNEA SÍSMICA PS - 5/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1345$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 723$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.7 < H < 2.4$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 475$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.5 < H < 1.0$  m)  
 Material de baja consolidación.



PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUDET - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INSTITUTO TECNICO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS SISMICOS

INTEGRANTES:  
 DIRECTOR: Ing. Anthony Lopez P.  
 RESPONSABLE: Ing. Ricardo Muehlenberg C.  
 ASISTENTE: Ing. Freddy Arellano H.  
 PRESENTACION: Ing. Freddy Arellano H.

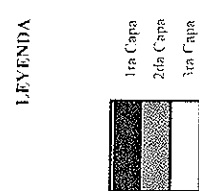
FECHA: 2012

PROYECTO: P-05

REFRACCION SISMICA

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-5/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson $\nu$	Razón de Poisson $\mu$	Densidad Estimada $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) (**)	Módulo de Corte G (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )
>30	PS	1345	807.00	1.29	0.2188	1500.00	1.11E+09	5.19E+09	1.60E+09
	PS-5/L2					1600.00	1.84E+09	1.65E+09	



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Tetford et al, 2001.

Geocoinst

Geotecnia

Geotecnia

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

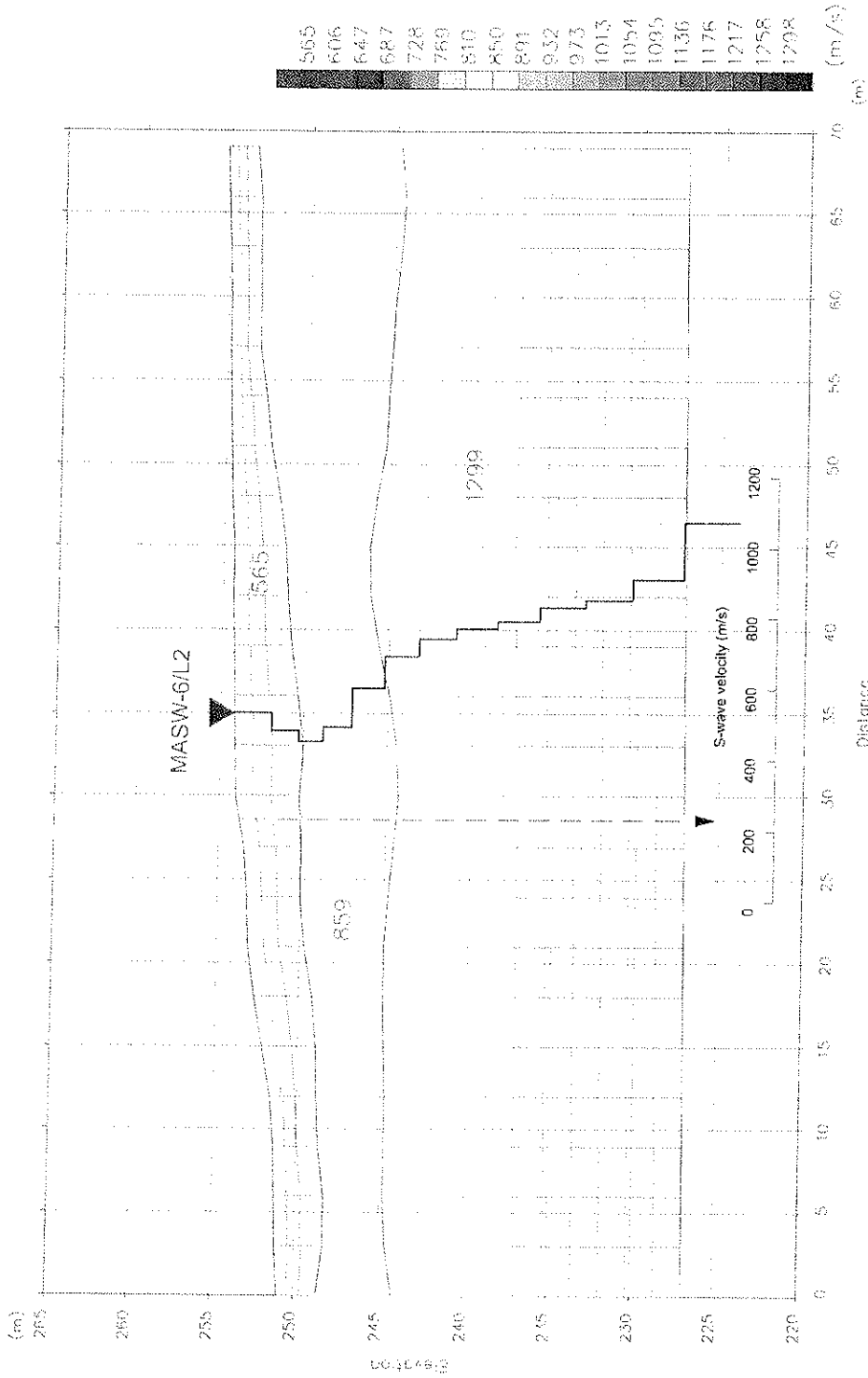
FECHA: SEPTIEMBRE - 2011

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte,  $V_s$ , es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza



A

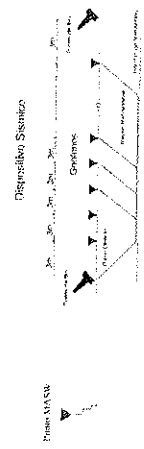
# LÍNEA SÍSMICA PS - 6/L2



**CAPA 03** ( $V_p = 1299$  m/s)  
**ESPESOR** ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

**CAPA 02** ( $V_p = 659$  m/s)  
**ESPESOR** ( $3.5 < H < 8.6$  m)  
 Material de mediana consistencia.

**CAPA 01** ( $V_p = 565$  m/s)  
**ESPESOR** ( $1.7 < H < 4.0$  m)  
 Material de baja consolidación.



**Geonisisult** **Geonisisult**

INGENIEROS EN GEOTECNIA

PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA

PERFIL DE REFRACCION SISMICA

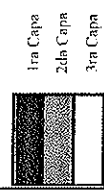
COMPA P-06

REVISOR: Ing. Anthony Lopez P.  
 DISEÑADOR: Ing. Cristian Vazquez C.  
 EJECUTOR: Ing. Franklin Sotillo M.  
 PRESENTADO POR: Freddy Paredes P.

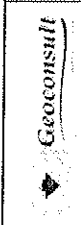
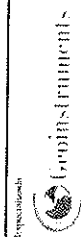
PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-6/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson $\nu_x$	Razón de Poisson $\mu_p$	Densidad Estimada (**) d (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Corte G (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )
1.5-2.6	PS	859	558.35	0.29	0.249	1500.00	7.99E+08	2.59E+09	3.67E+09
>30	PS-6/L2	1299	779.40	1.29	0.2188	1700.00	1.03E+09	4.84E+09	1.49E+09

LEVENDA



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

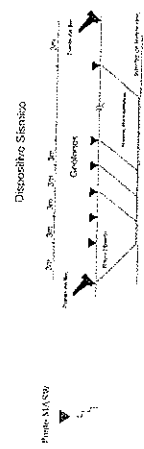
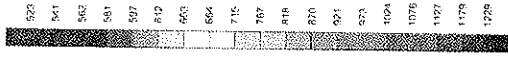
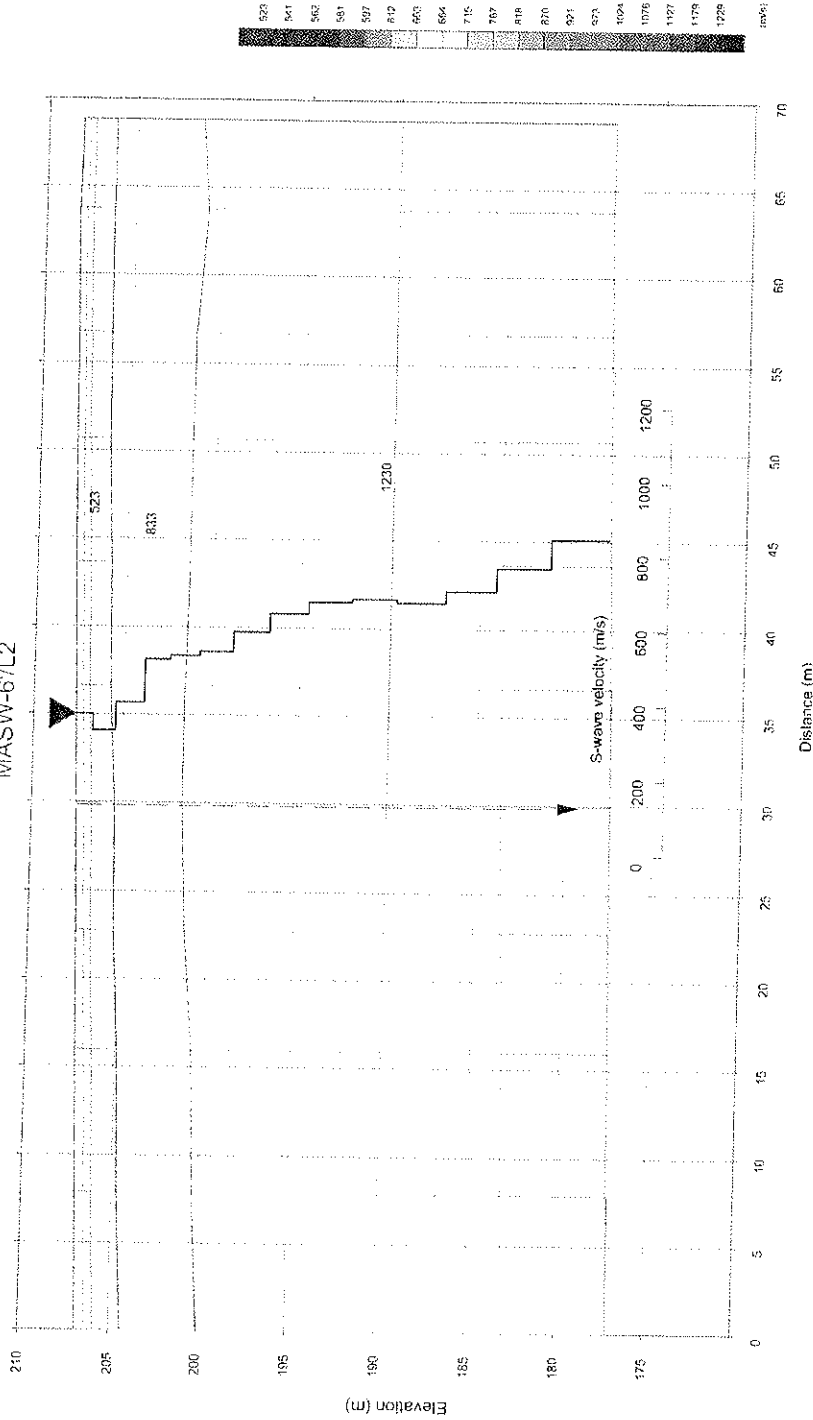
(\*) La Velocidad de la Onda de Corte Vx, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza.





# LÍNEA SÍSMICA PS - 6/L2

## MASW-6/L2



CAPA 01 ( $V_p = 523$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.8 < H < 2.5$  m)  
 Material de baja consolidación.

CAPA 02 ( $V_p = 633$  m/s)  
 ESPESOR ( $3.8 < H < 5.4$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 03 ( $V_p = 1230$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INTEGRANTES:  
 INGENIERO: Ing. Anthony López P.  
 BOSES: Ing. Paola Mochales C.  
 ASISTENTE: Ing. Freddy González H.  
 PRESIDENTE: Ing. Freddy González H.

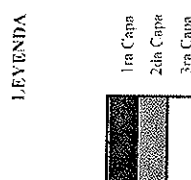
FECHA: 15/11/2011  
 ESCALA: 1/1000  
 AUTORA: INGENIERA: Ing. Paola Mochales C.  
 REVISOR: INGENIERO: Ing. Freddy González H.

PROYECTO: PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA

P-07

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-6/1.2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (*) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson νx	Razón de Poisson *p	Densidad Estimada (**) d (kg/m³)	Módulo de Corte G (N/m²)	Módulo de Young E (N/m²)	Módulo Bulk K (N/m²)
>30	PS-6/1.2	1230	738.00	1.29	0.2188	1500.00	9.26E+08	4.34E+09	1.34E+09



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

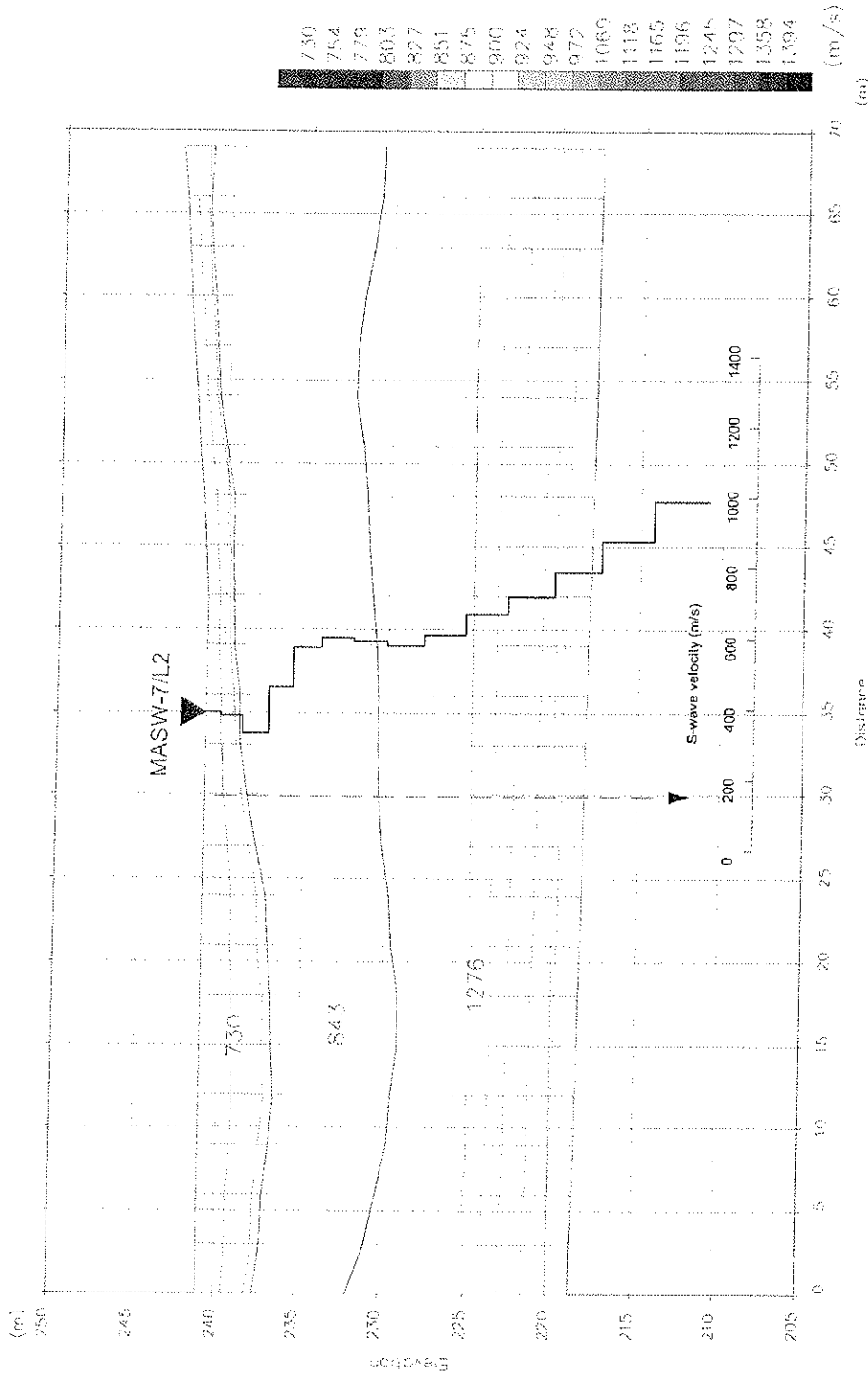
Geiconsult

Empresas Representadas

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vs, es obtenida por relación empírica, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza



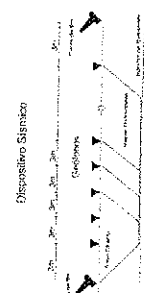
LÍNEA SÍSMICA PS - 7/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1276$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 843$  m/s)  
 ESPESOR ( $5.6 < H < 10.4$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 730$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.4 < H < 4.3$  m)  
 Material de baja consistencia.



INSTITUCIÓN: Ing. Alfonso J. Basabe García PRESENCIA: Ing. Alfonso J. Basabe García REPRESENTANTE LEGAL: Ing. Alfonso J. Basabe García II	R. MAPA: PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA	R. PLAN: P-08
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"		

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-7/L2

Esesor	Perfil	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (*) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk
Capa (m)	PS			Vx	*p	d (kg/m <sup>3</sup> )	G (N/m <sup>2</sup> )	E (N/m <sup>2</sup> )	K (N/m <sup>2</sup> )
>30	PS-7/L2	1276	765.00	1.29	0.188	1500.00	9.96E+08	4.67E+09	1.44E+09
						1600.00	8.80E+08	2.95E+09	4.97E+08

LEYENDA

1ra Capa  
2da Capa  
3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2003

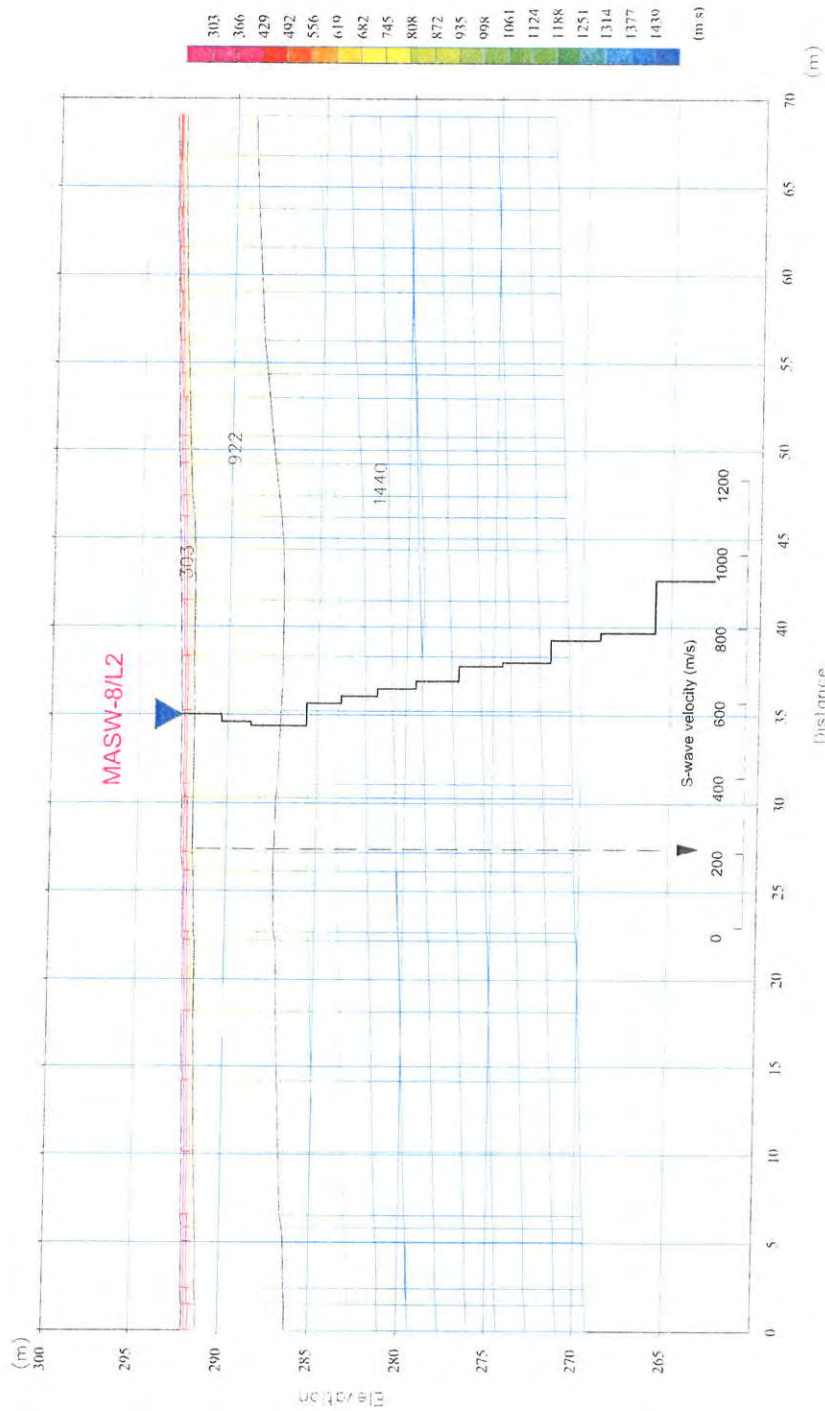
Geosult

Programa de Investigaciones de MASW y REFRACCIÓN SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

Fecha: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vx, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza

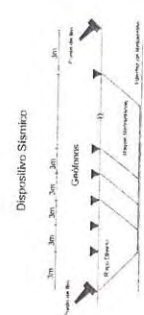
LÍNEA SÍSMICA PS - 8/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1440$  m/s)  
 ESPESOR (> 30 m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 922$  m/s)  
 ESPESOR ( $3.8 < H < 5.0$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 303$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.4 < H < 0.8$  m)  
 Material de baja consolidación.



REV	GRABCA	ESPALA
	SEPTIEMBRE-2010	FECHA

P-09

PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA Z RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

DISEÑO:	Ing. Anthony Lopez P.	TÍTULO:	
DIBUJO:	Ing. Rocio Machico C.		
VERIFICÓ:	Ing. Freddy Corallo H.		
PROCESÓ:	Ing. Freddy Corallo H.		





PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-8/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk
0.4 - 0.8	PS-8/L2	463	466.93	0.29	*p	1500.00	3.23E+09	3.63E+08	6.01E+07
3.8 - 5.0	PS-8/L2	922	599.30	1.24	0.1302	1600.00	5.75E+08	2.98E+09	5.97E+08
>30	PS-8/L2	1440	864.00	1.29	0.2188	1700.00	1.27E+09	5.95E+09	1.83E+09

LEYENDA



(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

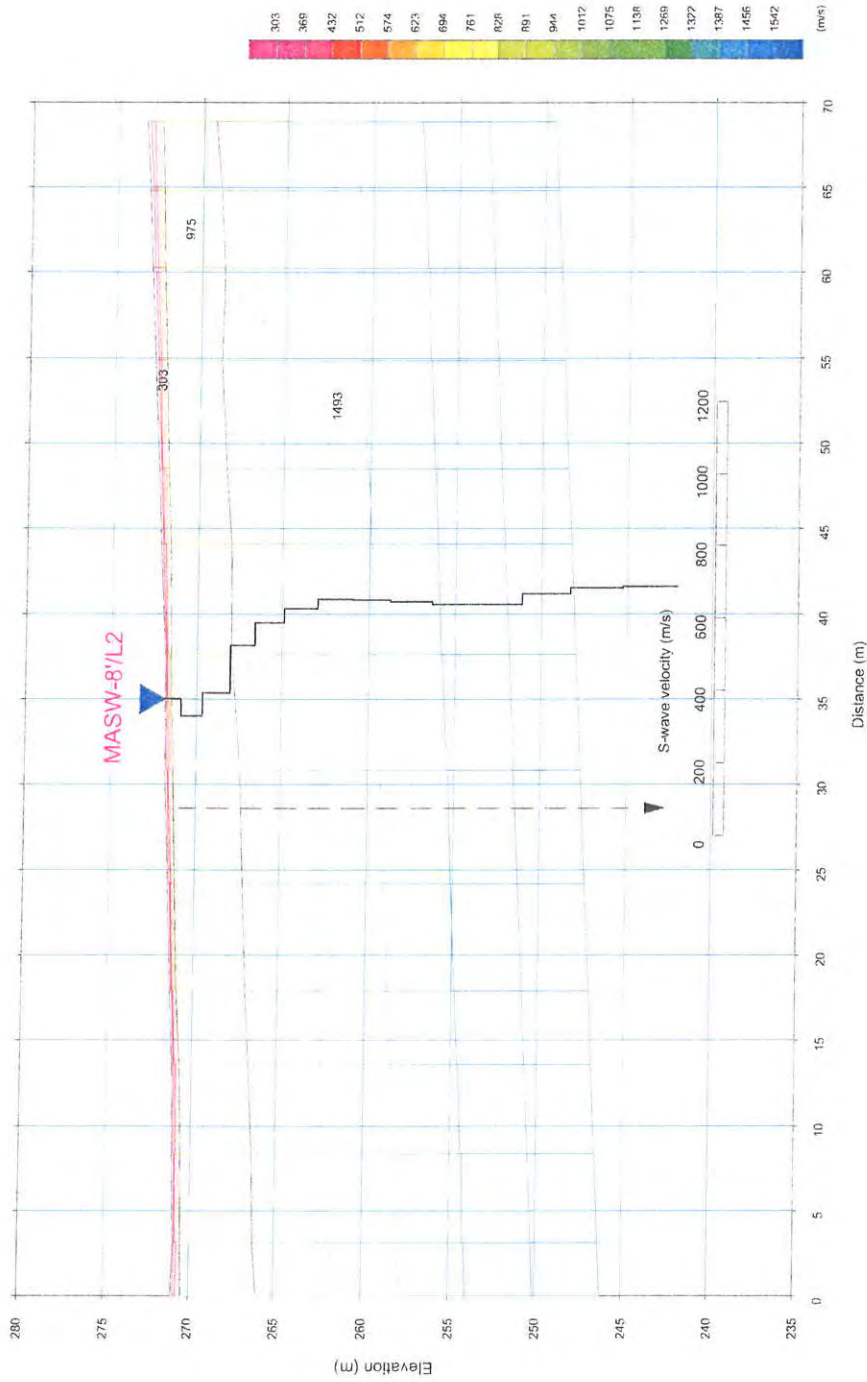



Empresa Especializada  
 PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vs, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza

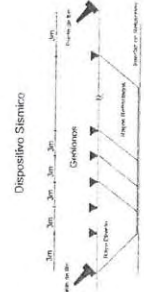
LÍNEA SÍSMICA PS - 8'/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1493$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 975$  m/s)  
 ESPESOR ( $3.2 < H < 4.7$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 303$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.3 < H < 0.9$  m)  
 Material de baja consolidación.



CLIENTE:	EMPRESA FORMADORA:	INSTRUMENTOS:	REVISOR:
Geocoisult	Geocoisult	INGENIERO: Ing. Anthony Lopez P. INGENIERO: Ing. Rocio Mendiola C. VERIFICADO: Ing. Freddy Godale H. PRESENTE: Ing. Freddy Godale H.	INGENIERO: Ing. Rocio Mendiola C. VERIFICADO: Ing. Freddy Godale H. PRESENTE: Ing. Freddy Godale H.
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"		PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA	
ESPALA:		PÁGINA:	
FECHA: SEPTIEMBRE 2013		P-10	

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-8'/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk	LEYENDA
0.3 - 0.9	PS-8'/L2	893	196.95	1.24	*p	1500.00	2.83E+07	4.02E+08	6.64E+07	1ra Capa
3.2 - 4.7	PS-8'/L2	975	633.75	1.24	0.1302	1600.00	6.43E+08	3.34E+09	6.64E+08	2da Capa
>30	PS-8'/L2	1493	895.80	1.29	0.2188	1700.00	1.36E+09	6.39E+09	1.97E+09	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

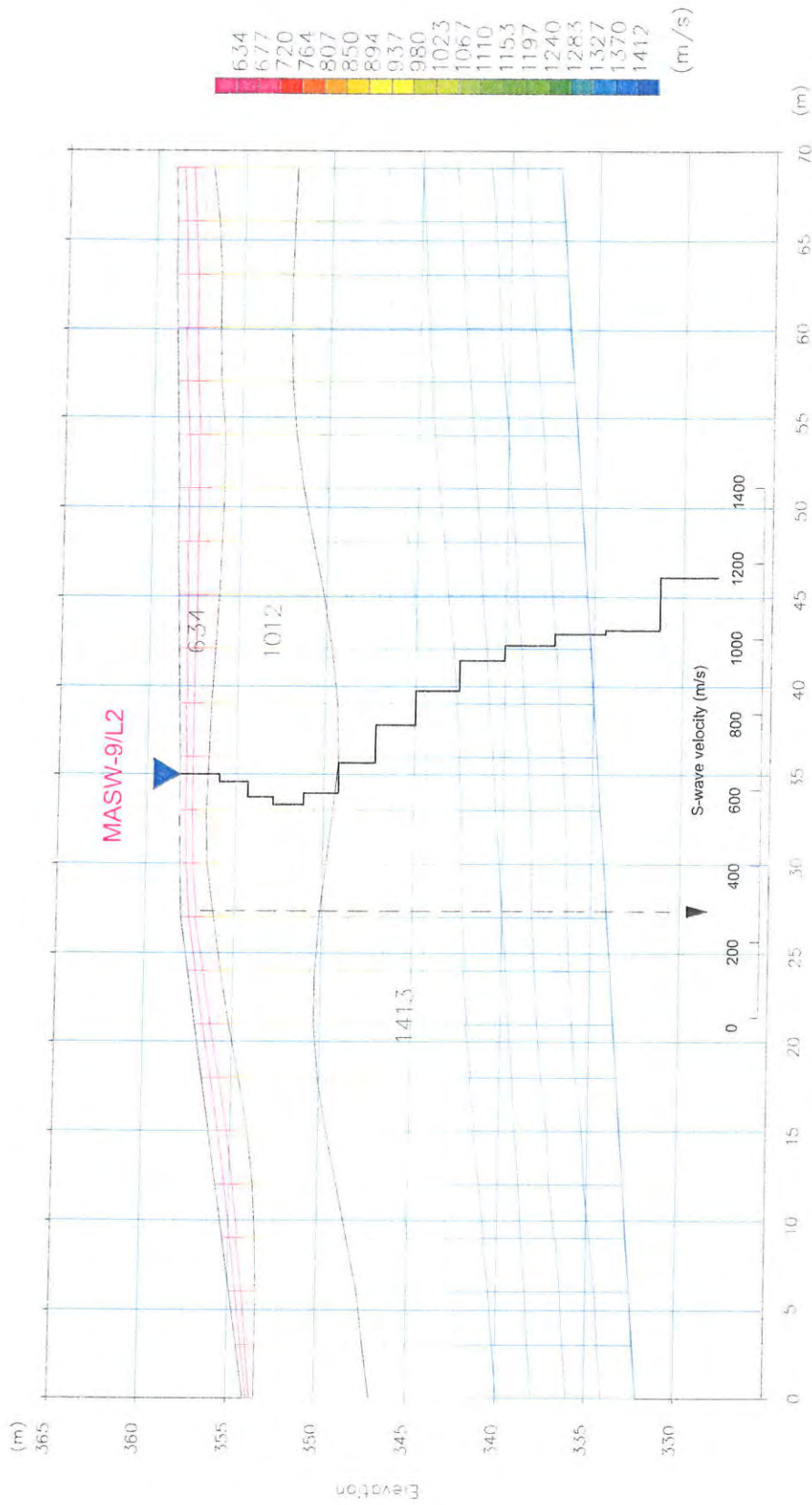


(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vs, es obtenida por relacion matematica, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza





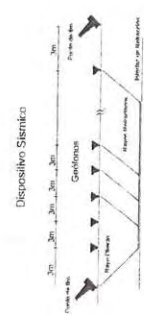
LÍNEA SÍSMICA PS - 9/L2



CAPA 03 ( $V_p = 1413$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 1012$  m/s)  
 ESPESOR ( $4.0 < H < 7.3$  m)  
 Material de mediana a alta consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 634$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.6 < H < 2.6$  m)  
 Material de baja consolidación.



<p>INSTITUCIÓN: <b>CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA</b></p> <p>PROYECTO: <b>"PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"</b></p>	<p>FECHA: <b>SEPTIEMBRE 2013</b></p> <p>ESCALA: <b>P-11</b></p>
<p>CLIENTE: <b>ING. ANTHONY LÓPEZ P.</b></p> <p>INGENIERO: <b>ING. ROCÍO MORALES C.</b></p> <p>PROYECTISTA: <b>ING. FRANKY CRISTÓ H.</b></p>	<p>TÍTULO: <b>PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA</b></p>
<p>LOGO: <b>Geoconsult</b></p>	<p>LOGO: <b>INSTITUTO NACIONAL DE GEOTECNIA</b></p>

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-9/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson Vx	Razón de Poisson *p	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte G (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )
0.0 - 2.6	PS-9/L2	614	412.10	1.24	0.1342	1500.00	2.55E+08	1.34E+09	2.03E+08
3.0 - 7.3	PS-9/L2	1012	657.80	1.24	0.1342	1700.00	7.36E+08	3.82E+09	7.60E+08
>30	PS-9/L2	1413	847.80	1.29	0.2188	1800.00	1.29E+09	6.06E+09	1.87E+09

LEYENDA

	1ra Capa
	2da Capa
	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001



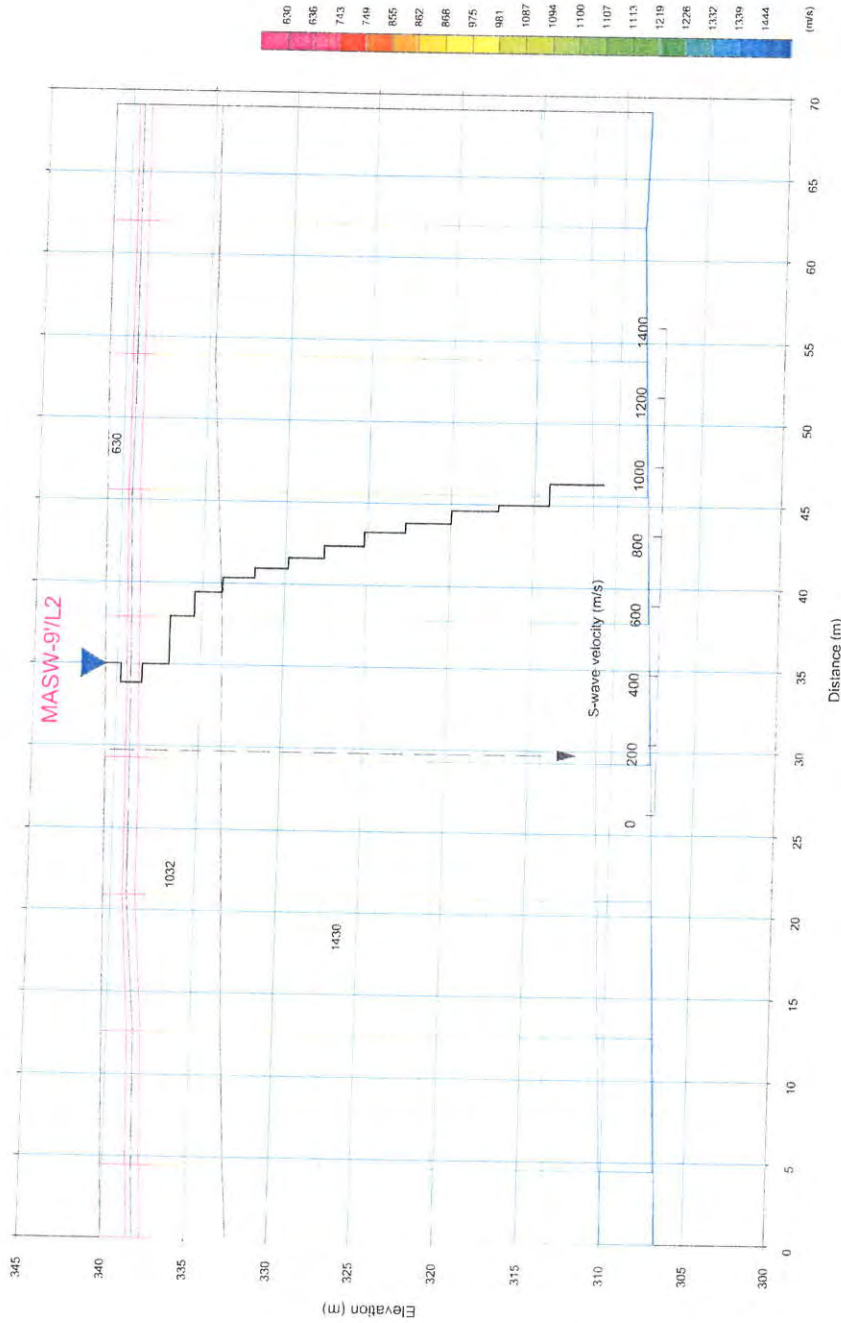

Fuente: Empresas Especializadas  
 PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"  
 FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Chola de Corte, Vs, es obtenida por relacion matematica, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza.



A

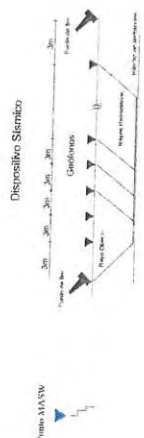
LÍNEA SÍSMICA PS - 9/L2



CAPA 01 (Vp = 630 m/s)  
 ESPESOR (1.4 < H < 1.9 m)  
 Material de baja consolidación.

CAPA 02 (Vp = 1032 m/s)  
 ESPESOR (4.7 < H < 5.7 m)  
 Material de mediana a alta consistencia.

CAPA 03 (Vp = 1430 m/s)  
 ESPESOR (> 30 m)  
 Material compacto.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

ESCALA: 1:1000  
 FECHA: 09/09/2010  
 P-12

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INGENIERO: Ing. Anthony Laguna P.  
 DIBUJO: Ing. Rocio Mapiura C.  
 VERIFICACIÓN: Ing. Freddy Córdova H.  
 PRESENTACIÓN: Ing. Freddy Córdova H.



EMPRESA ESPECIALIZADA

CLIENTE



PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-9'/L2

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk	LEYENDA
1.4 - 1.9	PS-9'/L2	630	497.50	1.24	*p	1500.00	2.53E+08	1.41E+09	1.69E+08	1ra Capa
4.7 - 5.7	PS-9'/L2	1032	670.80	1.24	0.1372	1700.00	7.65E+08	3.97E+09	7.91E+08	2da Capa
>30	PS-9'/L2	1430	858.00	1.29	0.2188	1800.00	1.33E+09	6.21E+09	1.91E+09	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

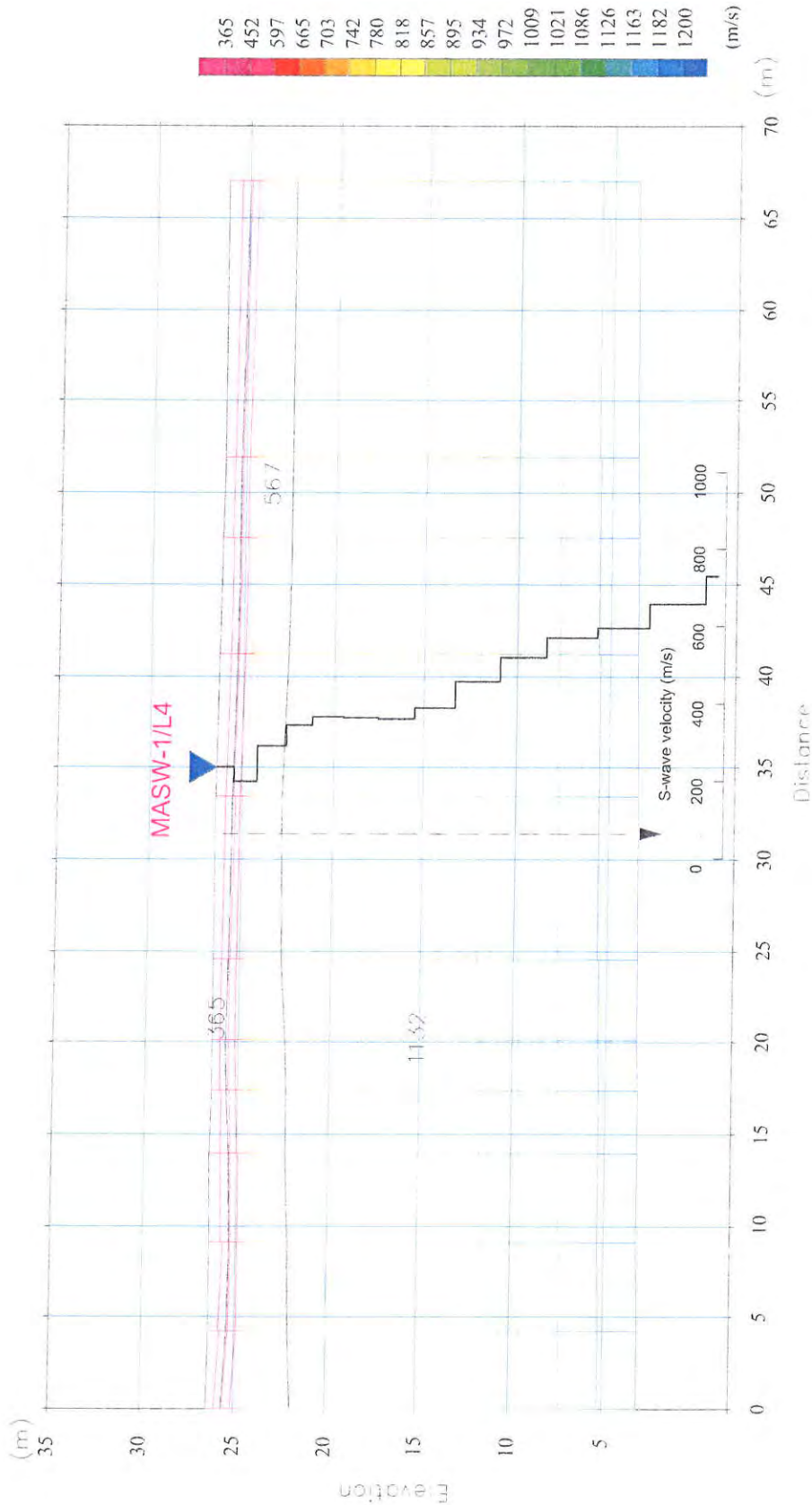
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vx, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza.



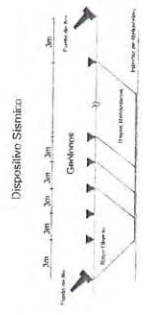
LÍNEA SÍSMICA PS - 1/L4



CAPA 03 ( $V_p = 1132$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 567$  m/s)  
 ESPESOR ( $2.5 < H < 3.8$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 365$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.7 < H < 1.1$  m)  
 Material de baja consolidación.



CLIENTE		INGENIERO: Ing. Anthony Lopez P. DISEÑO: Ing. Rocío Machuca C. VERIFICADO: Ing. Freddy Cordero H. PRESIDENTE: Ing. Freddy Cordero H.	PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	PLANO: PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA	ESCALA: GRÁFICA FECHA: SEPTIEMBRE 2013	REV.
<b>P-13</b>						

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-1/L4

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa (v) Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk
0.7-1.1	PS-1/L4	365	337.55	0.26	0.332	1500.00	8.44E+07	4.38E+08	8.73E+07
2.5-3.8	PS-1/L4	567	368.55	0.24	0.432	1600.00	2.17E+08	1.13E+09	2.35E+08
>30	PS-1/L4	1132	679.20	0.29	0.2188	1700.00	7.84E+08	3.68E+09	1.13E+09

**LEYENDA**

	1ra Capa
	2da Capa
	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

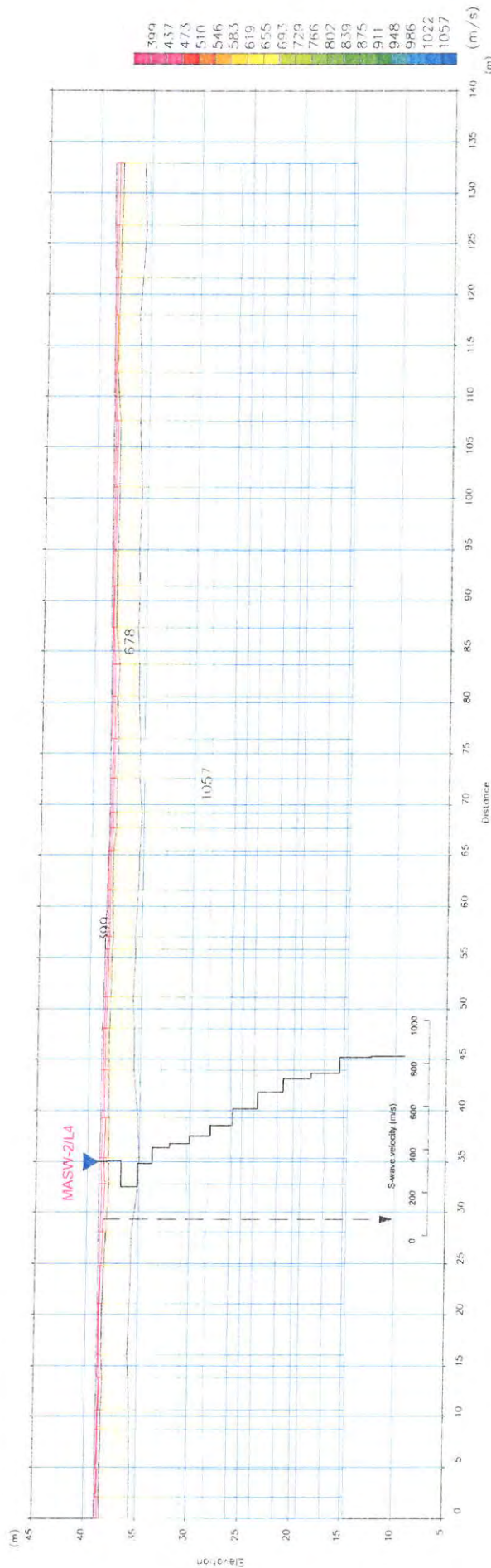
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
"PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte,  $V_s$ , es obtenida por reducción manual, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de certeza.



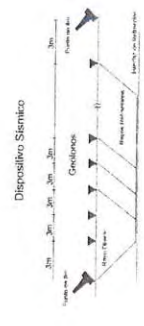
LÍNEA SÍSMICA PS - 2/L4



CAPA 01 ( $V_p = 399$  m/s)  
 ESPESOR ( $0.4 < H < 1.0$  m)  
 Material de baja consolidación.

CAPA 02 ( $V_p = 678$  m/s)  
 ESPESOR ( $2.1 < H < 3.0$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 03 ( $V_p = 1057$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.



INSTITUCIÓN: INGENIERÍA ESPAÑA ITCOA	FECHA: 17/09/2013	PÁGINA: 14
TÍTULO: PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	AUTORES: Ing. Alfonso Juan B. GARCÍA Ing. Rocío MARCHEN C. Ing. Freddy COELLO H. Ing. Freddy COELLO H.	ESCALA: 1:1
EMPRESA: Geoconsult	EMPRESA CONTRATANTE: Consorcio Nuevo Metro de Lima	TÍTULO: PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-2/L4

Espesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**)	Módulo de Corte	Módulo de Young	Módulo Bulk	LEYENDA
0.0 - 1.0	PS-2/L4	344	329.35	1.21	*p	1500.00	1.031E+08	3.24E+08	1.04E+08	1ra Capa
2.1 - 3.0	PS-2/L4	678	640.70	1.24	0.1302	1600.00	3.11E+08	1.61E+09	3.21E+08	2da Capa
>3.0	PS-2/L4	1057	634.20	1.29	0.2188	1700.00	6.84E+08	3.20E+09	9.88E+08	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASIV Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013



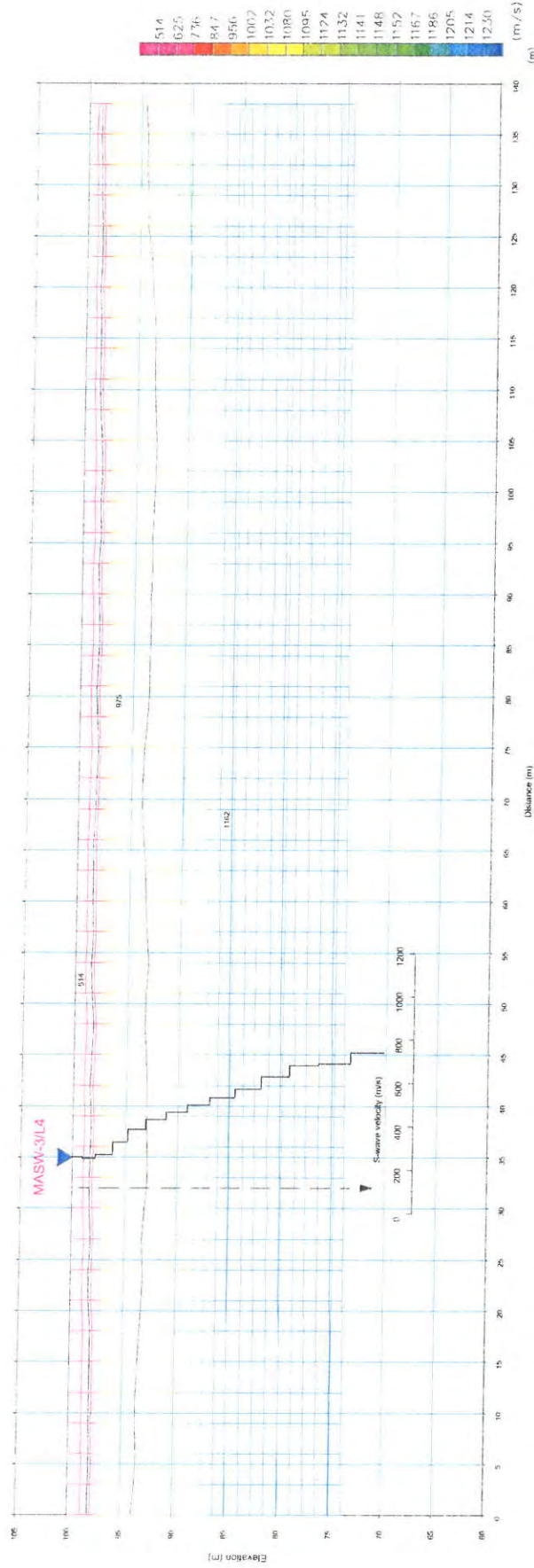
(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, V<sub>s</sub>, es obtenida por relación matemática, por lo que, se dice que es estimada y se aproxima a la real, con cierto grado de certeza



A



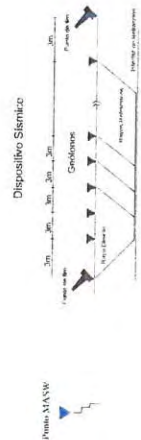
# LÍNEA SÍSMICA PS - 3/L4



CAPA 03 ( $V_p = 1162$  m/s)  
 ESPESOR ( $> 30$  m)  
 Material compacto.

CAPA 02 ( $V_p = 975$  m/s)  
 ESPESOR ( $4.2 < H < 5.5$  m)  
 Material de mediana consistencia.

CAPA 01 ( $V_p = 514$  m/s)  
 ESPESOR ( $1.1 < H < 1.9$  m)  
 Material de baja consolidación.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

[1340]

INSTITUCIÓN Ing. Anthony López P. DIBUJO Ing. Ricardo Machado C. VERIFICACIÓN Ing. Freddy Córdova H. PROYECTO Ing. Freddy Córdova H.	TÍTULO PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	PLANOS PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA	ESCALA 1:1000	FECHA 17/04/2014	REVISIÓN 01
---	---	--	------------------	---------------------	----------------



Handwritten signature or mark.

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-3/1,4

Esesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson Vx	Razón de Poisson *p	Densidad Estimada (***) d (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Corte E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young E (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk K (N/m <sup>2</sup> )	LEYENDA
1.1 - 1.9	PS-3/1,4	714	334.16	1.24	0.3432	1500.00	1.67E+08	8.69E+08	1.71E+09	1ra Capa
4.2 - 5.5	PS-3/1,4	975	633.75	1.24	0.1347	1600.00	6.43E+08	3.37E+09	6.64E+08	2da Capa
>30	PS-3/1,4	1162	697.20	1.29	0.2188	1700.00	8.26E+08	3.87E+09	1.19E+09	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

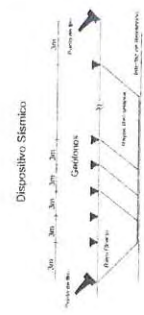
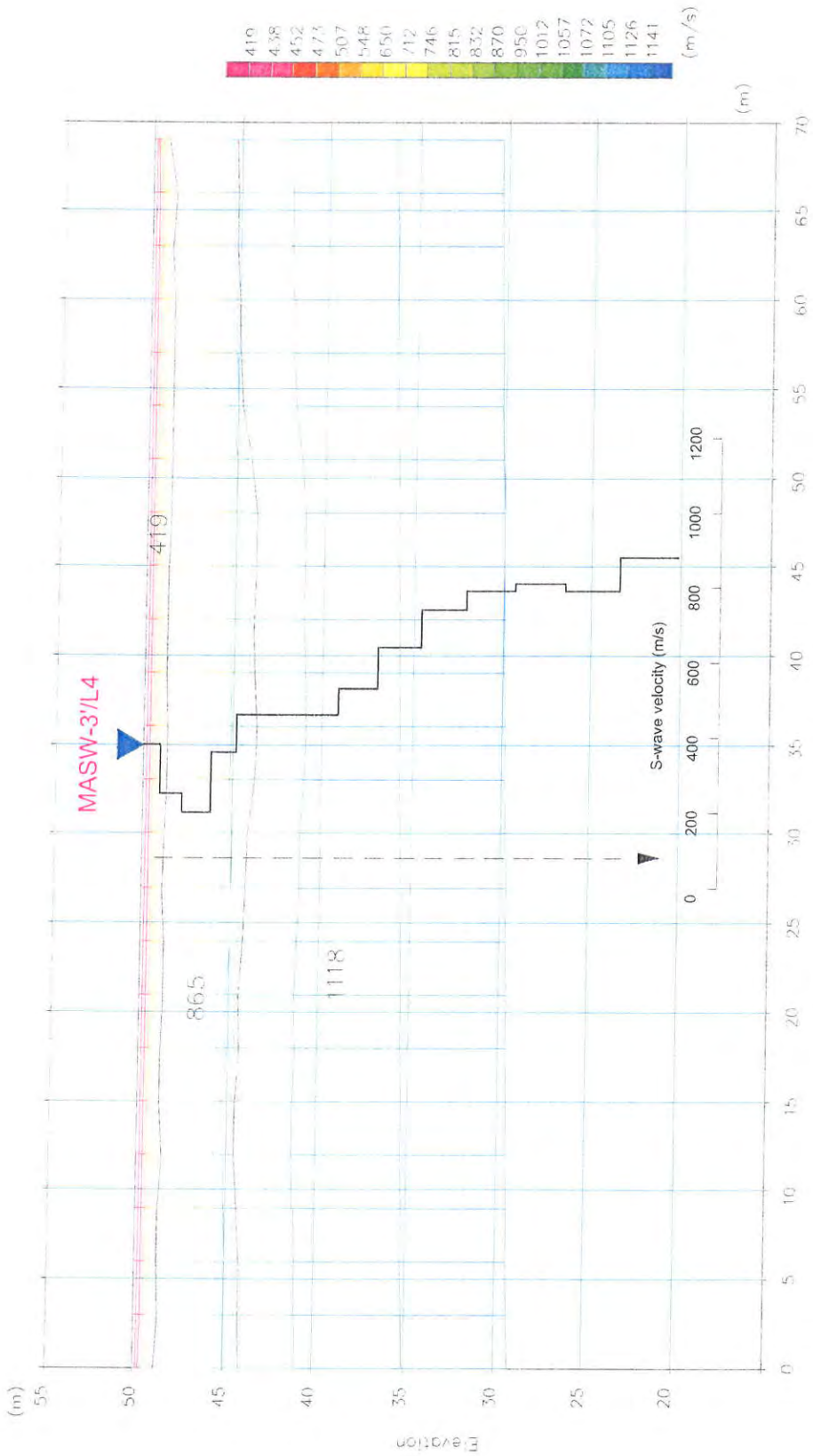
Clientes




(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, Vx, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con cierto grado de variación

A

LÍNEA SÍSMICA PS - 3'/L4



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

				DIRECTOR: Ing. Anthony Lopez P. DISEÑO: Ing. Ricardo Alvarado G. VERIFICÓ: Ing. Freddy Córdova H. PRESENTÓ: Ing. Freddy Córdova H.		TÍTULO: PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"		N.º MAPA: PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA		FOLIO A: PLAN		CÁLCULO: septiembre 2011		RF:	
												<b>P-16</b>			

PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS PS-3/L4

Esesor Promedio Capa (m)	Perfil Sísmico	Velocidad Capa Vp (m/s)	Velocidad Capa Vs Estimada (m/s)	Módulo de Poisson	Razón de Poisson	Densidad Estimada (**) (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Corte (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Young (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Bulk (N/m <sup>2</sup> )	LEYENDA
0.3 - 1.4	PS-6/L2	419	252.35	1.43	0.1342	1500.00	1.11E+06	5.38E+06	1.45E+08	1ra Capa
3.5 - 5.0	PS-6/L2	865	562.35	1.34	0.1342	1600.00	5.06E+08	2.63E+09	5.23E+08	2da Capa
>30	PS-6/L2	1118	670.80	1.29	0.2188	1700.00	7.65E+08	3.58E+09	1.10E+09	3ra Capa

(\*\*) Valores de densidad obtenidos de Telford et al, 2001

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACTACIÓN SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



Empresa Especializada

(\*) La Velocidad de la Onda de Corte, V<sub>s</sub>, es obtenida por relación matemática, por lo que se dice que es estimada y se aproxima a la real con un grado de certeza.

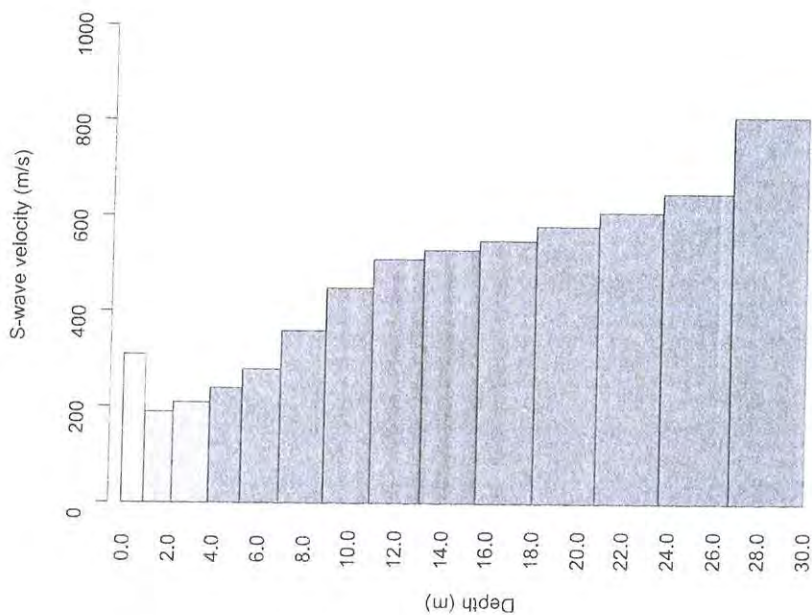
AK

8.3. PERFILES DE MASW Y GRÁFICOS VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA

---



VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 1/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s) Aritmética	S-velocity(m/s) Armónica
0.00	308.46	308.46
1.07	198.88	198.88
2.31	210.10	210.10
3.71	241.85	241.85
5.27	281.40	281.40
7.01	359.83	359.83
8.90	452.07	452.07
10.96	505.93	505.93
13.19	526.75	526.75
15.58	546.02	546.02
18.13	576.97	576.97
20.85	612.97	612.97
23.74	651.48	651.48
26.79	805.28	805.28
30.00	865.16	865.16
Vs 30	476.21	425.44



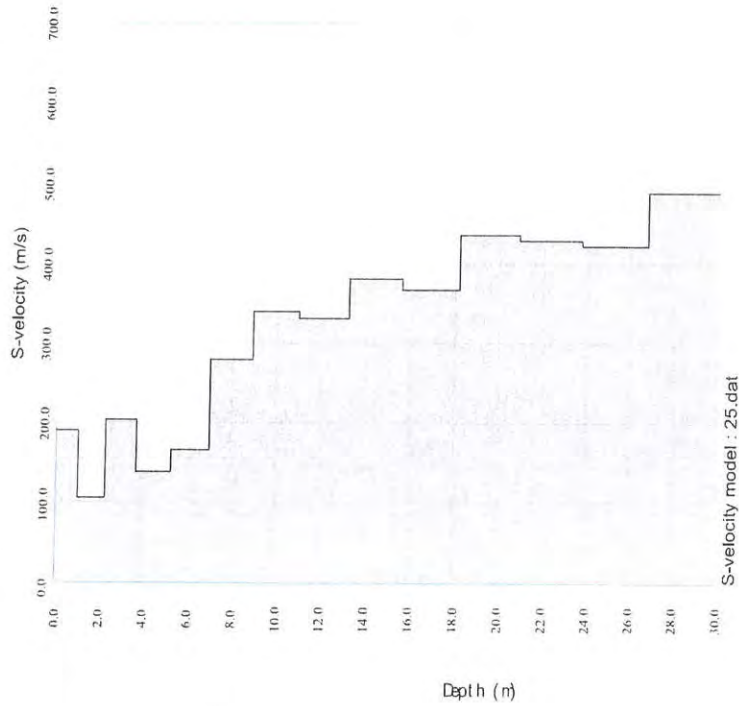

EMPRESA ASOCIADA: Ingenieros Asociados  
 INGENIEROS: Ing. Reinel Manríquez P.  
 INGENIEROS: Ing. Ricardo Mariani C.  
 INGENIEROS: Ing. Freddy Combe H.  
 PRESENTÓ: Ing. Freddy Combe H.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ESCALA: REV. 01  
 FECHA: SEPTIEMBRE 2013  
 TITULO: PERFIL DE MASW  
 PV-01

# MASW-1/L2 - MODO INVERSO (7 m)

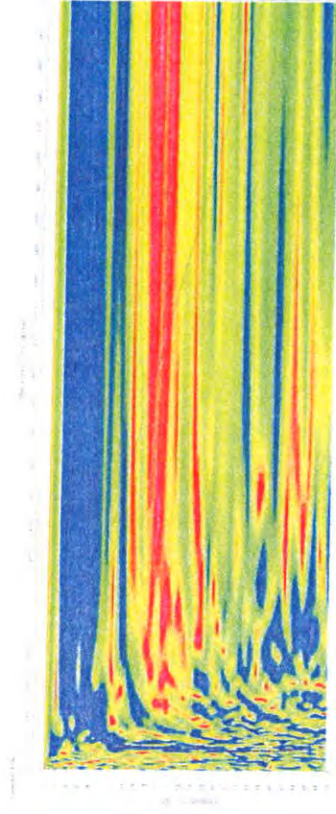
PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D



VARIACION DE LA VS



GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



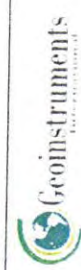
CURVA DE DISPERSION



UBATE



INGENIERIA CIVIL



REALIZADO POR

Ing. Rogio Machaca C.

ESCALA

GRAFICA

LABORA

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

ESTUDIO DE MASW

REALIZADO POR

Ing. Freddy Ccallo H.

FECHA

SEPTIEMBRE - 2013

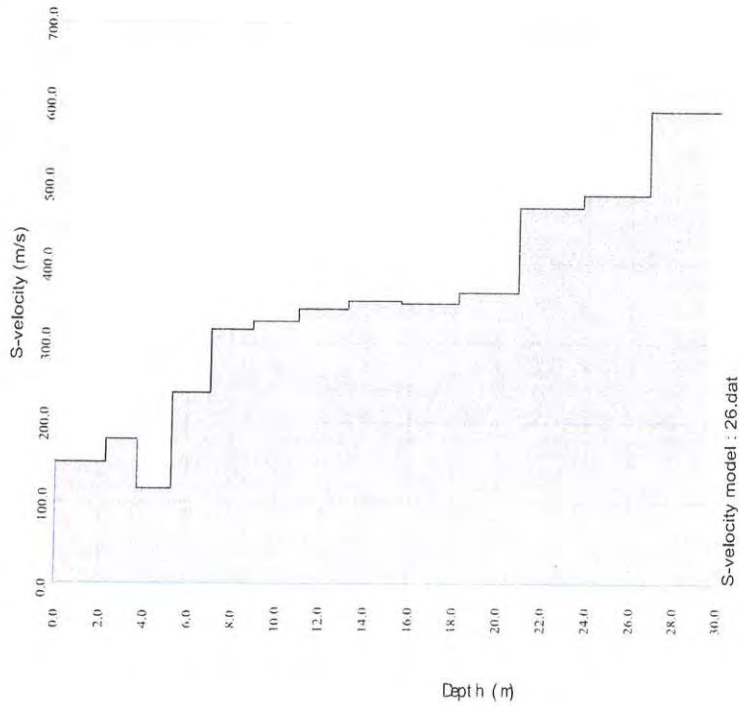
LABORA

CD-01



# MASW-1/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D



VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



[1347] 79

CLIENTE				PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO" Ing. Rocio Marchaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	EFECTIVA	GRAFICA	LAFUNIA
	ESTUDIO DE MASW	EFECTIVA			EFECTIVA	SEPTIEMBRE -2013	CD-02

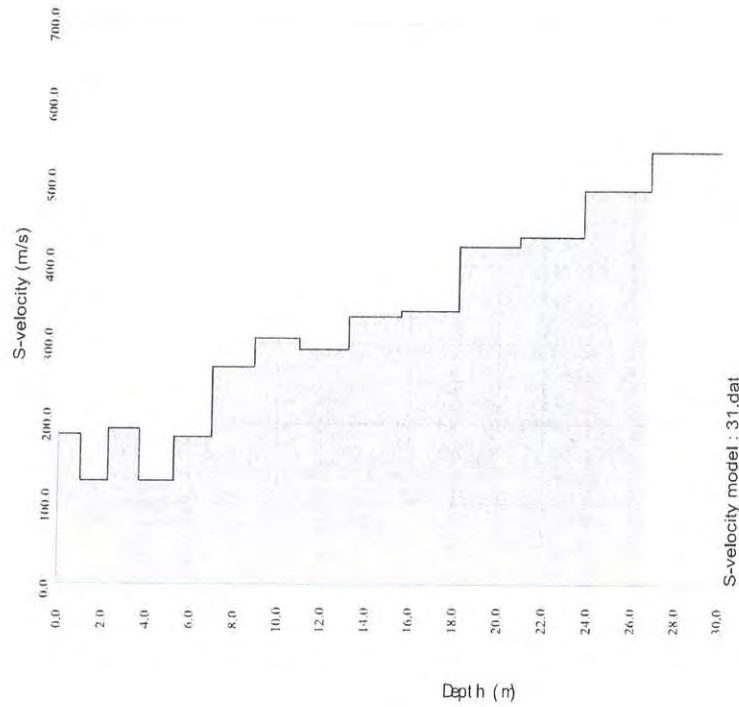
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

A



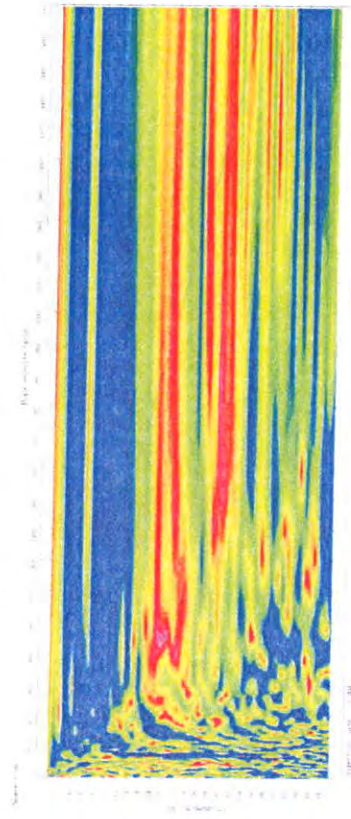
**MASW-1/L2 - MODO INVERSO (28 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

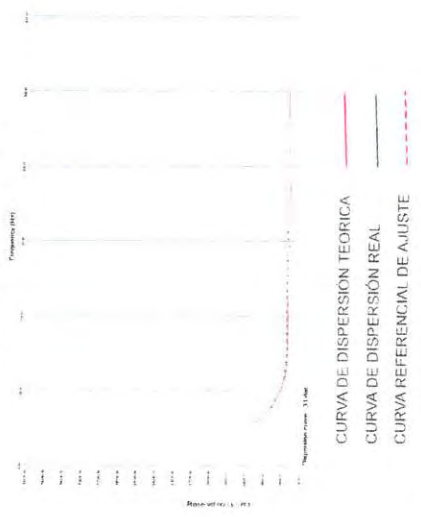


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



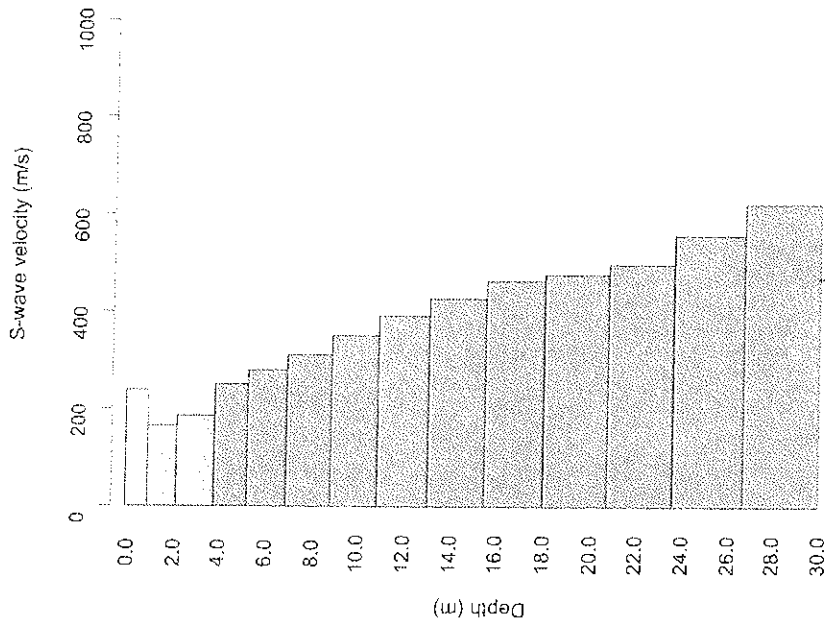
CURVA DE DISPERSIÓN



		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		REPRESENTANTE POR Ing. Rocio Machaca C.	ESPECIALISTA GRÁFICA
CLIENTE ESTUDIO DE MASW	REPRESENTANTE POR Ing. Freddy Ccallo H.	REPRESENTANTE POR Ing. Rocio Machaca C.	REPRESENTANTE POR Ing. Freddy Ccallo H.
		FECHA SEPTIEMBRE - 2013	LÁMINA CD-03



VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 2/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	238.89	238.89
1.07	165.40	165.40
2.31	186.31	186.31
3.71	251.26	251.26
5.27	280.09	280.09
7.01	312.00	312.00
8.90	351.48	351.48
10.96	392.56	392.56
13.19	427.93	427.93
15.58	464.12	464.12
18.13	477.39	477.39
20.85	498.57	498.57
23.74	558.69	558.69
26.79	622.96	622.96
30.00	829.75	829.75
Vs 30	403.83	362.81

INSTITUCIÓN EJECUTIVA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

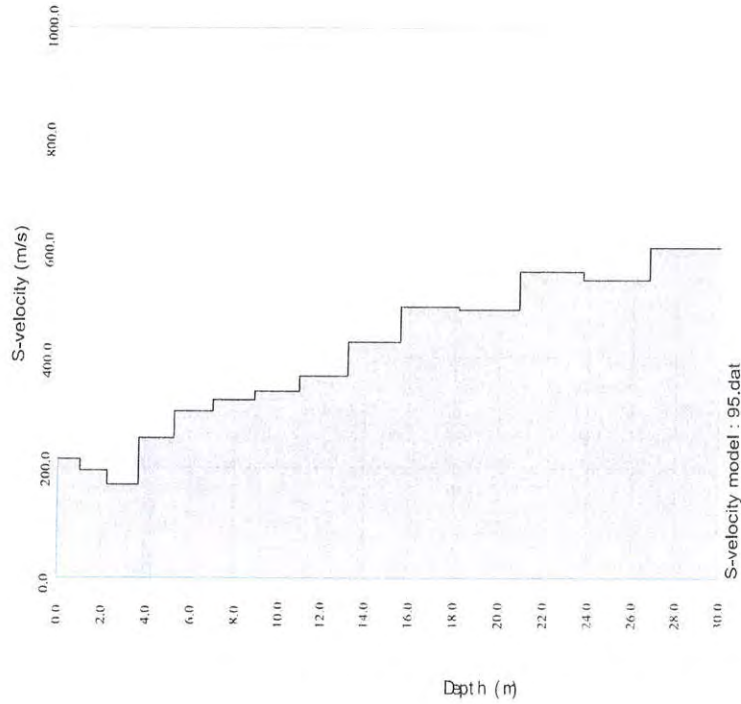
PERÚ, DE MASW  
 PV-02

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



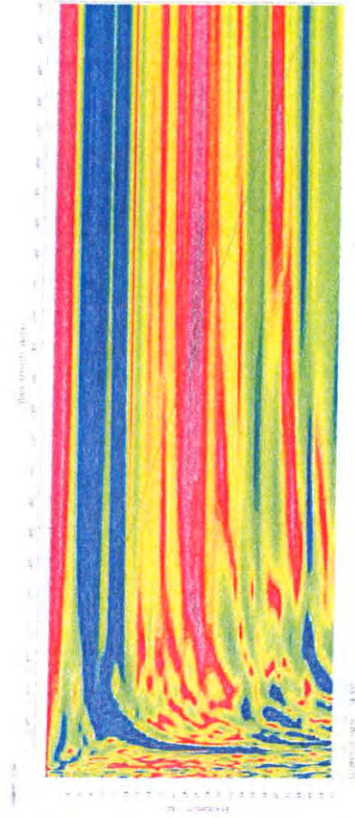
# MASW-2/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

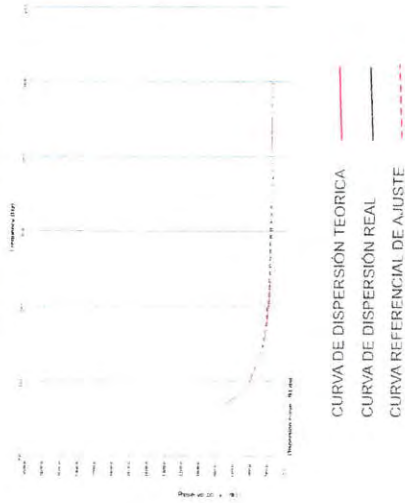


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



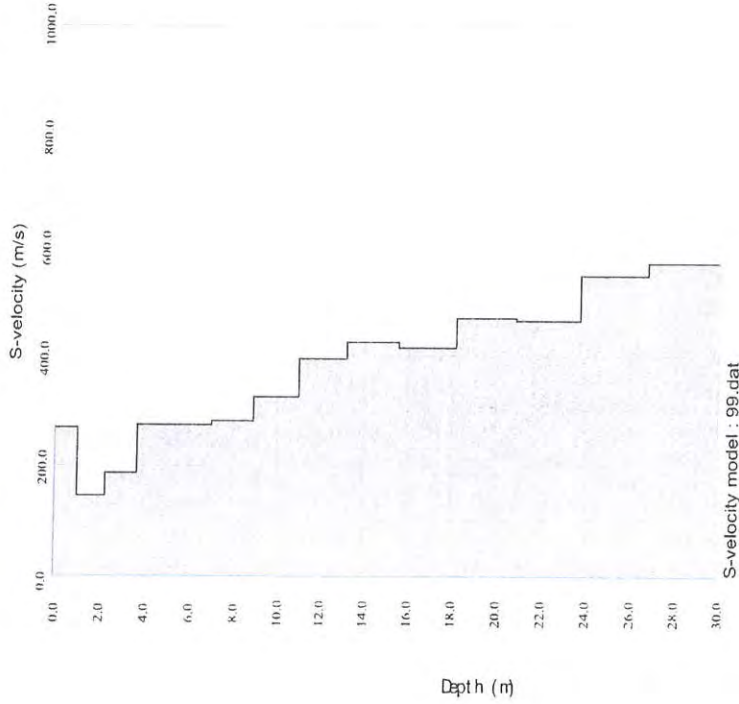
CURVA DE DISPERSIÓN



- CURVA DE DISPERSIÓN TEORICA
- CURVA DE DISPERSIÓN REAL
- CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

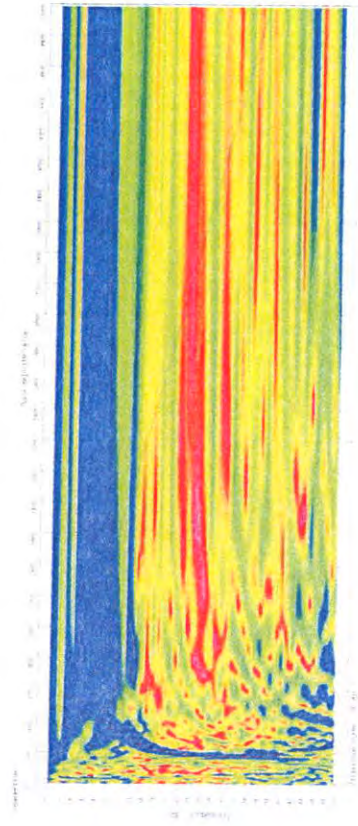
# MASW-2/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D



VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



[1351]  
000983

		PREPARADO POR Ing. Rocio Machaca C.	TÍTULO GRÁFICA	LÁMINA CD-02
		ESTUDIO DE MASW	FECHA SEPTIEMBRE - 2013	

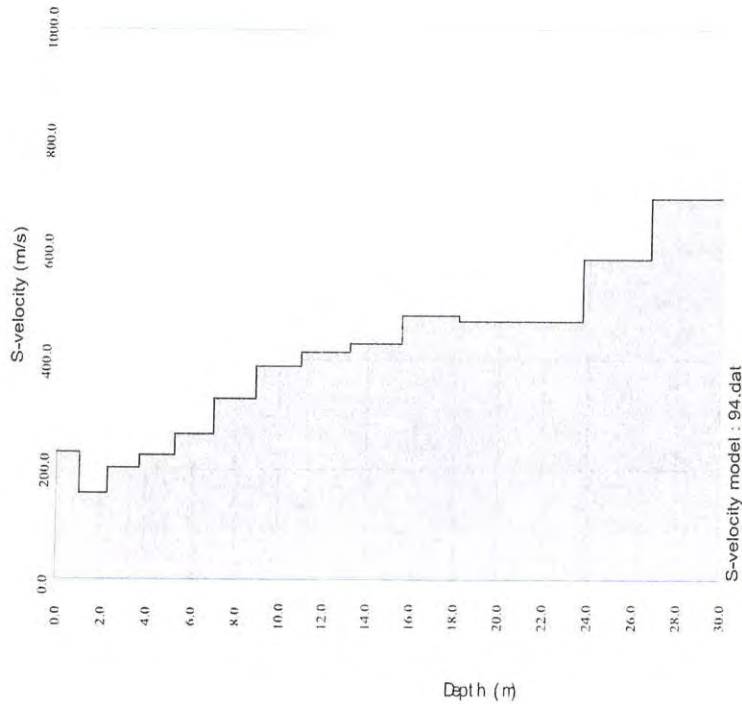
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*(Handwritten mark)*

# MASW-2/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

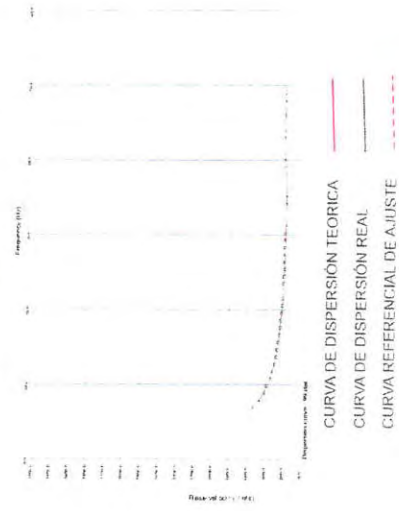


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION

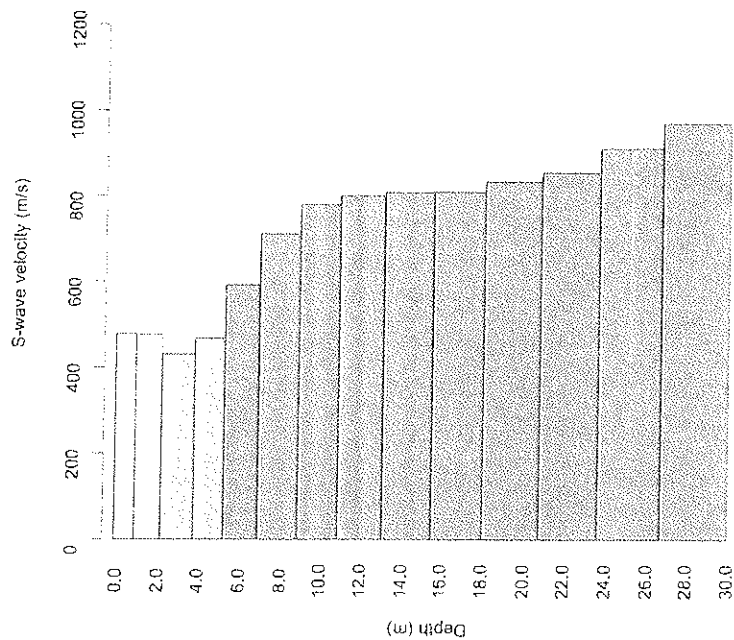


[1352]  
000984

	INGENIERO P. H.		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	ESCALA GRAFICA	LAMINA CD-03
	ESTUDIO DE MASW	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	ESPECIALISTA P. H. INGENIERO P. H.	FECHA SEPTIEMBRE 2013	



VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 3/L2



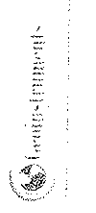
Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	479.00	479.00
1.07	477.25	477.25
2.31	431.87	431.87
3.71	469.37	469.37
5.27	592.82	592.82
7.01	712.27	712.27
8.90	779.94	779.94
10.96	801.34	801.34
13.19	808.30	808.30
15.58	810.39	810.39
18.13	834.17	834.17
20.85	855.52	855.52
23.74	911.22	911.22
26.79	969.51	969.51
30.00	1319.27	1319.27
Vs 30	750.15	717.52

ESTADO  
INICIAVA  
REF: 000985-2015  
PV-03

PERFIL DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INGENIERO: ING. RICARDO MONTAÑA S.  
INGENIERO: ING. ROSELY MONTAÑA S.  
INGENIERO: ING. FREDY CHILIN R.  
INGENIERO: ING. FREDY CHILIN R.

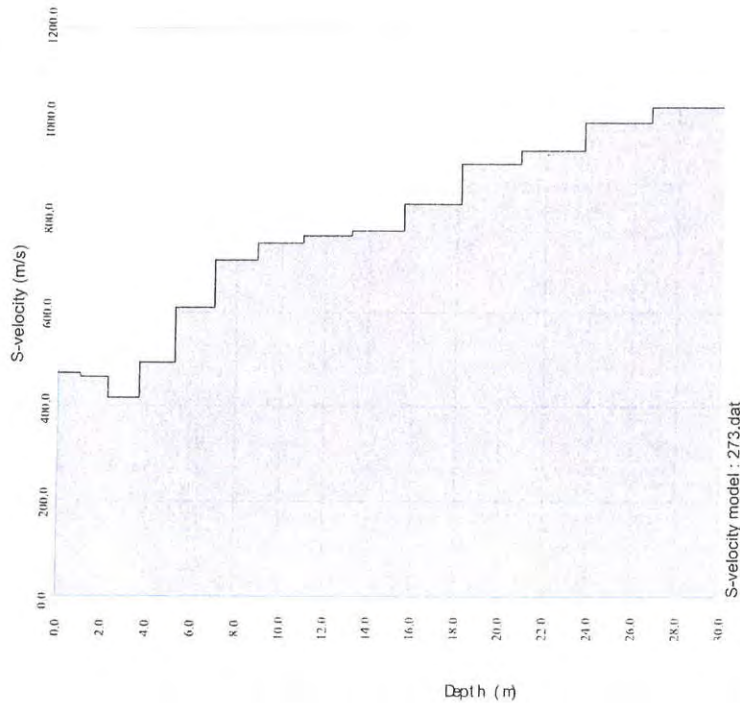


CONSORCIO NUESTRO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



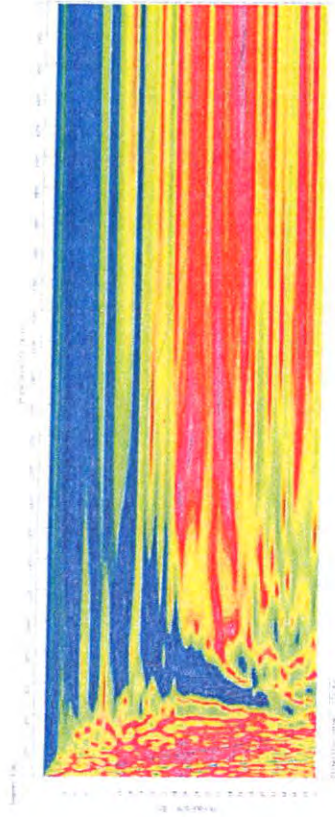
# MASW-3/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

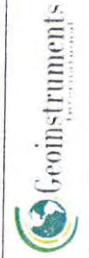
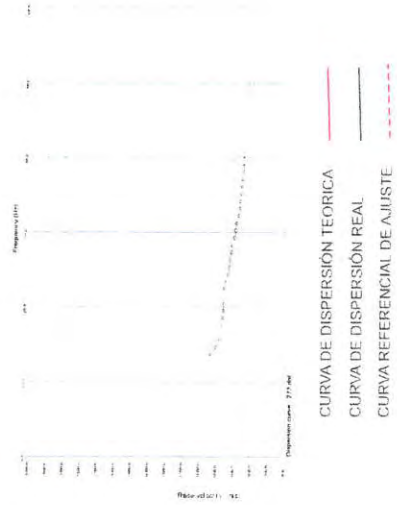


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



INGENIEROS EN CIVIL  
ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

REALIZADO POR: Ing. Rocio Machaca C.  
 REVISADO POR: Ing. Freddy Ccallo H.

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

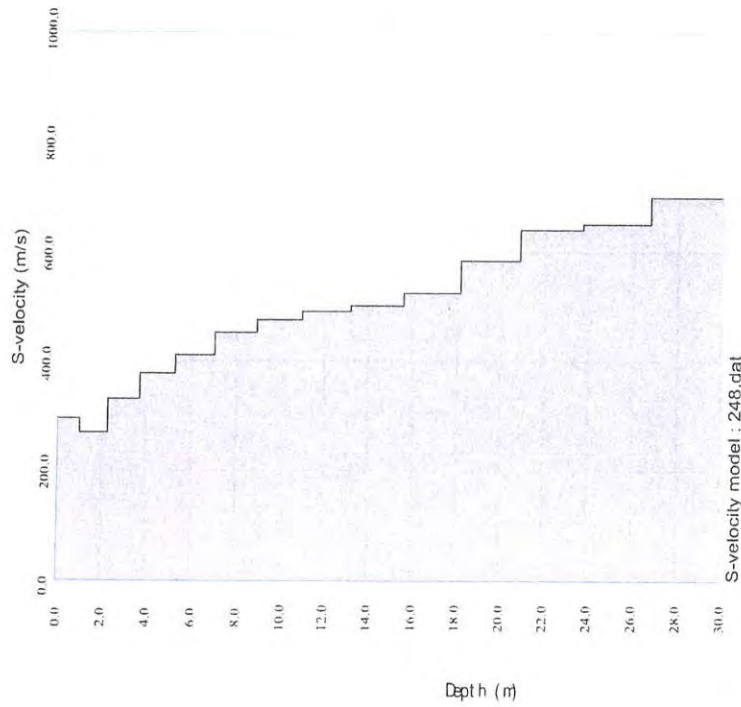
GRAFICA

CD-01



**MASW-3/L2 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

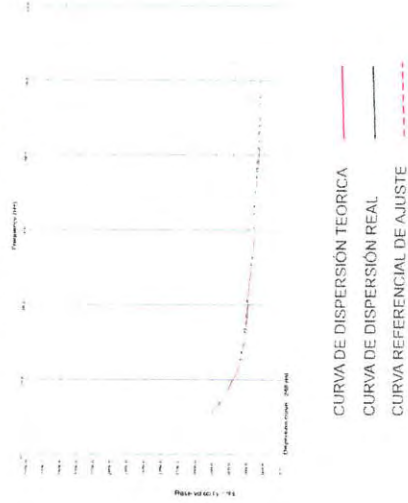


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



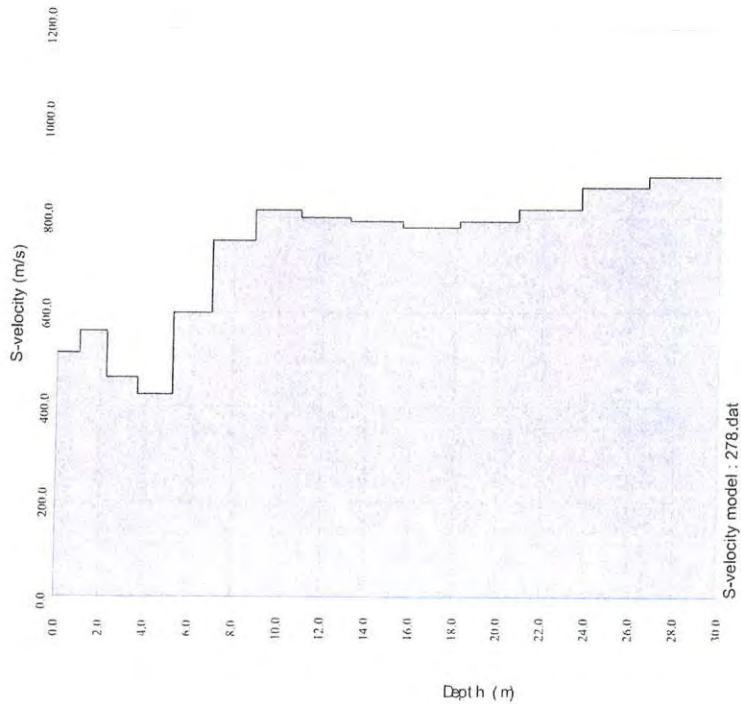
	PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
	REALIZADO POR Ing. Rocio Machaca C.	ESPECIALISTA Grafica
ESTUDIO DE MASW	REVISADO POR Ing. Freddy Crallo H.	FECHA SEPTIEMBRE -2013
CLIENTE CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA ALFONSO JUAN BASABE GARCIA REPRESENTANTE LEGAL		LAJUNIA CD-02

*(Handwritten signature)*



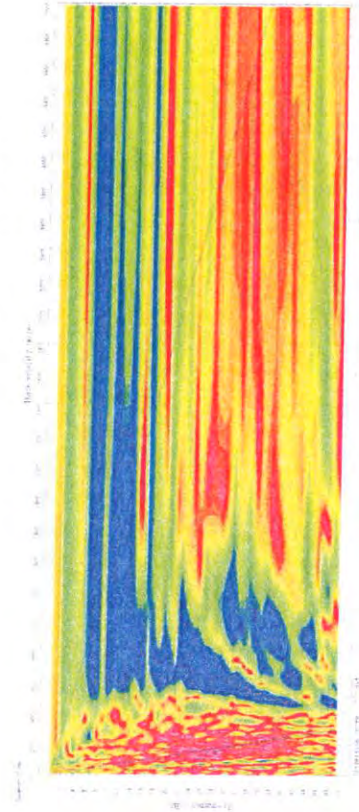
# MASW-3/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

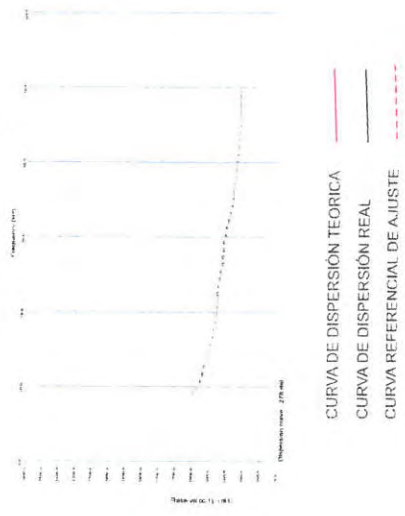


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA

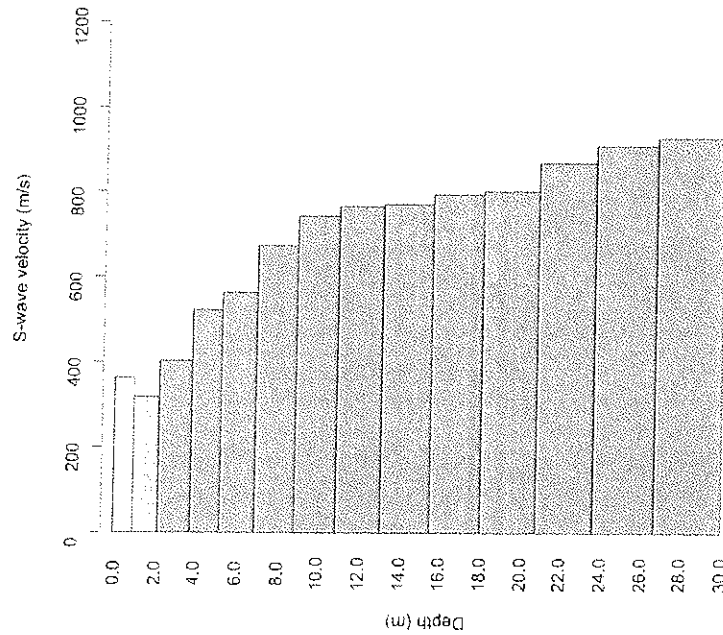


CURVA DE DISPERSIÓN

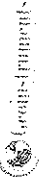
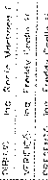


		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
	ESTUDIO DE MASW	REALIZADO POR Ing. Rocio Machaca C.	ESCALA GRÁFICA SEPTIEMBRE - 2013
CLIENTE CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA FONSO JUAN BASABE GARCIA REPRESENTANTE LEGAL	PRESENTADO POR ESTUDIO DE MASW	REALIZADO POR Ing. Freddy Ccallo H.	ESCALA GRÁFICA SEPTIEMBRE - 2013

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 4/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	363.60	363.60
1.07	318.91	318.91
2.31	403.71	403.71
3.71	523.64	523.64
5.27	564.51	564.51
7.01	674.00	674.00
8.90	743.43	743.43
10.96	766.65	766.65
13.19	771.44	771.44
15.58	795.04	795.04
18.13	803.59	803.59
20.85	870.23	870.23
23.74	910.45	910.45
26.79	928.85	928.85
30.00	1534.65	1534.65
Vs 30	731.51	671.79

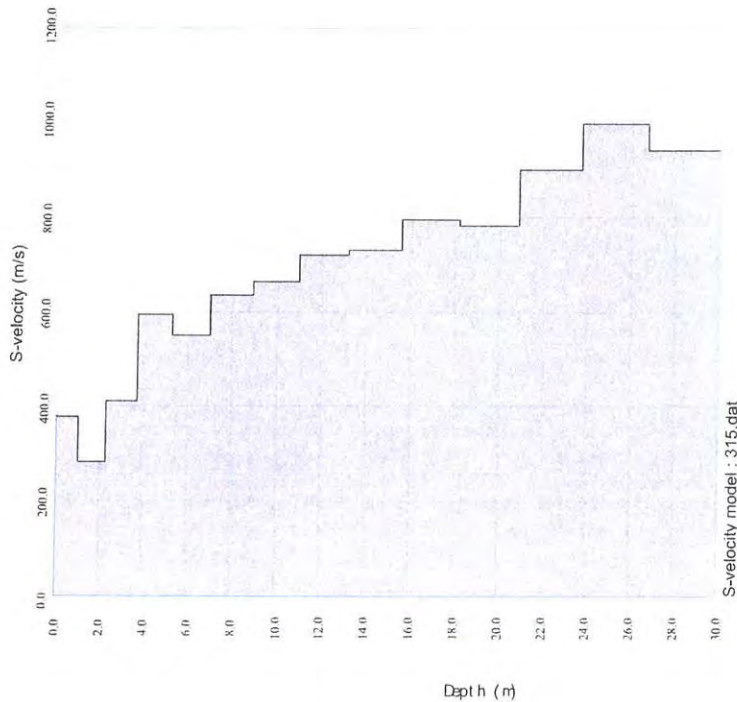
EMPRESA ESPECIALIZADA EN: **ING. ROLANDO MONTENEGRO**  
 DISEÑO: **ING. ROLANDO MONTENEGRO**  
 EJECUCIÓN: **ING. FRANCISCO GARCÍA**  
 PRESIDENTE: **ING. FRANCISCO GARCÍA**

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

P. PAR: PERILL, DE MASW  
 PV-04

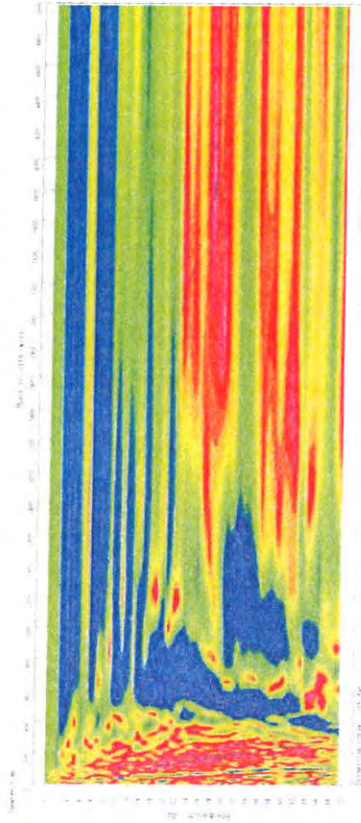
# MASW-4/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

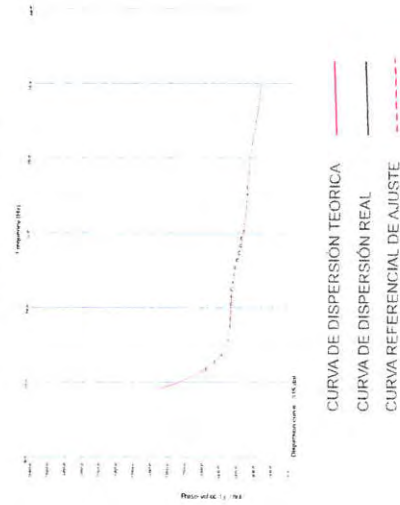


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



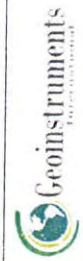
CURVA DE DISPERSIÓN



CLIENTE



PRESENTADO POR



ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

REALIZADO POR

Ing. Rocio Machaca C.

FIGURA

GRÁFICA

SEPTIEMBRE - 2013

LÁMINA

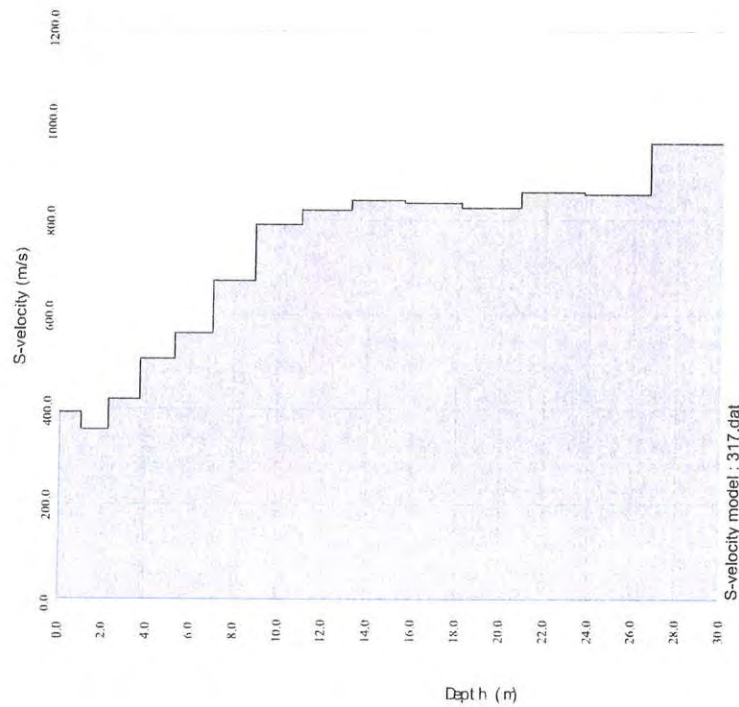
CD-01

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



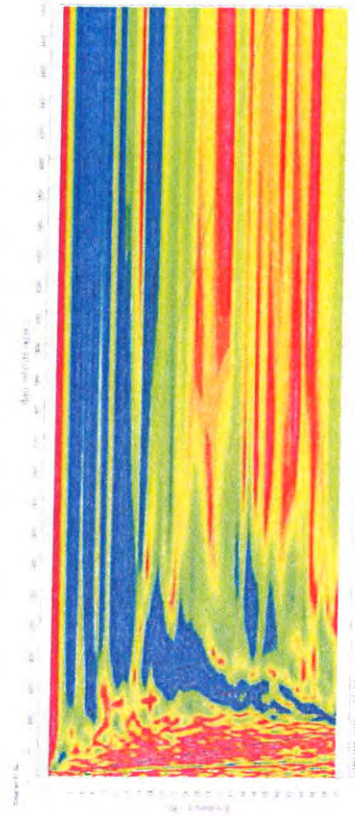
# MASW-4/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

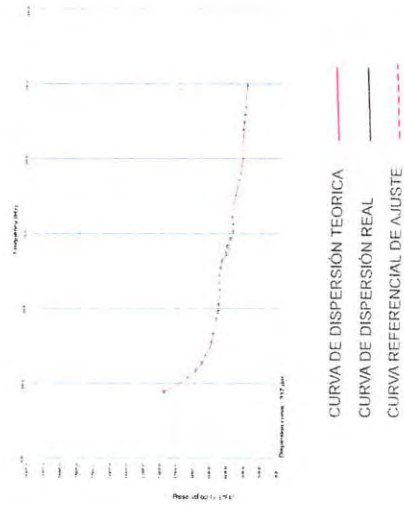


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



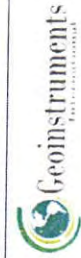
CURVA DE DISPERSIÓN



CLIENTE



RESUMEN POR



ESTUDIO DE MASW

REALIZADO POR  
ING. ROCÍO MACHACA C.

REVISADO POR  
ING. FREDDY CUALLO H.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ESCALA  
GRÁFICA

FECHA  
SEPTIEMBRE - 2013

LABORA  
CD-02

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

# MASW-4/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

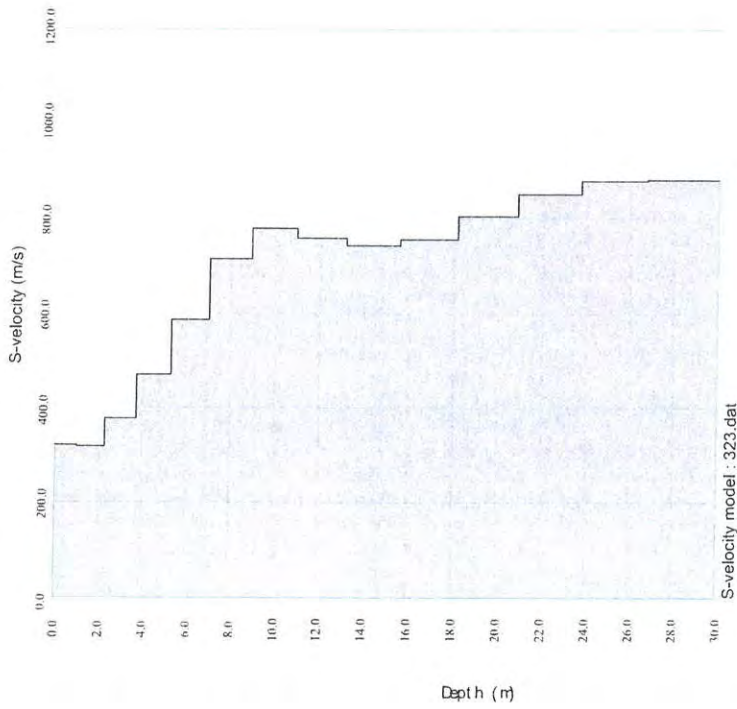
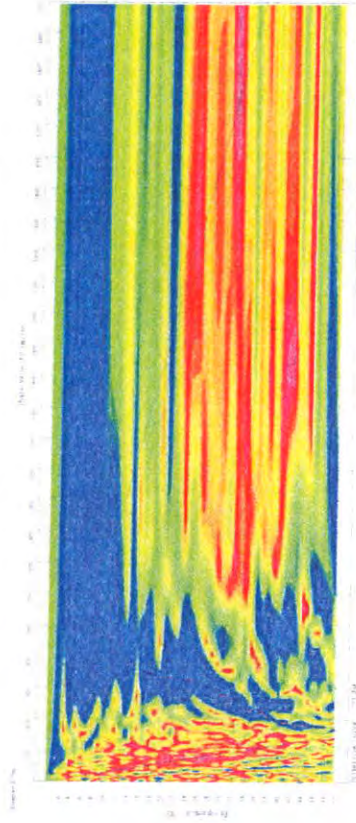
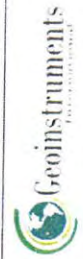
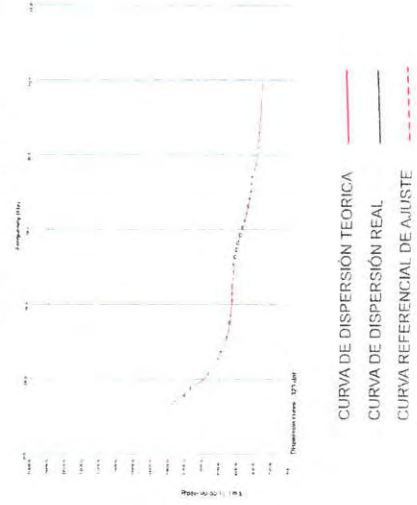


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



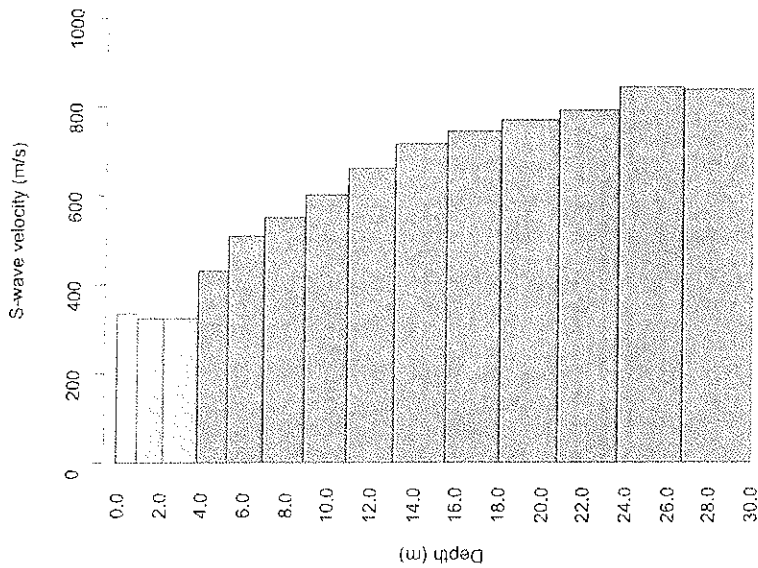
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

REALIZADO POR: Ing. Rocio Marchaca C.  
 REVISADO POR: Ing. Freddy Ccallo H.

ESTUDIO DE MASW

ESCALA: GRAFICA  
 FECHA: SEPTIEMBRE - 2013  
 LAMINA: CD-03

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 5/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	335.23	335.23
1.07	324.52	324.52
2.31	324.35	324.35
3.71	431.21	431.21
5.27	509.74	509.74
7.01	550.59	550.59
8.90	602.04	602.04
10.96	661.13	661.13
13.19	716.86	716.86
15.58	744.53	744.53
18.13	769.72	769.72
20.85	791.17	791.17
23.74	843.34	843.34
26.79	837.72	837.72
30.00	1161.47	1161.47
Vs 30	640.24	600.24

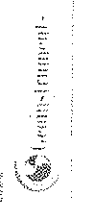
[1361] 000993

PROYECTO: PERIL DE MASW  
FECHA: 15/05/2017  
PV-05

PERIL DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

INGENIERO: Ing. Ricardo Muroga  
INGENIERO: Ing. Ricardo Pichardo  
INGENIERO: Ing. Freddy Espinoza

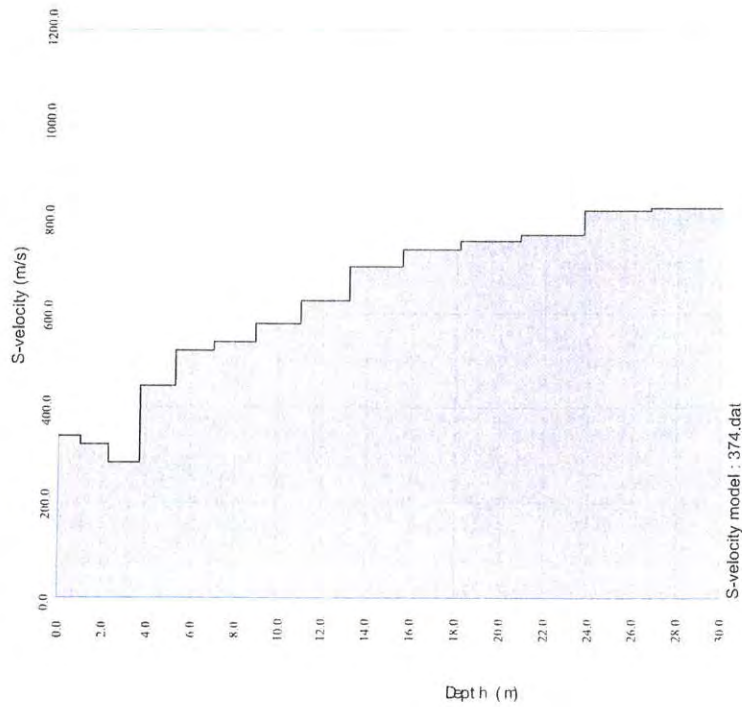


CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



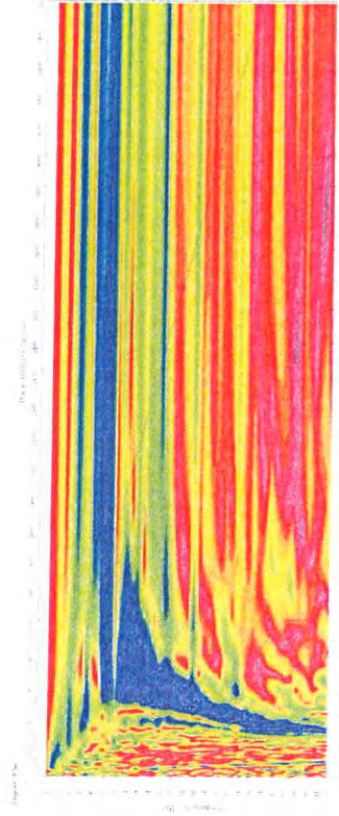
# MASW-5/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

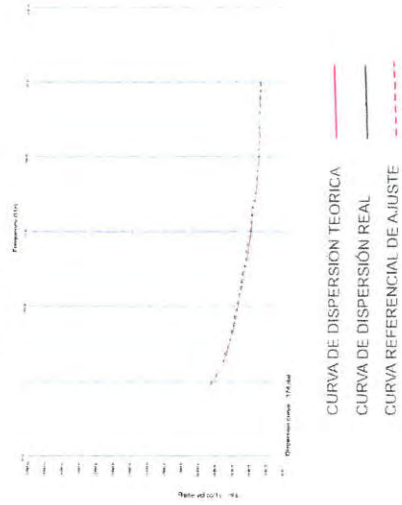


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION

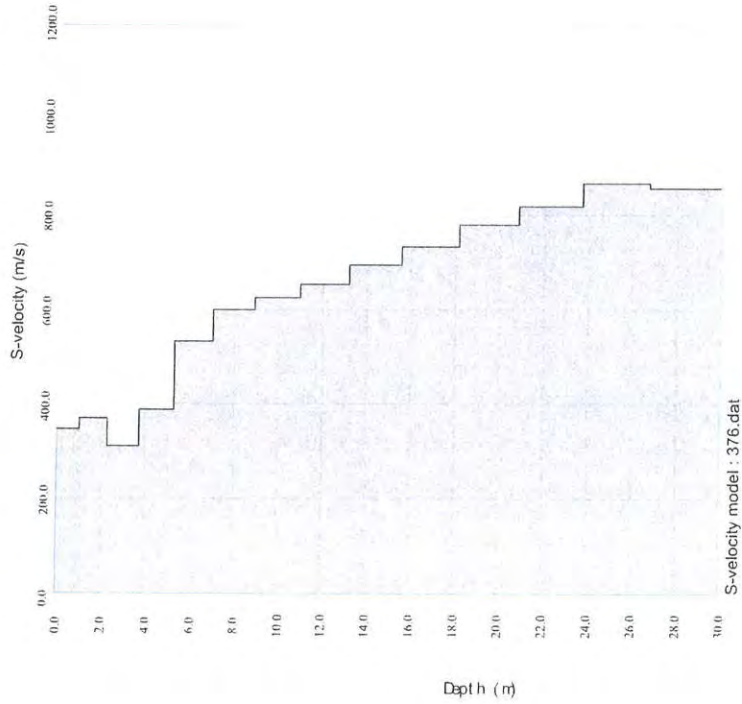


CLIENTE 	PREPARED POR 	PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		REALIZADO POR Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	ESCALA GRAFICA FECHA SEPTIEMBRE - 2013
ESTUDIO DE MASW		LAMINA <b>CD-01</b>	



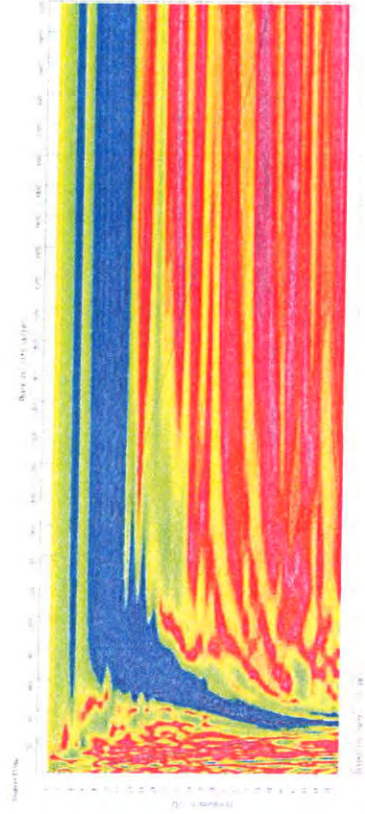
# MASW-5/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

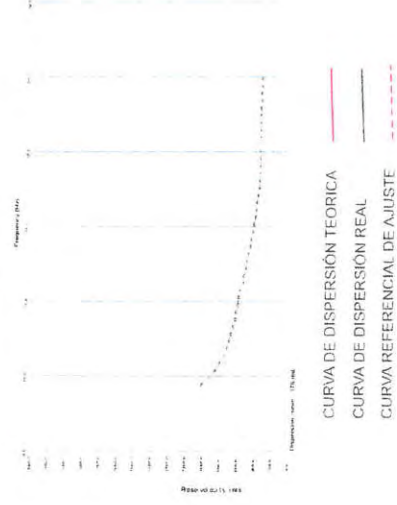


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION

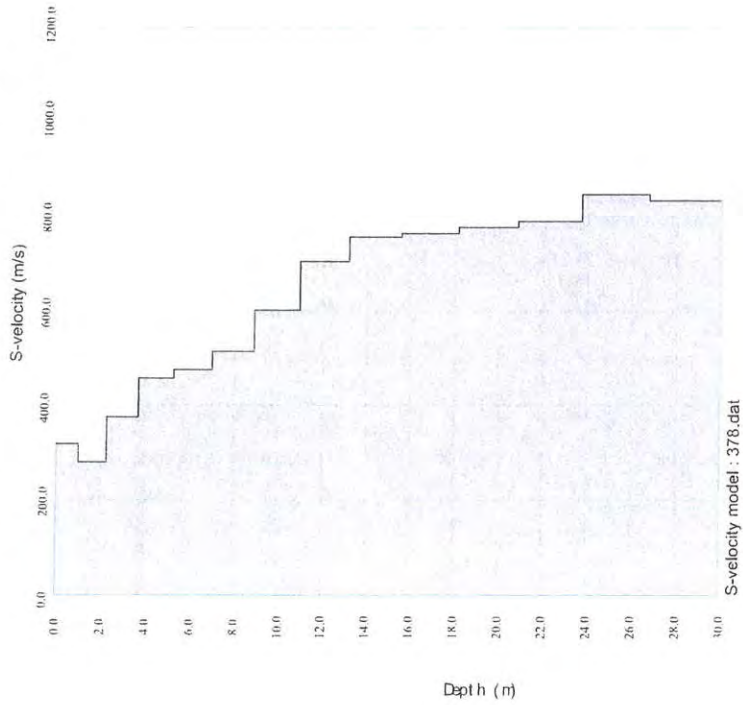


		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.
CLIENTE	ESTUDIO DE MASW	FECHA	SEPTIEMBRE 2013
REVISADO POR	GRAFICA	LAJUNTA	CD-02



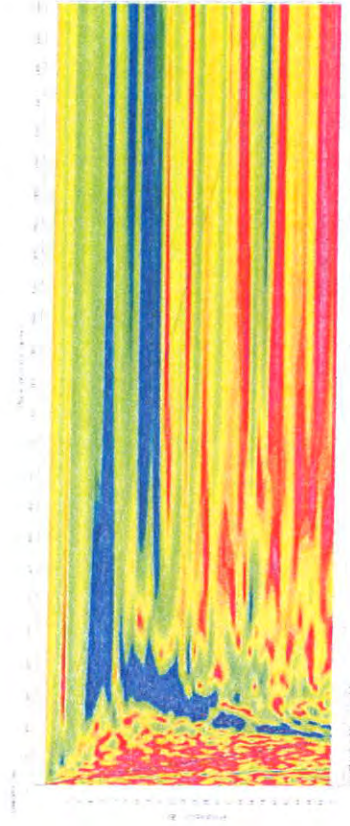
# MASW-5/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

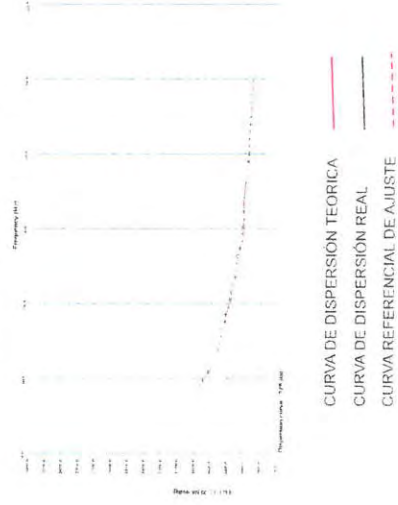


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



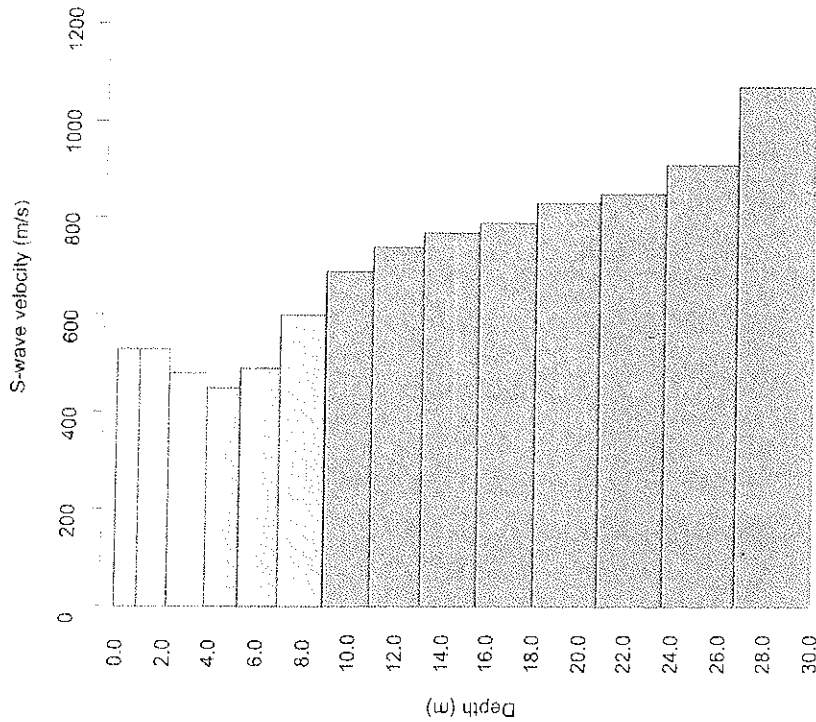
- CURVA DE DISPERSION TEORICA
- CURVA DE DISPERSION REAL
- - - CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		REPRESENTADOR Ing. Rocio Machaca C.	ESPECIALISTA GRÁFICA
CLIENTE ESTUDIO DE MASW	REPRESENTADOR Ing. Freddy Ccallo H.	FECHA SEPTIEMBRE - 2013	LÁMINA CD-03

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 6/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	533.03	533.03
1.07	527.57	527.57
2.31	480.74	480.74
3.71	450.01	450.01
5.27	488.23	488.23
7.01	598.00	598.00
8.90	688.96	688.96
10.96	739.67	739.67
13.19	766.02	766.02
15.58	786.29	786.29
18.13	832.48	832.48
20.85	850.59	850.59
23.74	906.69	906.69
26.79	1070.85	1070.85
30.00	1208.42	1208.42
Vs 30	728.50	700.05




INSEOP: Ing. Oscar Martínez S.  
 DIRECTOR: Ing. Romeo Marbán C.  
 SUBDIRECCIÓN: Ing. Federico Ordoñez V.  
 PRESIDENTE: Ing. Freddy Cragin M.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LINEAZ Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GARBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PERIF. DE MASW  
 PLAN:

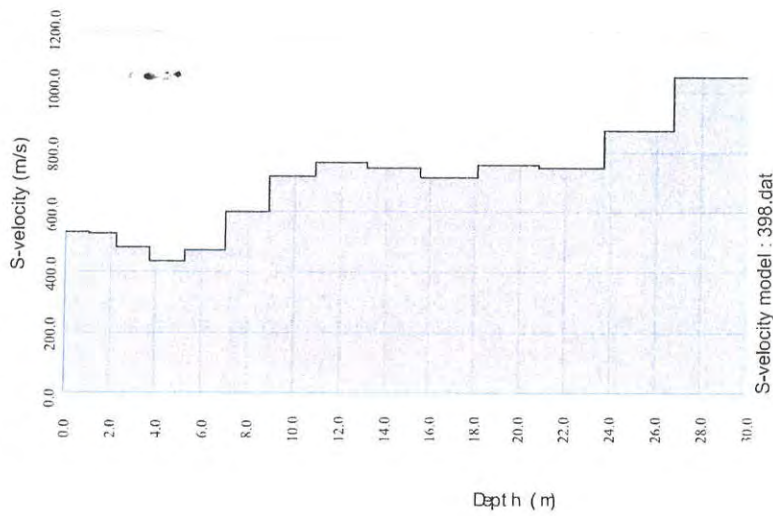
PV-06



Handwritten signature or mark.

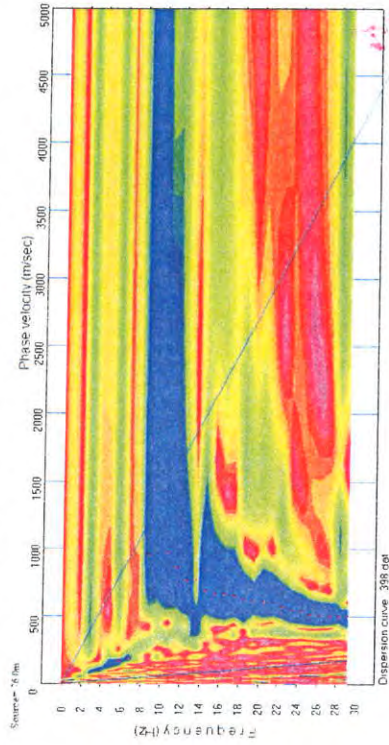
# MASW-6/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

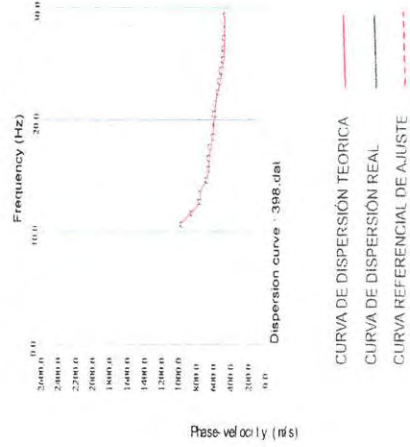


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



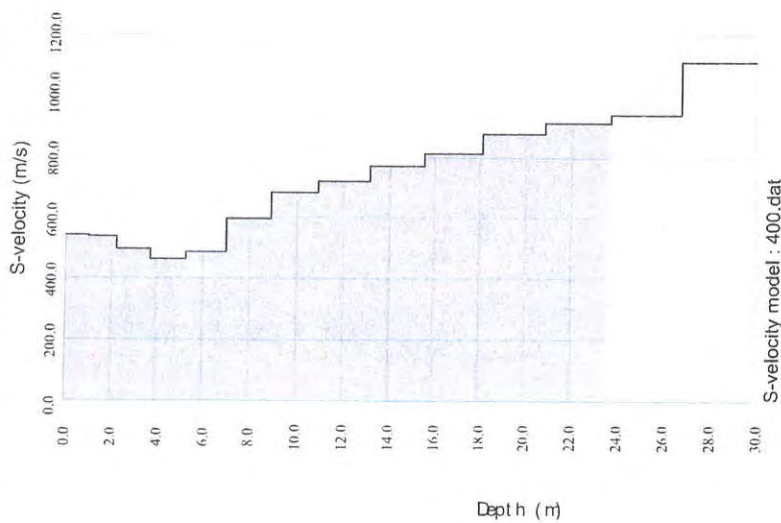
		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	LAUBIA <b>CD-01</b>
	ESTUDIO DE MASW	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	ESCALA GRAFICA FECHA SEPTIEMBRE - 2013



A

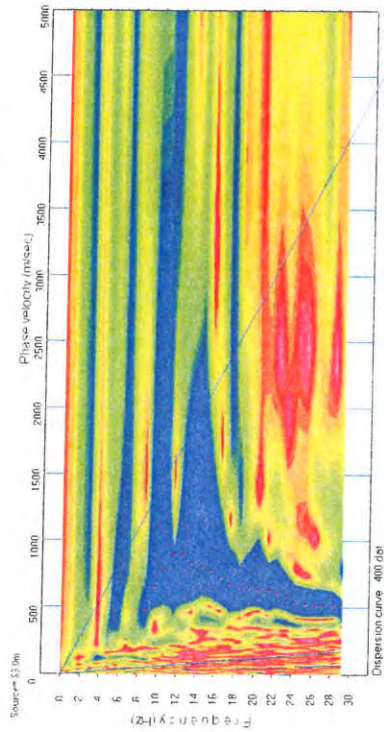
# MASW-6/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

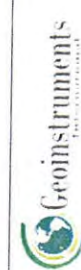
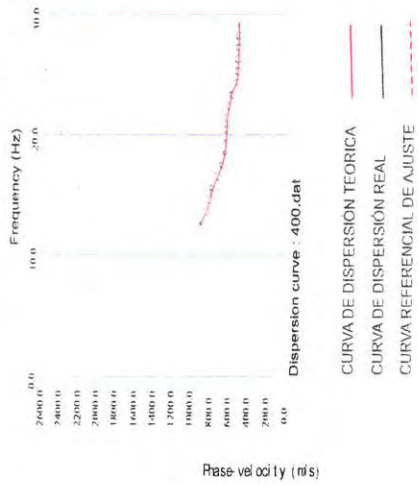


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



PREPAREDADO POR

CLIENTE

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ESTUDIO DE MASW

Ing. Rocio Machaca C.

SEPTIEMBRE - 2013

CD-02

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

[1367]

Handwritten signature

**MASW-6/L2 - MODO INVERSO (28 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

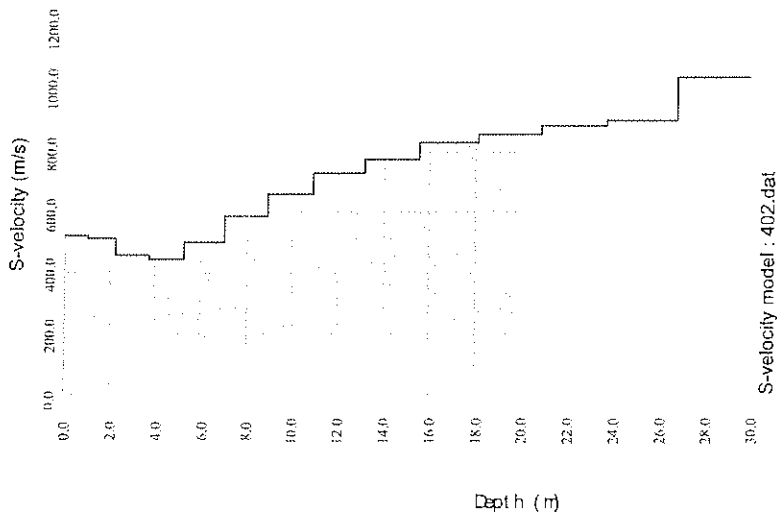
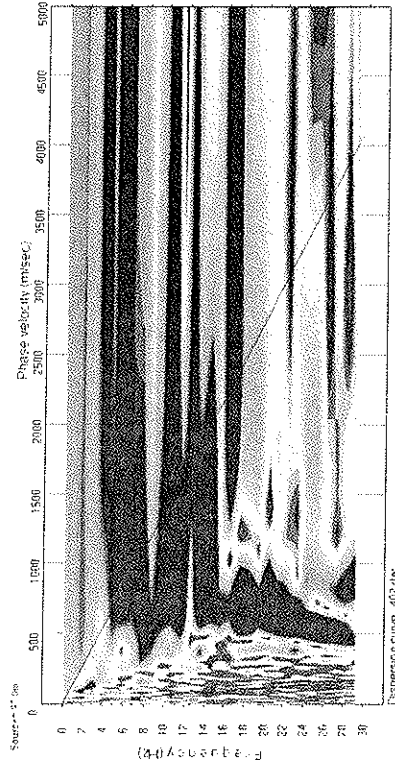
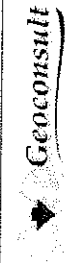
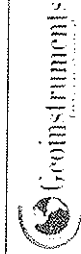
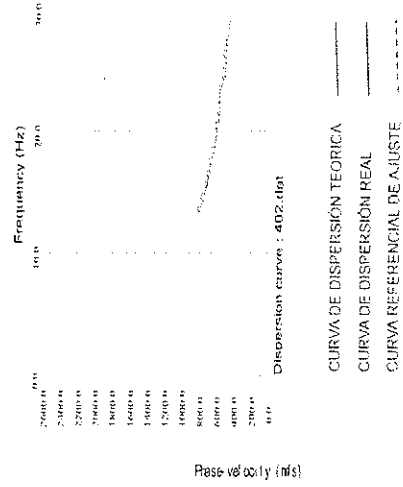


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



ESTUDIO DE MASW

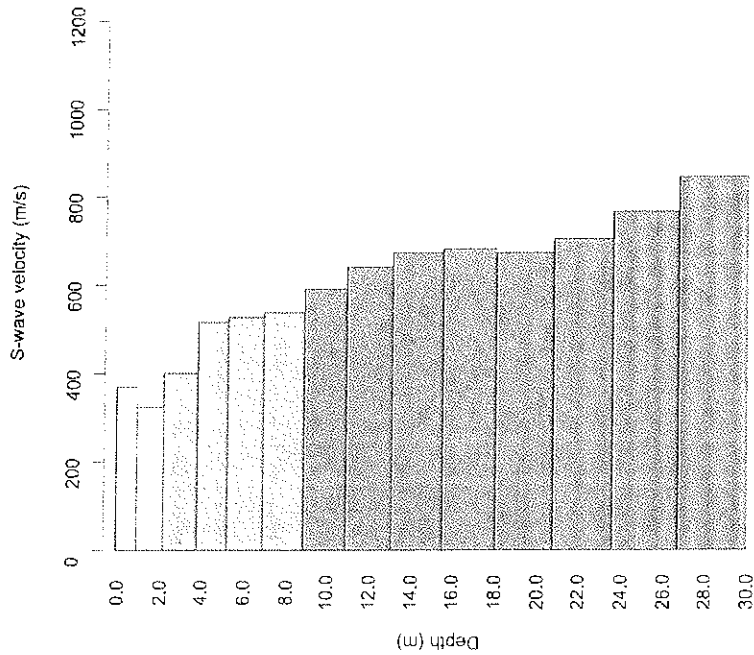
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PROYECTO MASW	ING. ROCÍO MACHACA C.	GRÁFICA	LÁMINA
REVISIÓN 001	ING. FREDY CUALLO H.	FECHA	SEPTIEMBRE - 2013
		CD-03	




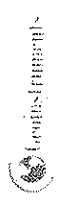
Handwritten signature

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 6/L/2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	S-velocity(m/s)
0.00	Aritmética	Armónica
	369.25	369.25
1.07	325.09	325.09
2.31	401.17	401.17
3.71	517.10	517.10
5.27	527.69	527.69
7.01	538.76	538.76
8.90	591.69	591.69
10.96	641.96	641.96
13.19	673.98	673.98
15.58	682.53	682.53
18.13	673.63	673.63
20.85	704.89	704.89
23.74	767.50	767.50
26.79	845.78	845.78
30.00	1285.62	1285.62
Vs 30	636.44	598.04

[1369] 001

EMPRESA ESPECIALIZADA  
 INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIA  
 INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRANSPORTACION

DISEÑO: Ing. Rocío Mena  
 DIBUJO: Ing. Rocío Mena  
 VERIFICACION: Ing. Energy Pardo  
 PRESENTACION: Ing. Energy Pardo

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

NOMBRE: PARRAL DE MASW  
 N°: PV-07  
 CALIFICA: APROBADO  
 FECHA: 09/09/2019

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
 REPRESENTANTE LEGAL



**MASW-6/L2 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

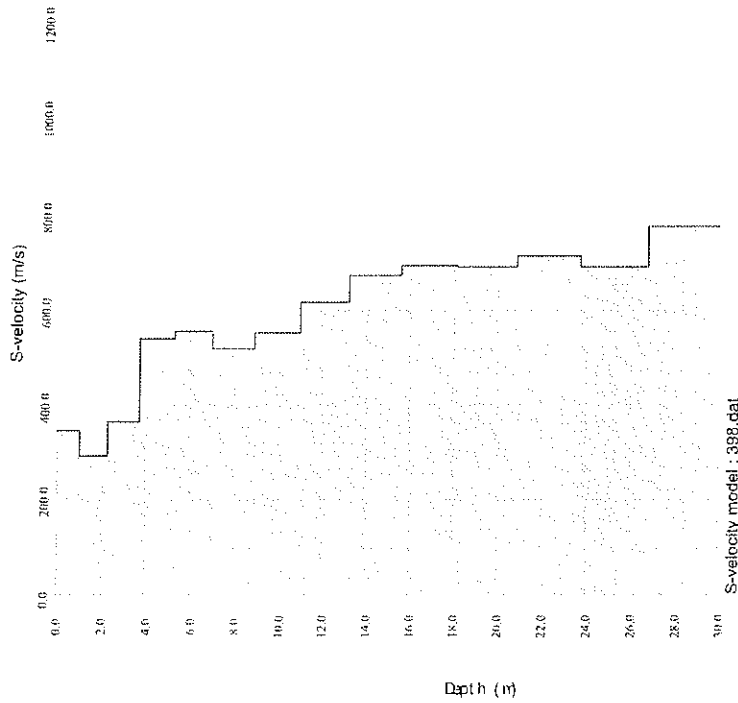
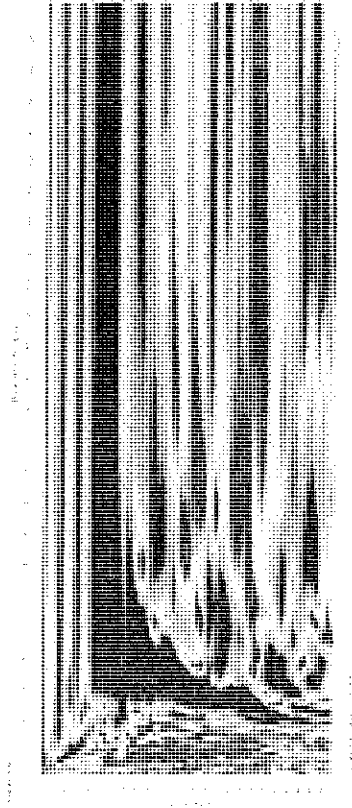
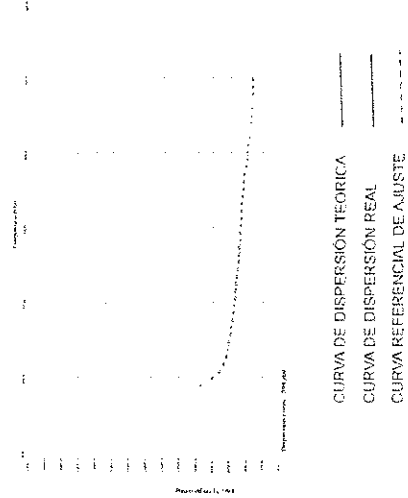


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



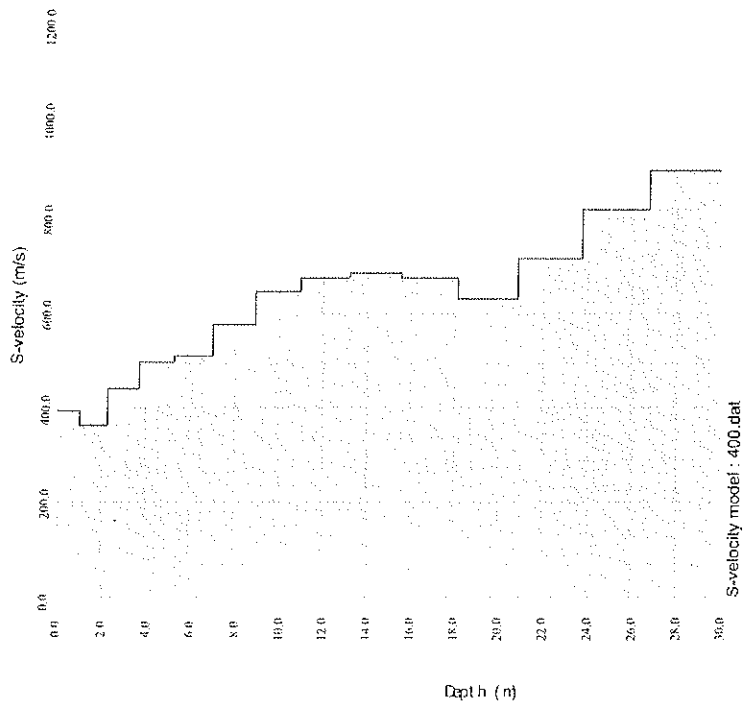
		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		LEADERSHIP BY: Ing. Rocio Machaca C.	GRAFICA SEPTIEMBRE - 2013
ESTUDIO DE MASW		CIVIL LIMA	CD-01



*[Handwritten signature]*

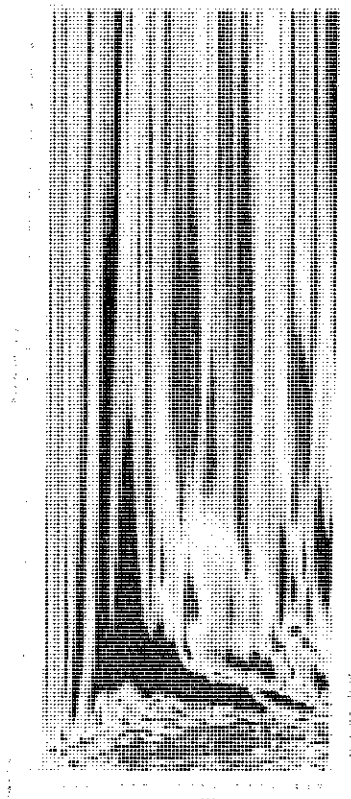
**MASW-6'/L2 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

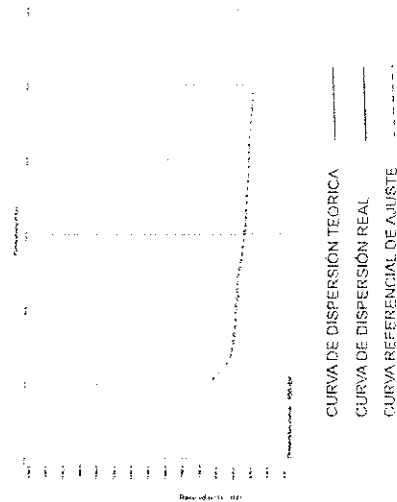


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO		ESCALA GRÁFICA	LINDA CD-02
		INGENIERO RESPONSABLE Ing. Rocio Machaca C.	INGENIERO EN SISTEMAS Ing. Freddy Ccallo H.	FECHA DE ELABORACION SEPTIEMBRE - 2013	ESCALA 700%

ESTUDIO DE MASW

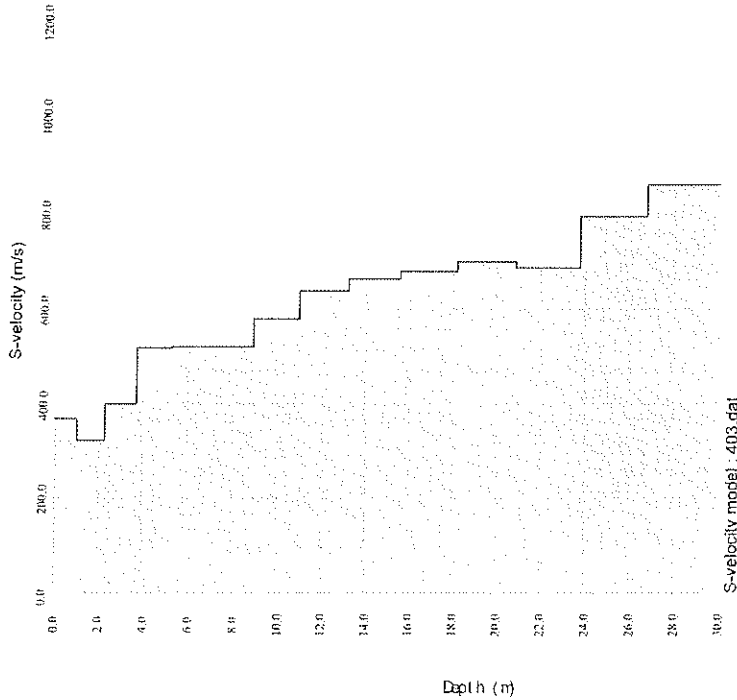


Handwritten signature or mark.



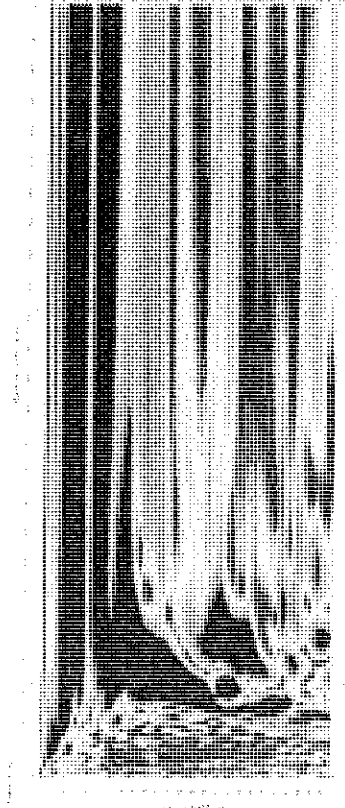
# MASW-6/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

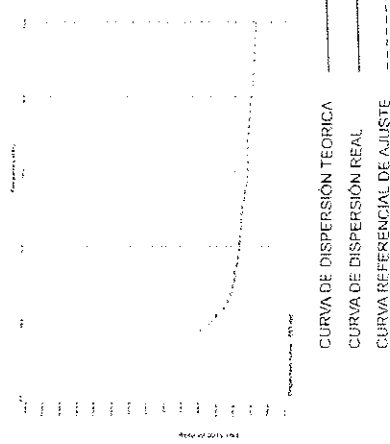


VARIACION DE LA VS

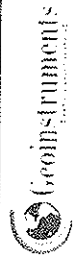
GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



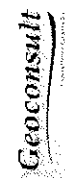
CURVA DE DISPERSION



- CURVA DE DISPERSION TEORICA
- CURVA DE DISPERSION REAL
- CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE



INGENIERIA



ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SIMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

Ing. Rocio Machaca C.

INGENIERIA

ING. Freddy Ccallo H.

GRAFICA

SEPTIEMBRE - 2015

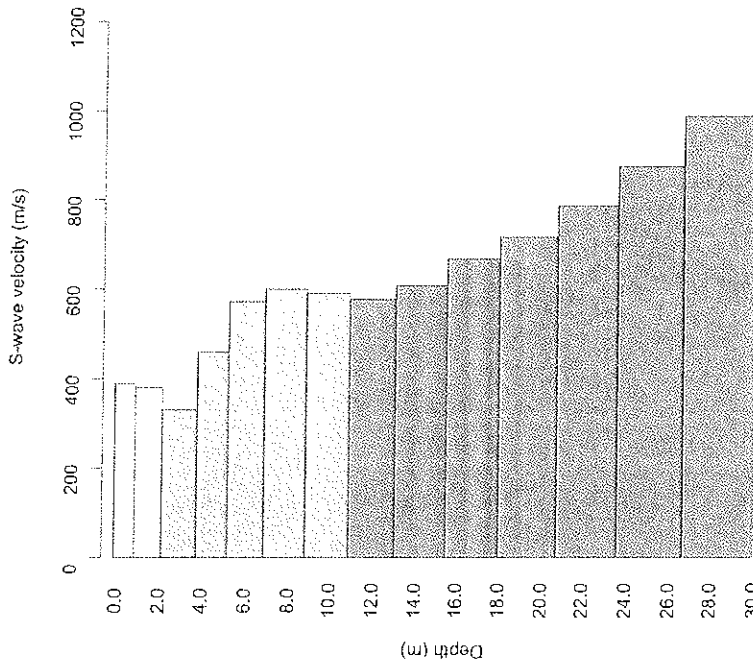
CD-03

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

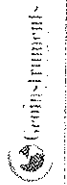
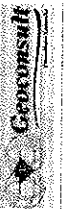


Handwritten signature or mark.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 7/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	389.59	389.59
1.07	380.10	380.10
2.31	330.73	330.73
3.71	460.58	460.58
5.27	572.52	572.52
7.01	600.77	600.77
8.90	591.08	591.08
10.96	577.68	577.68
13.19	608.44	608.44
15.58	667.94	667.94
18.13	716.83	716.83
20.85	786.67	786.67
23.74	874.91	874.91
26.79	987.23	987.23
30.00	1238.90	1238.90
Vs 30	652.27	610.88



INGENIEROS: Ing. Rene Machuca C.  
INGENIERO: Ing. Brian Machuca P.  
INGENIERO: Ing. Frank Escobedo M.  
INGENIERO: Ing. Freddy Corales M.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PERFIL DE MASW

PV-08

[1373]005

**MASW-7/L2 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

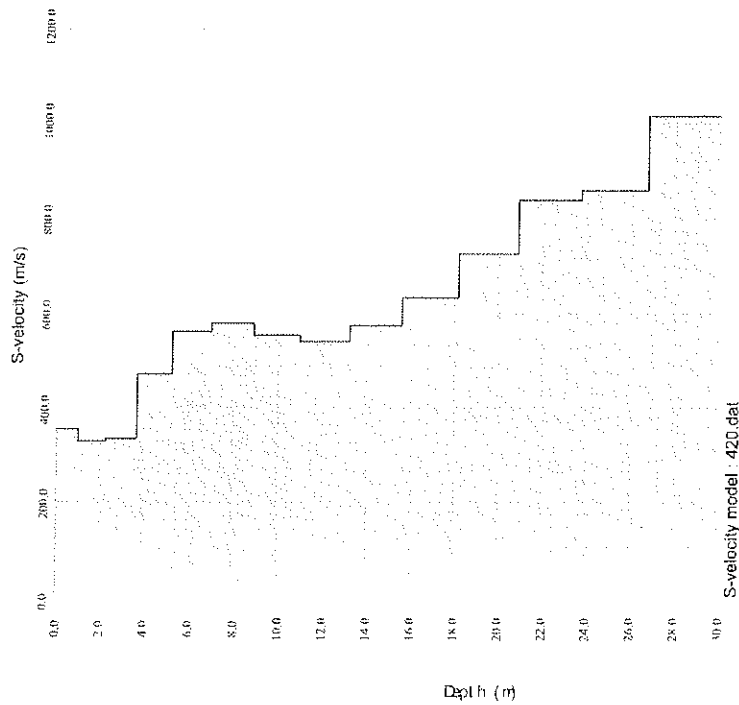
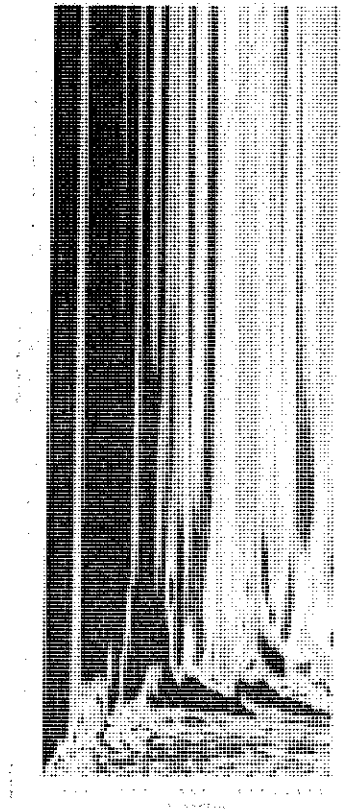
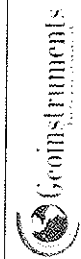
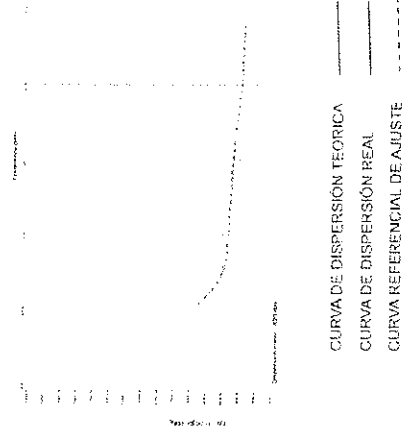


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

ING. Rocio Machaca C.  
 ING. Freddy Ccallo H.

REPASADA  
 SEPTIEMBRE - 2013

CD-01

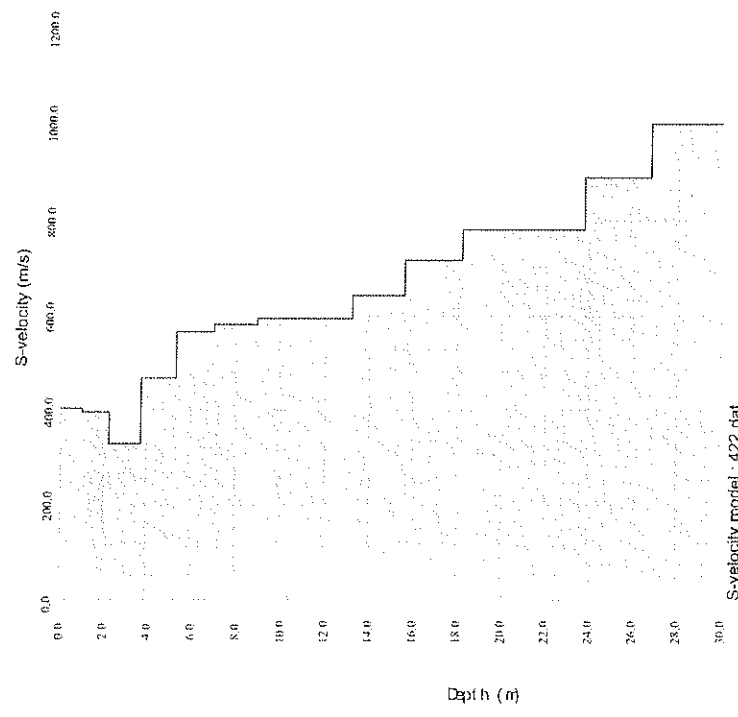
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



Handwritten mark

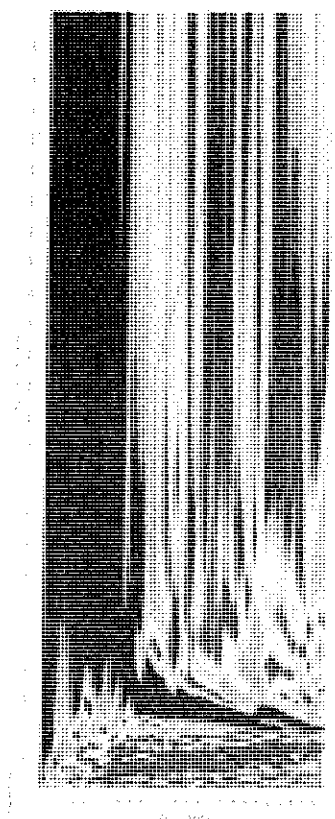
MASW-7/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

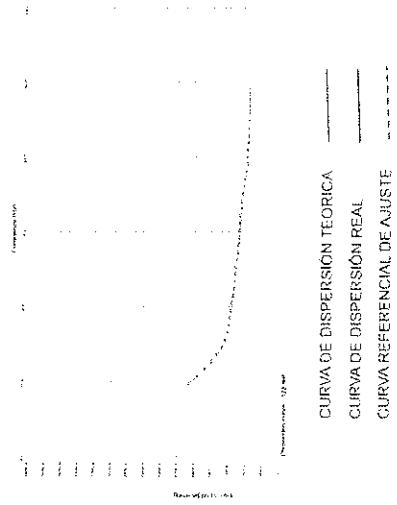


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



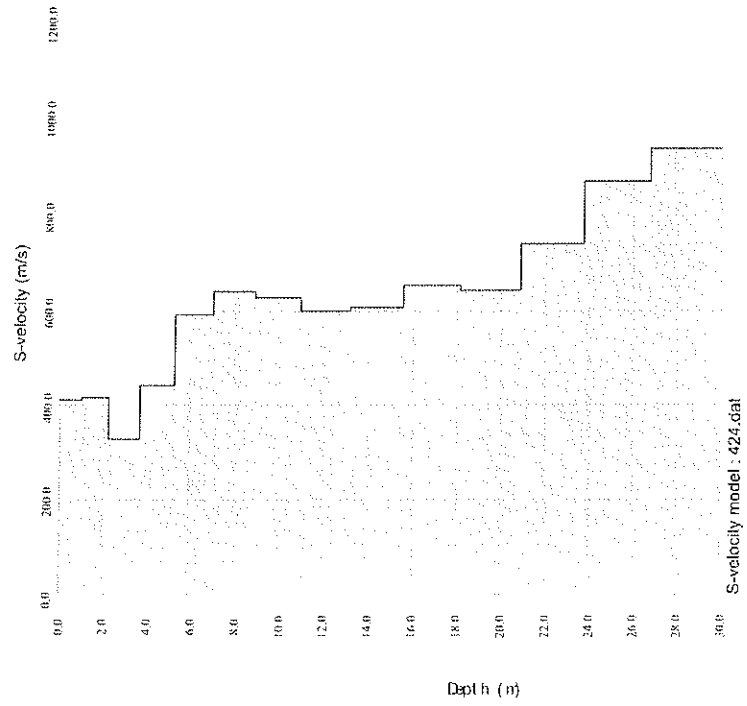
		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		INGENIERO CIVIL Ing. Rocio Machaca C.	GRÁFICA SEPTIEMBRE 2013
ESTUDIO DE MASW		INGENIERO CIVIL Ing. Freddy Ccallo H.	CD-02



Handwritten signature or mark.

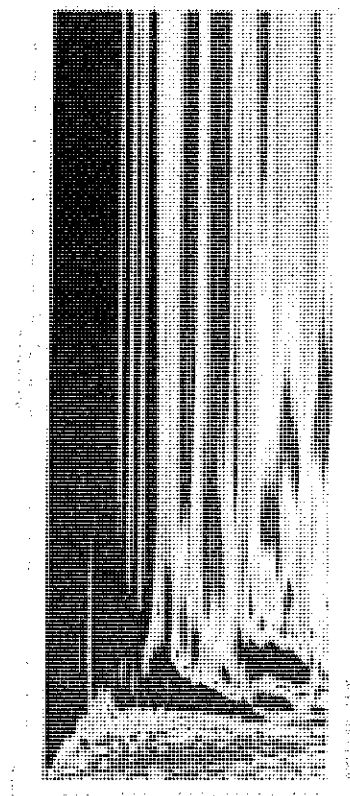
MASW-7/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

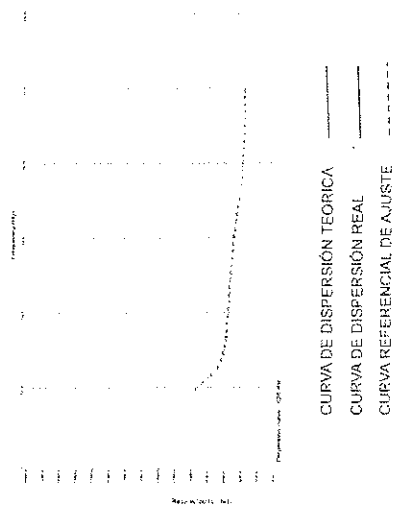


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION

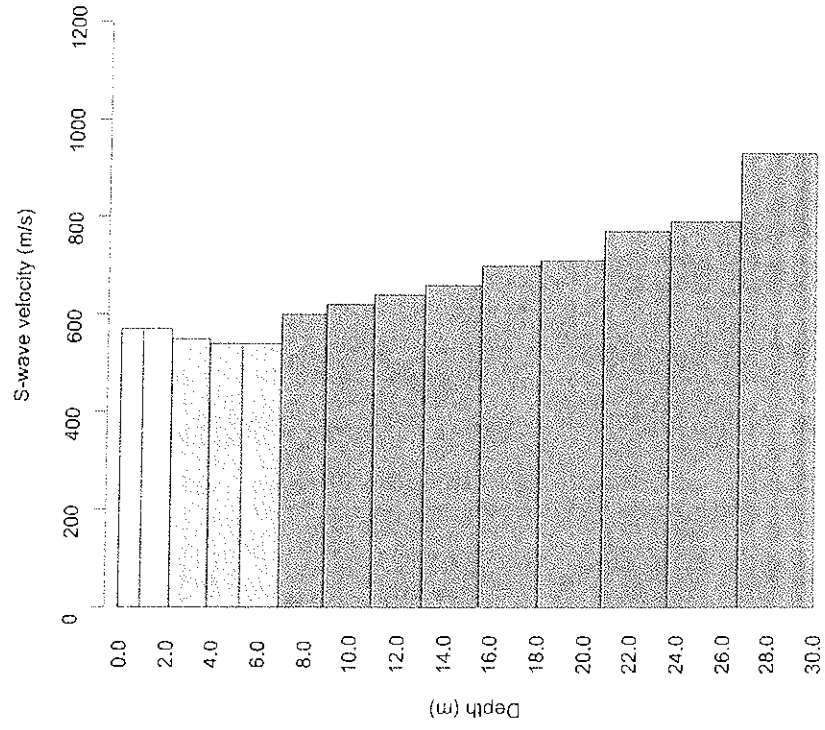


ESTUDIO DE MASW		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SIMICA	
ING. Rocio Machaca C.		"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
VELOCIDAD DE FASE	GRAFICA	OPINION	CD-03
SEPTIEMBRE - 2013	TRAZA	SEPTIEMBRE - 2013	



Handwritten signature or mark.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 8/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	569.58	569.58
1.07	565.40	565.40
2.31	548.15	548.15
3.71	536.62	536.62
5.27	543.94	543.94
7.01	597.68	597.68
8.90	618.80	618.80
10.96	636.76	636.76
13.19	657.98	657.98
15.58	697.65	697.65
18.13	709.95	709.95
20.85	765.01	765.01
23.74	792.75	792.75
26.79	926.67	926.67
30.00	1015.69	1015.69
Vs 30	678.84	667.69



INSTITUCIÓN: Instituto Geológico y Minero del Perú  
 DEPARTAMENTO: Lima  
 DIRECCIÓN: Calle Pardo de Tilly 11  
 PRESENCIA: Ing. Ricardo Cordero

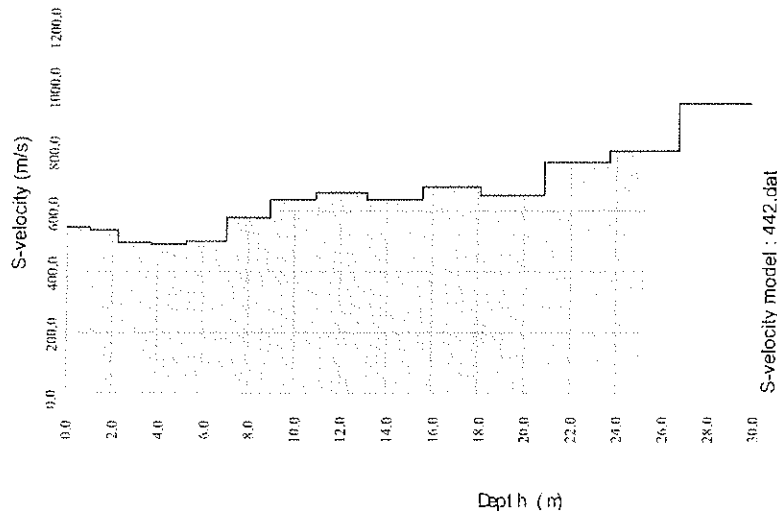
PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PERIODO: 21 días  
 PERIODO DE MASW: PERIODO DE MASW

PLAN: PV-09  
 REVISIÓN: 01  
 FECHA: 07/09/2015

**MASW-8/L2 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D



S-velocity Model : 442.dat

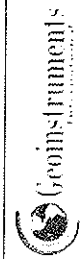
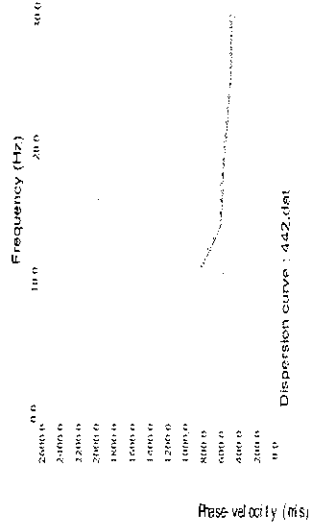


VARIACION DE LA Vs

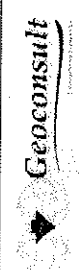
GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



PRESENCIA POR



CONTRAT

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBITTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ING. Rocio Machaca C.  
 Ing. Freddy Ccoillo H.

SEPTIEMBRE - 2013

CD-01

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



# MASW-8/L2 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

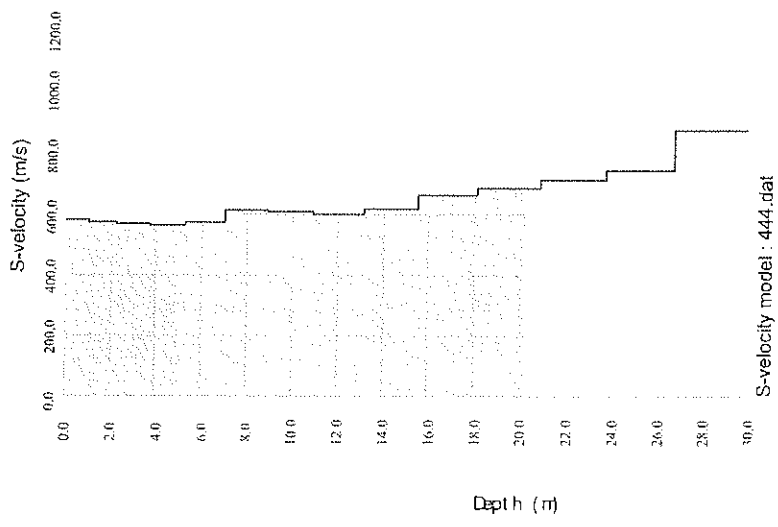
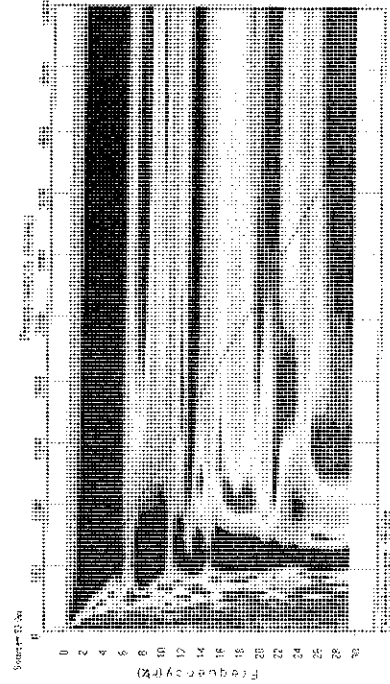
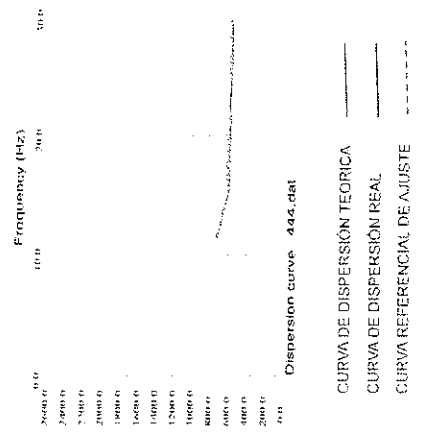


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA -PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBITTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO*	
		Ing. Rocio Machaca C.	EGRAFICA
ESTUDIO DE MASW	REVISADO POR:	Ing. Freddy Ccallo H.	SETIEMBRE - 2015
			CD-02





MASW-8/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

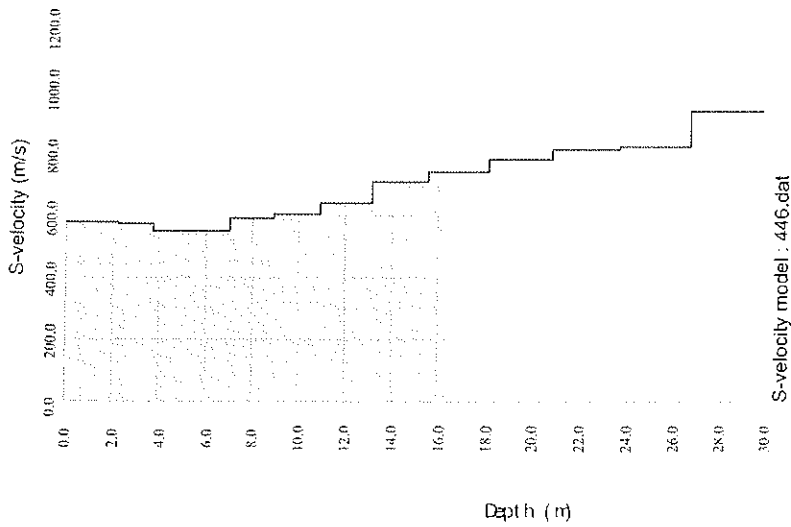
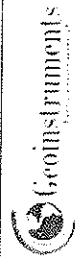
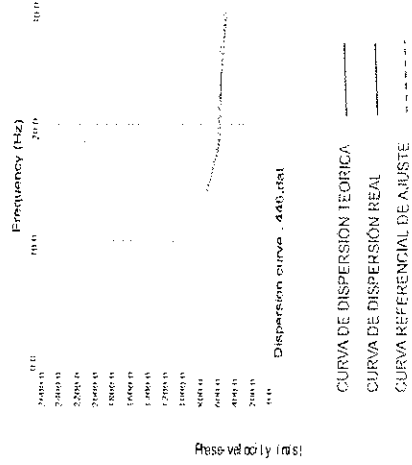


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



MEMBRADO

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

Ing. Rodolfo Machaca C.

Ing. Freddy Calfio H.

PERIODO: 17/11

REVISOR: RCP

ESCALA

GRAFICA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

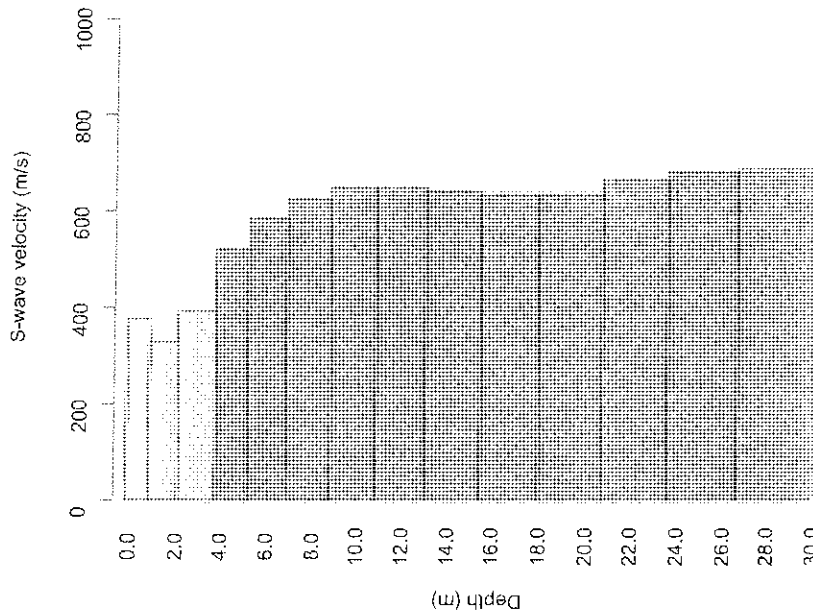
LAJIPA

CD-03



Handwritten signature

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 8/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	376.16	376.16
1.07	328.40	328.40
2.31	392.41	392.41
3.71	523.92	523.92
5.27	587.12	587.12
7.01	625.62	625.62
8.90	651.92	651.92
10.96	649.88	649.88
13.19	644.70	644.70
15.58	637.34	637.34
18.13	637.43	637.43
20.85	667.04	667.04
23.74	683.44	683.44
26.79	686.44	686.44
30.00	913.08	913.08
Vs 30	600.33	586.10

REV: PV-10

Escala: 1:1000

Fecha: PERU DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
"PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GARBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

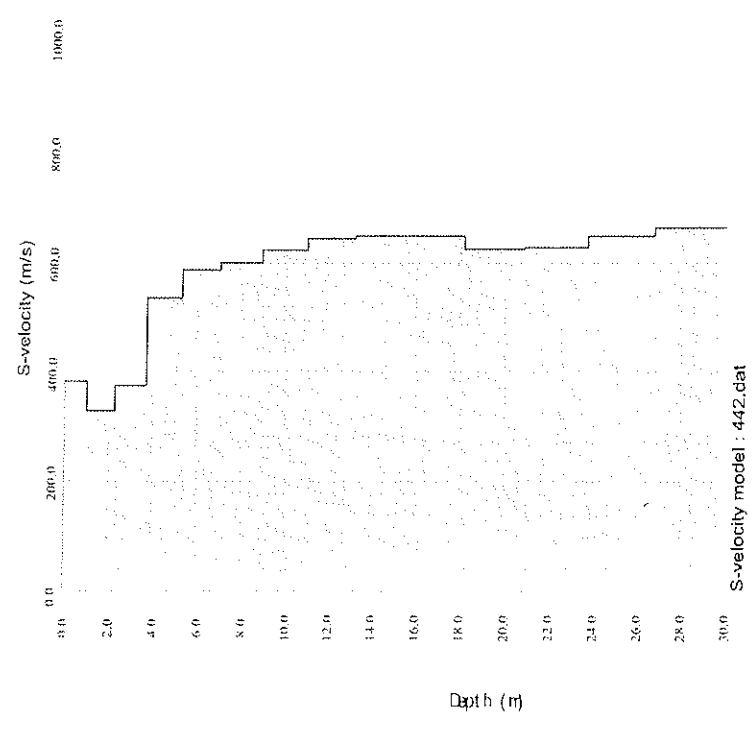
ING. Oscar Meléndez C.  
ING. Oscar Meléndez C.  
ING. Oscar Meléndez C.  
ING. Oscar Meléndez C.  
ING. Oscar Meléndez C.

**Geosist**

UNIVERSIDAD PERUANA

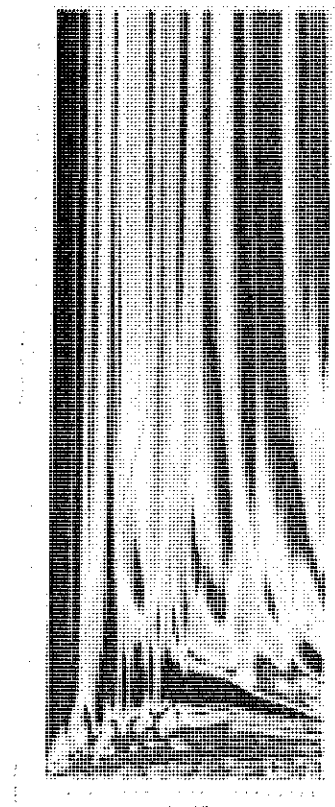
MASW-8'/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

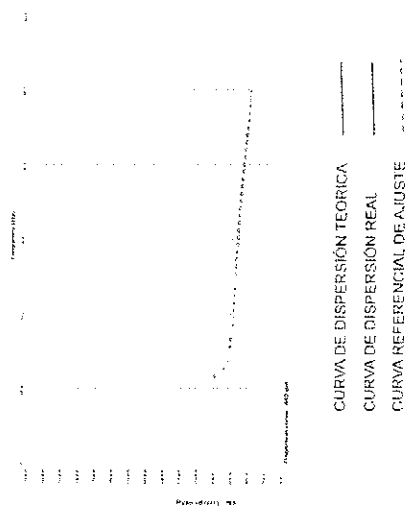


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



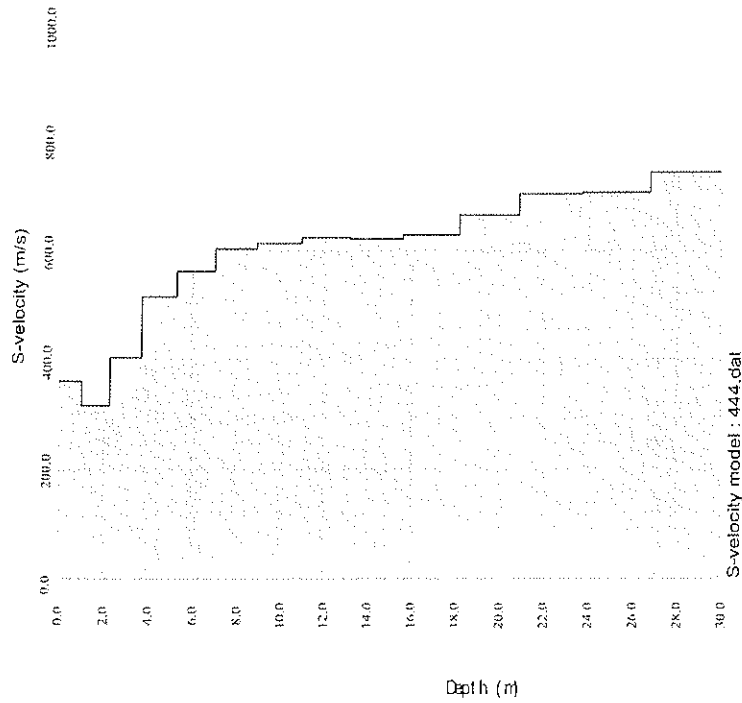
CURVA DE DISPERSION



			PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
	RESPONSABLE Ing. Rocio Machaca C.	ESTADISTA Ing. Freddy Ccallo H.	GRAFICA SEPTIEMBRE - 2013	PAVIB CD-01
ESTUDIO DE MASW				

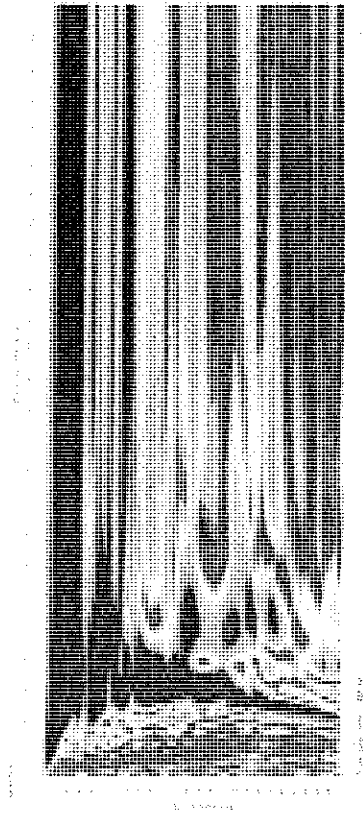
**MASW-8'/L2 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

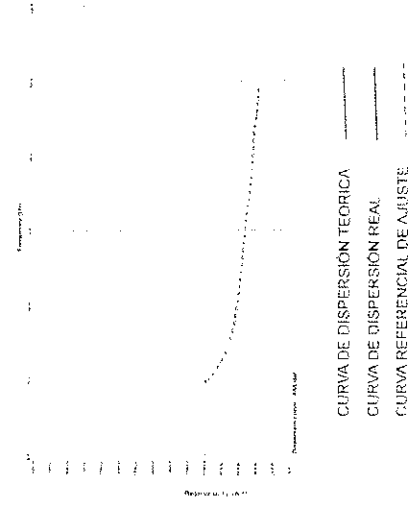


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



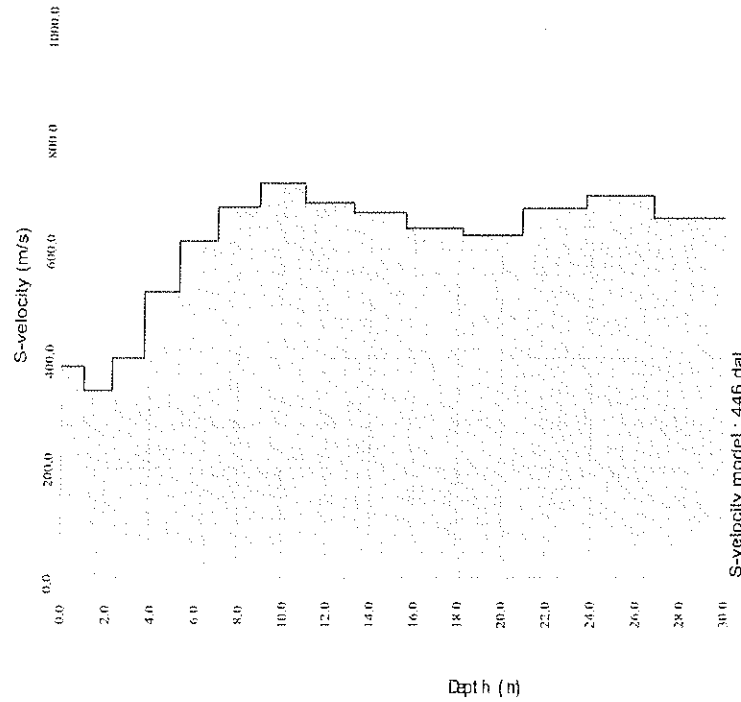
ESTUDIO DE MASW		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA	
INGENIERIA POR		"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
ING. Rocio Machaca C.		ING. Rocio Machaca C.	
INGENIERIA POR		ING. Freddy Ccallo H.	
EVALUACION		EVALUACION	
SEPTIEMBRE - 2013		SEPTIEMBRE - 2013	
CD-02		CD-02	



*[Handwritten signature]*

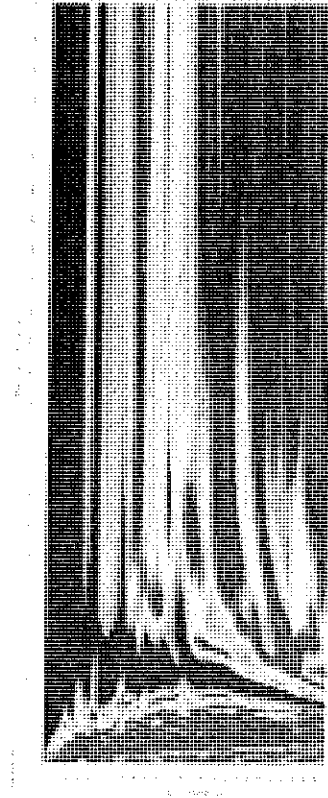
**MASW-8'/L2 - MODO INVERSO (28 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

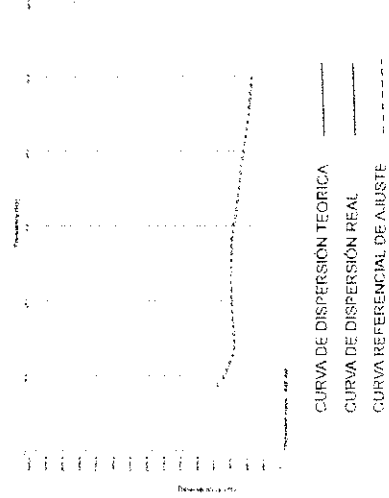


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



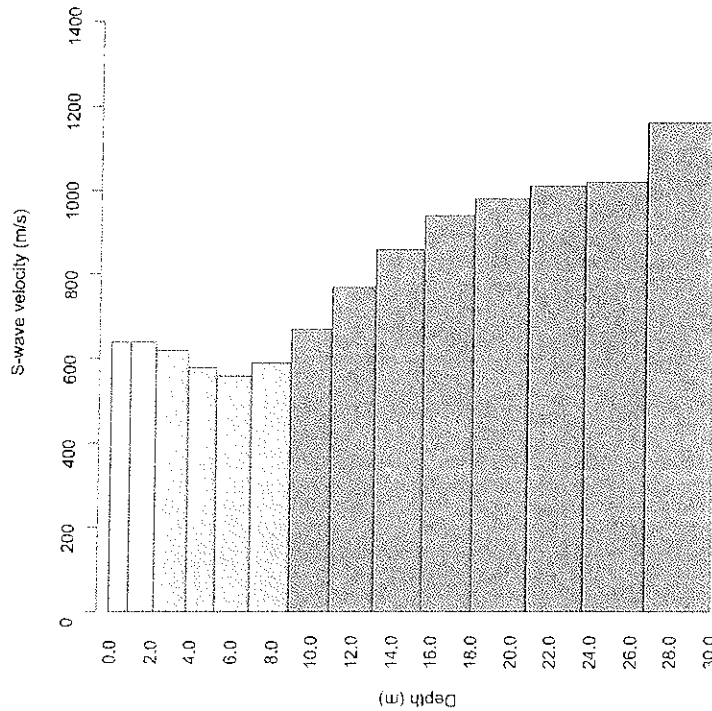
CURVA DE DISPERSIÓN



		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA 'PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO'	
		Ing. Rocio Machaca C.	Ing. Freddy Ccallo H.
ESTUDIO DE MASW	GRÁFICA	ESCALA 1:1	FECHA SEPTIEMBRE - 2013
ESTUDIO DE MASW		CD-03	

*A*

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 9/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s) Aritmética	S-velocity(m/s) Armónica
0.00	638.64	638.64
1.07	643.84	643.84
2.31	621.71	621.71
3.71	583.90	583.90
5.27	555.54	555.54
7.01	587.35	587.35
8.90	668.64	668.64
10.96	770.42	770.42
13.19	856.75	856.75
15.58	940.76	940.76
18.13	983.90	983.90
20.85	1010.15	1010.15
23.74	1020.75	1020.75
26.79	1159.91	1159.91
30.00	1237.92	1237.92
Vs 30	818.68	795.13

PV-11

FECHA: 2013  
DIA: 01  
MES: 01  
AÑO: 2013

PROFIL DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
"PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. TALCOTTI - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

DISEÑO: Ing. Rocío Mijangos C.  
DISEÑO: Ing. Rocío Mijangos C.  
VERIFICACIÓN: Ing. Wendy Cordero H.  
PRESENTACIÓN: Ing. Freddy Cordero H.

Geosonsoft

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA

JK

# MASW-9/L2 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

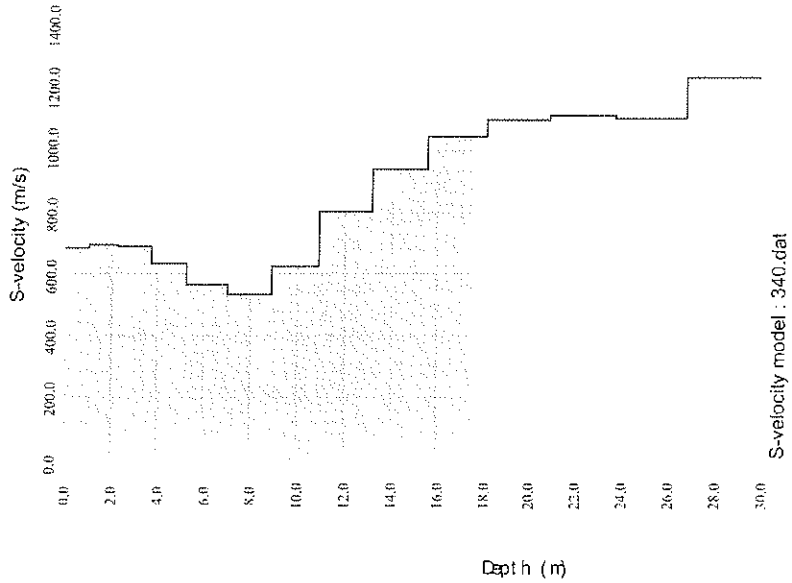
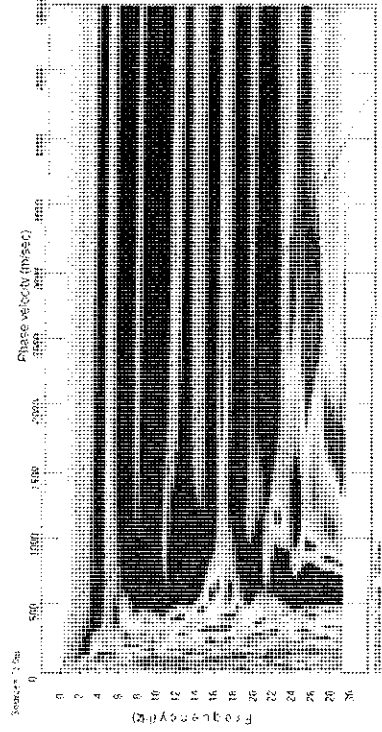
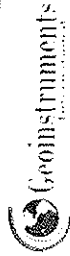
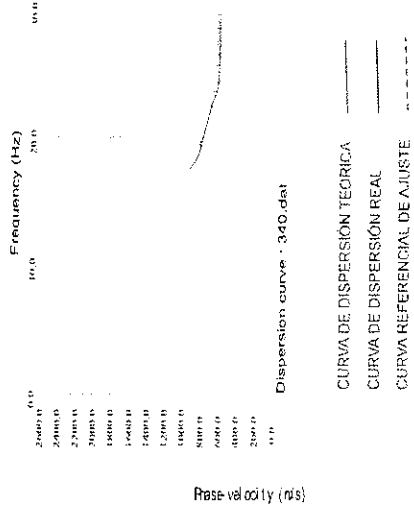


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



PROYECTO MASW-9/L2

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUGETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

Ing. Rocio Marchaca C.

Ing. Freddy Ccallo H.

PROYECTO MASW-9/L2

SEPTIEMBRE - 2013

GRÁFICA

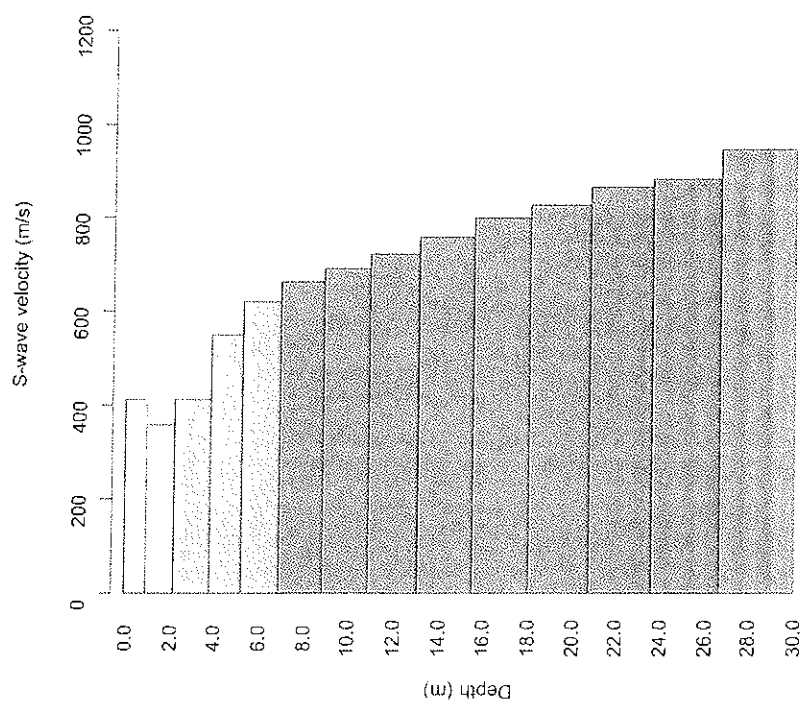
SEPTIEMBRE - 2013

CD-01

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

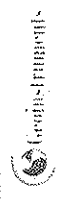
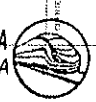


VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 9/L2



Depth(m)	S-velocity(m/s) Aritmética	S-velocity(m/s) Armónica
0.00	413.11	413.11
1.07	358.67	358.67
2.31	412.51	412.51
3.71	550.75	550.75
5.27	621.34	621.34
7.01	664.02	664.02
8.90	691.77	691.77
10.96	723.35	723.35
13.19	759.29	759.29
15.58	800.41	800.41
18.13	827.97	827.97
20.85	865.76	865.76
23.74	883.23	883.23
26.79	945.59	945.59
30.00	1011.93	1011.93
Vs 30	701.98	685.20

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



INGENIERO: Ing. Alfonso Basabe García  
INGENIERO: Ing. Stanley García H.  
PRESIDENTE: Ing. Freddy Cevallos M.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
"PROYECTO LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ESCALA: 1:1000  
FECHA: 15/09/2011  
CANTON: PV-12  
PERFIL DE MASW

Handwritten signature



**MASW-9/L2 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

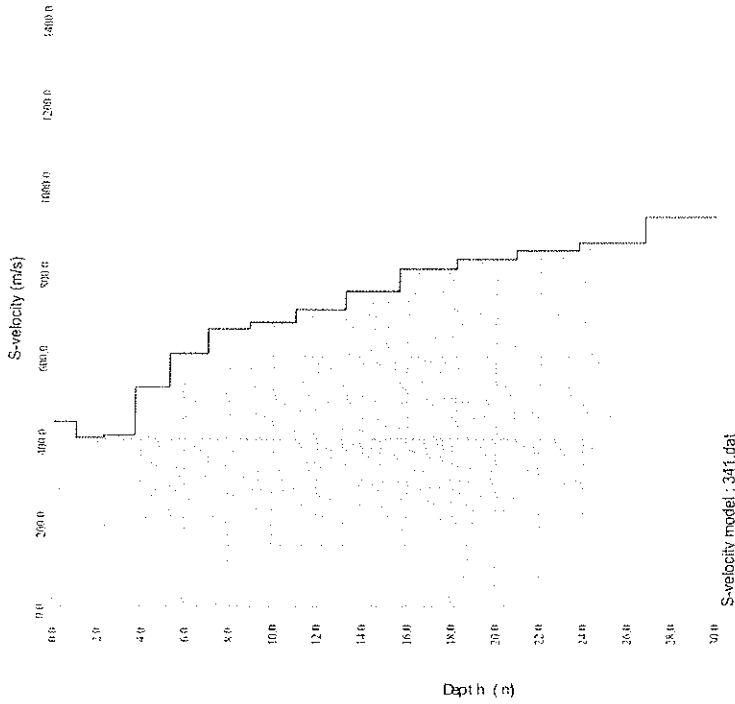
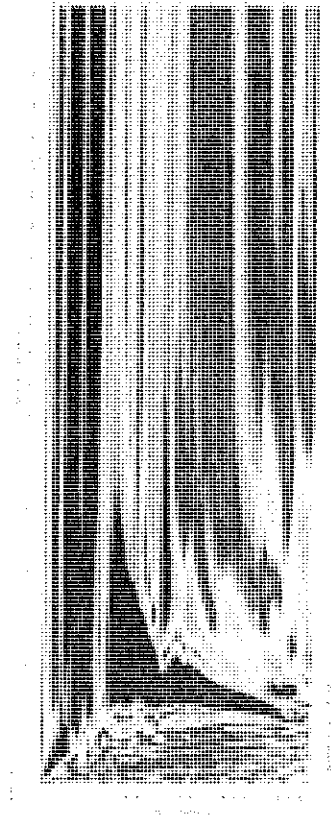
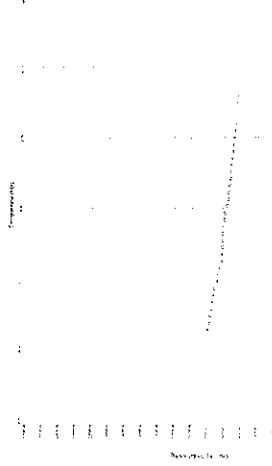


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



CURVA DE DISPERSIÓN TEORICA  
 CURVA DE DISPERSIÓN REAL  
 CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

VARIACION DE LA VS



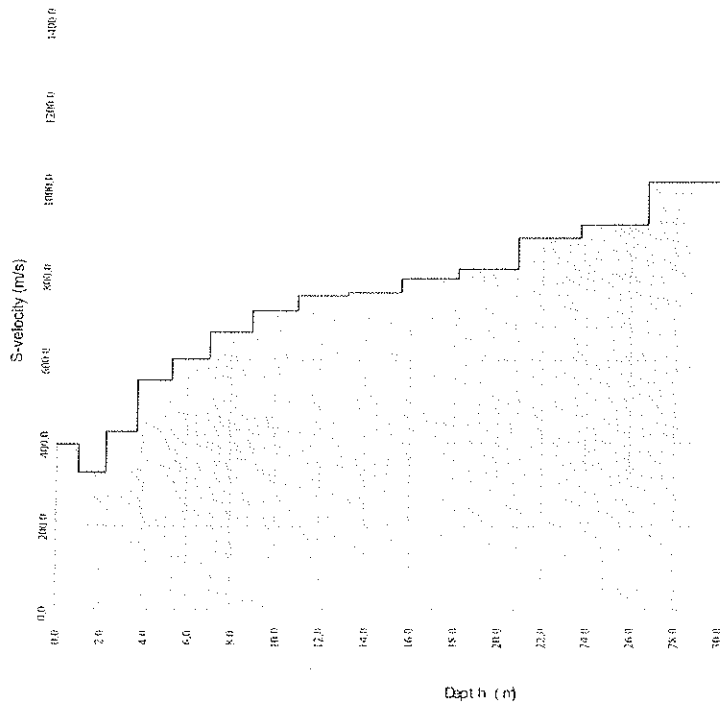
				PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
				REPRESENTANTE Ing. Rómulo Machaca C.	GRÁFICA SEPTIEMBRE 2013
ESTUDIO DE MASW		REPRESENTANTE Ing. Freddy Ccallo H.			



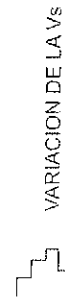
*Handwritten signature or mark.*

**MASW-9/L2 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D



S-velocity model: 342.dat

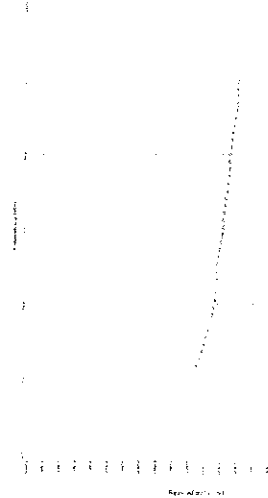


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



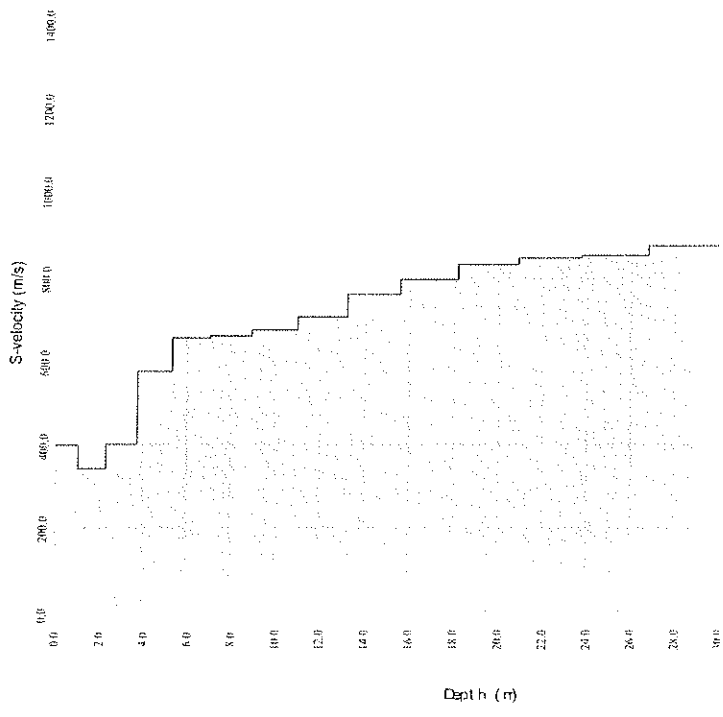
- CURVA DE DISPERSION TEORICA
- CURVA DE DISPERSION REAL
- - - CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

	ESTUDIO DE MASW		ESCALADOR: Ing. Rocio Machaca C. REVISOR: Ing. Freddy Ccallo H.	PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBITTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO
	GEOINSTRUMENTS	ESCALA: GRAFICA		FECHA: SEPTIEMBRE - 2013



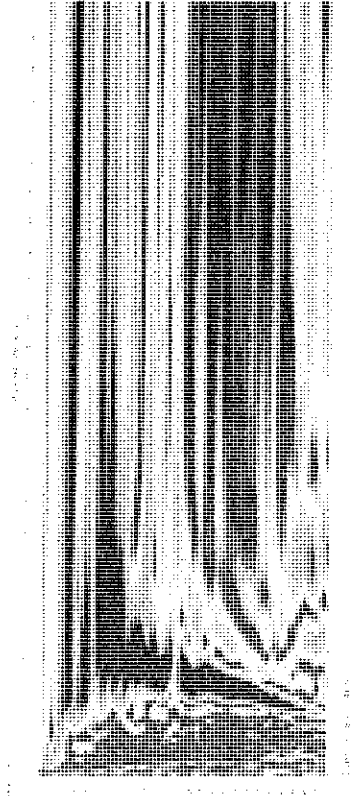
MASW-9/L2 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

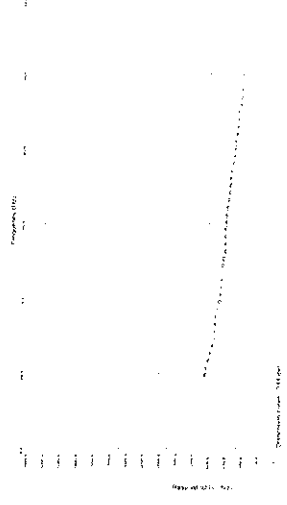


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



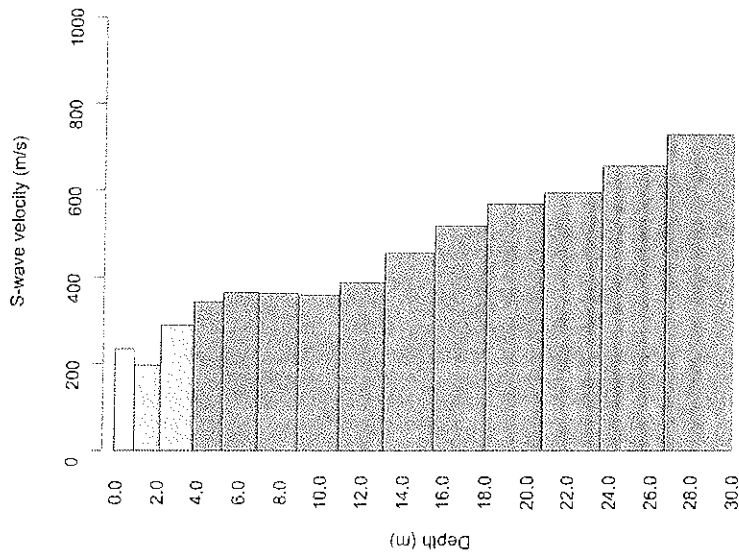
CURVA DE DISPERSION



- CURVA DE DISPERSION TEORICA
- - - CURVA DE DISPERSION REAL
- ... CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REPRACION SISMICA "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"	
		REALIZADO POR Ing. Rocio Machaca C.	GRAFICA SEPTIEMBRE - 2013
ESTUDIO DE MASW		TITULO CD-03	REPRESENTADO POR Ing. Freddy Ccallo H.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 1/L4



Depth(m)	S-velocity(m/s)	S-velocity(m/s)
	Aritmética	Armónica
0.00	234.83	234.83
1.07	197.55	197.55
2.31	289.93	289.93
3.71	343.55	343.55
5.27	365.22	365.22
7.01	362.75	362.75
8.90	359.38	359.38
10.96	388.52	388.52
13.19	456.10	456.10
15.58	518.37	518.37
18.13	569.40	569.40
20.85	594.83	594.83
23.74	657.29	657.29
26.79	729.39	729.39
30.00	952.11	952.11
Vs 30	467.95	425.68




INGENIERO: Ing. Romeo Machado C.  
 INGENIERO: Ing. Oscar Merino C.  
 INGENIERO: Ing. Freddy Zúñiga H.  
 INGENIERO: Ing. Freddy Corbin H.

TÍTULO: PERFIL DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ESCALA: 1:1000  
 FECHA: 15/09/2013  
 PLAN: PV-13

**MASW-1/L4 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

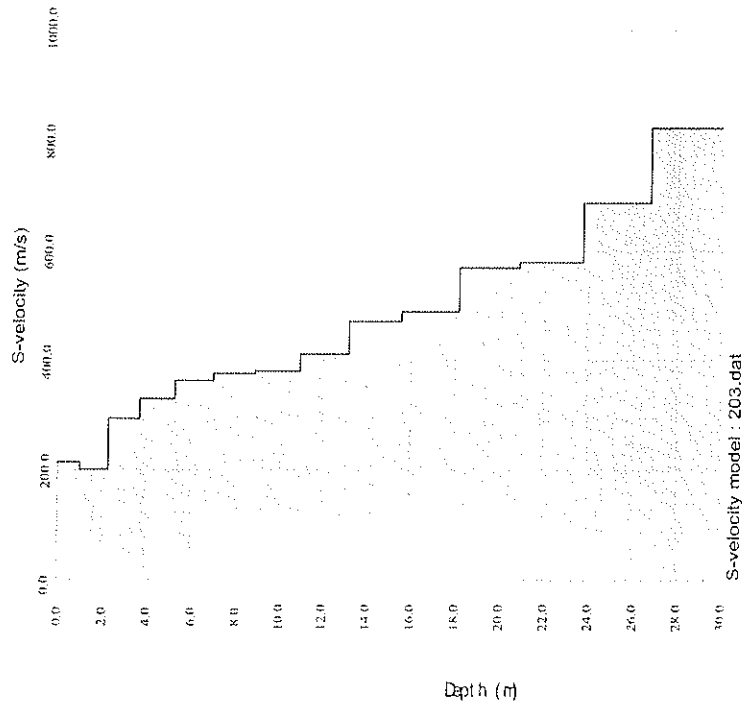
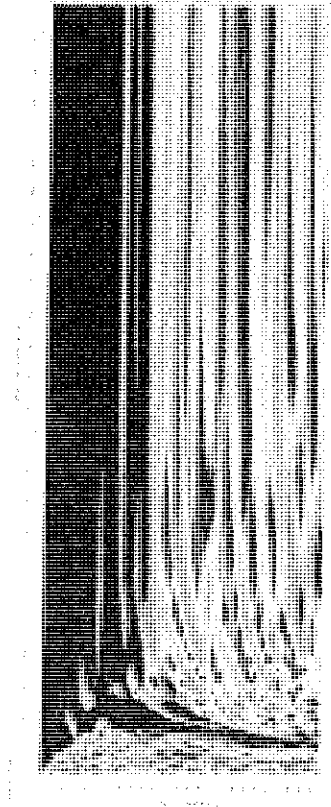
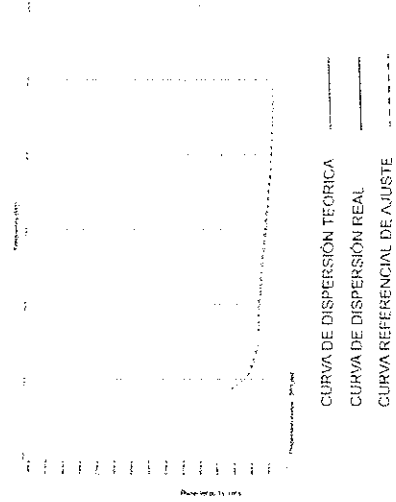


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



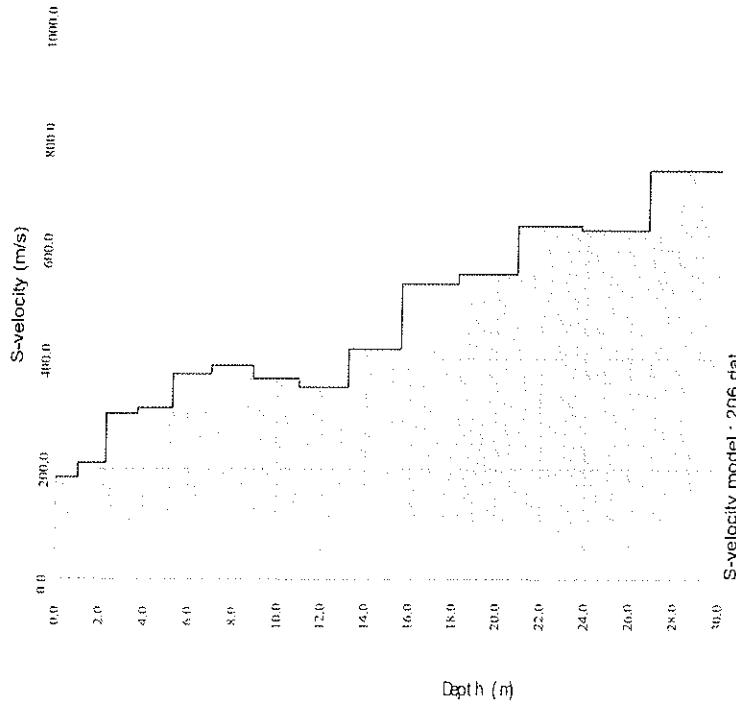
CURVA DE DISPERSION



	REPRESENTANTE POR ESTUDIO DE MASW			PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO	
	Ing. Rocio Machaca C.	Ing. Freddy Ccallo H.		GRÁFICA	FECHA: SEPTIEMBRE - 2013

**MASW-1/L4 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

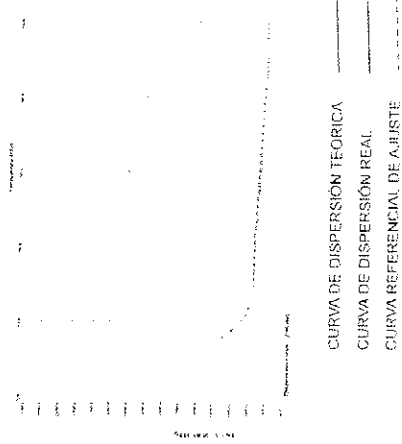


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA

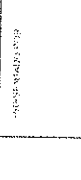
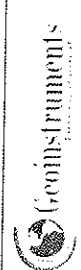


CURVA DE DISPERSION



CURVA DE DISPERSION TEORICA  
 CURVA DE DISPERSION REAL  
 CURVA REFERENCIAL DE AJUSTE

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"



ESTUDIO DE MASW

CD-02



**MASW-1/L4 - MODO INVERSO (28 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

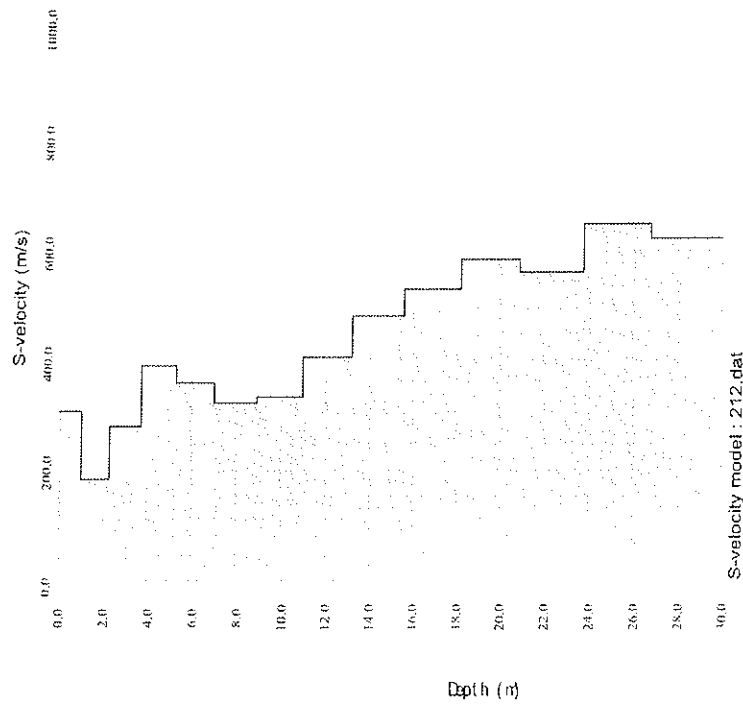
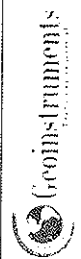
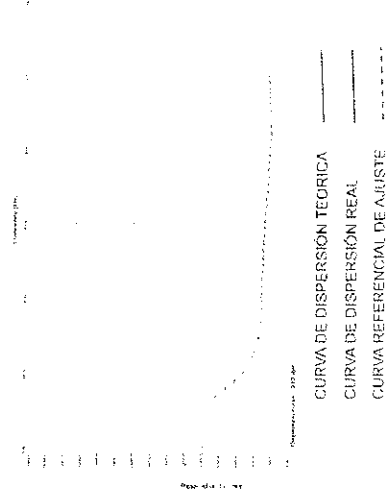


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



PREPARADO POR

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

REALIZADO POR  
 Ing. Rocio Machaca C.

GRÁFICA

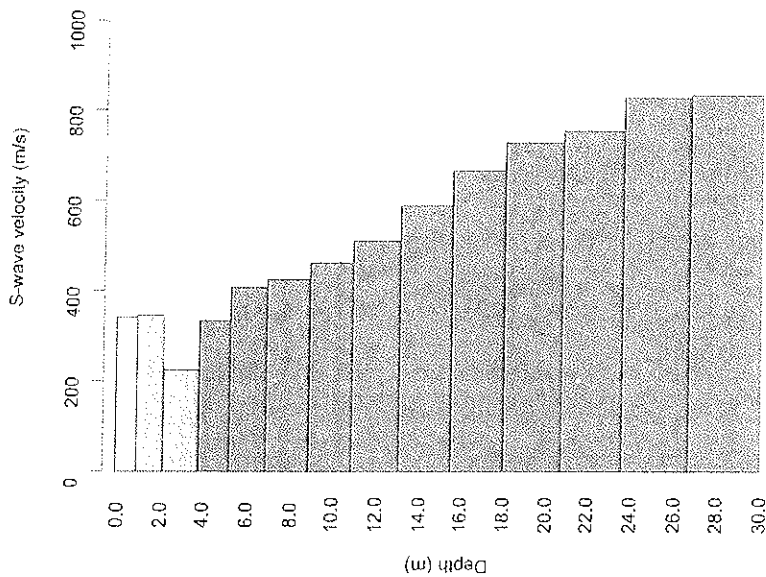
SEPTIEMBRE - 2013

CD-03



*[Handwritten signature]*

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 2/L4



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	341.39	341.39
1.07	345.82	345.82
2.31	224.50	224.50
3.71	333.20	333.20
5.27	406.97	406.97
7.01	424.93	424.93
8.90	461.51	461.51
10.96	510.46	510.46
13.19	588.44	588.44
15.58	666.30	666.30
18.13	728.05	728.05
20.85	753.99	753.99
23.74	827.55	827.55
26.79	832.89	832.89
30.00	1204.35	1204.35
Vs 30	576.69	515.53

PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBITTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

PERFIL DE MASW

PV-14

INGENIERO: Ing. Fredy García B.

PROYECTO: Ing. Fredy García B.

VERIFICADO: Ing. Fredy García B.

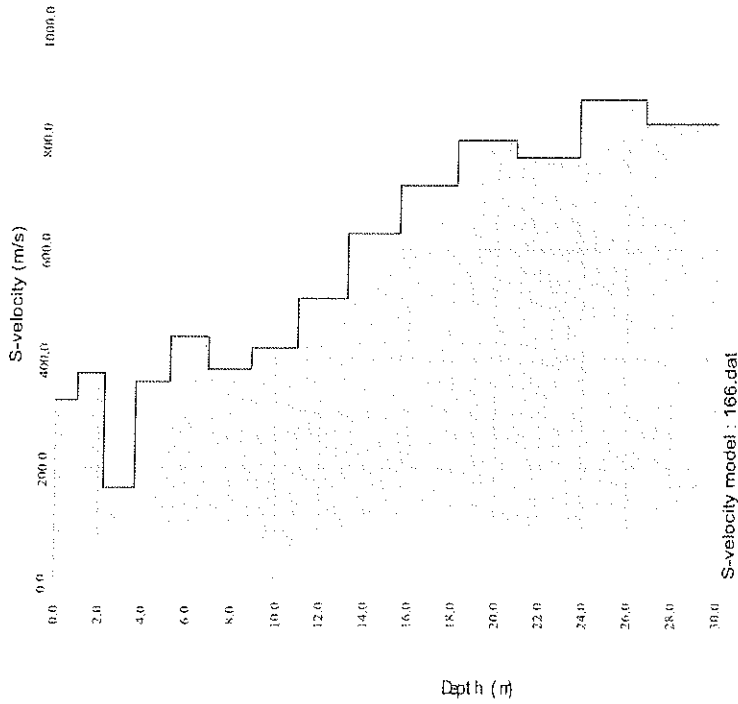
APROBADO: Ing. Fredy García B.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA



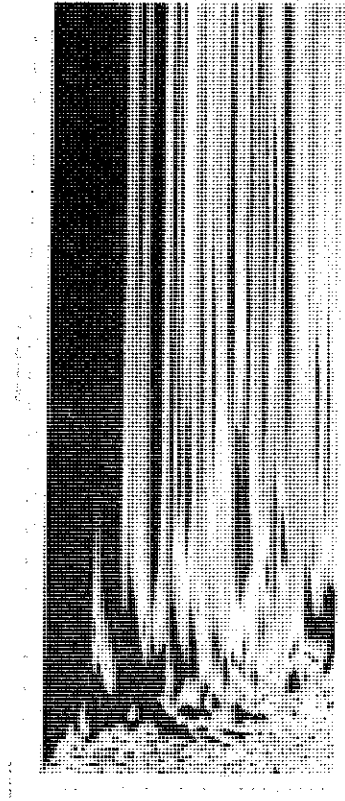
**MASW-2/L4 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

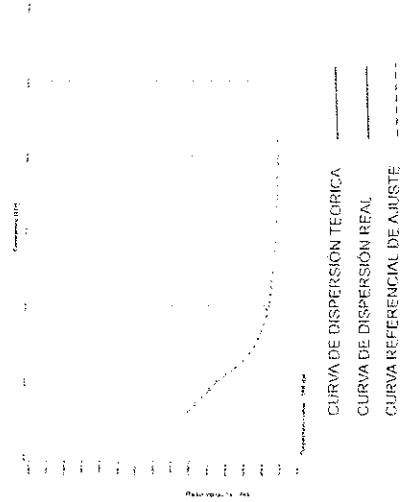


VARIACION DE LA Vs

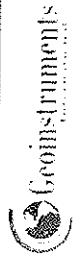
GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



PROYECTO MASW

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

Ing. Rocio Machaca C.

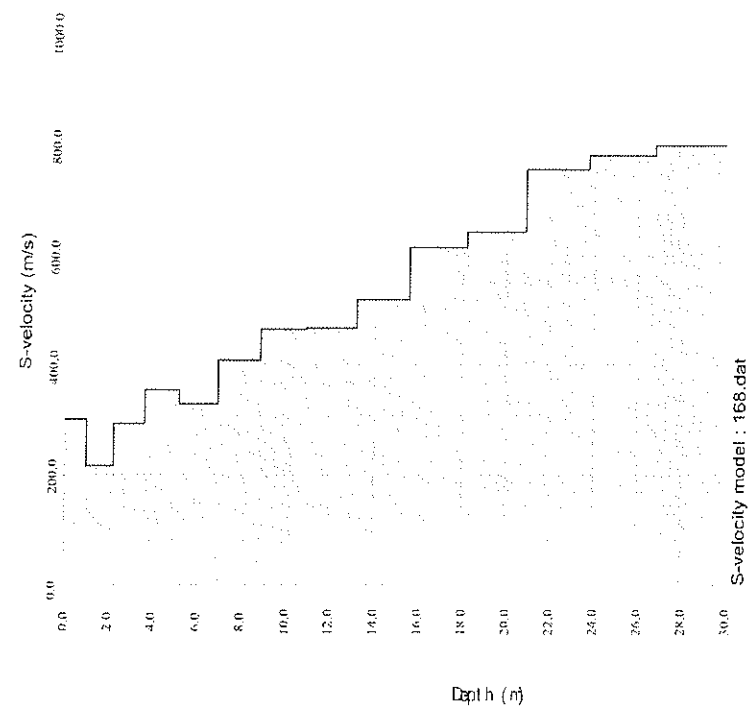
Ing. Freddy Ccallo H.

INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERIA CIVIL  
 SEPTIEMBRE - 2013

CD-01

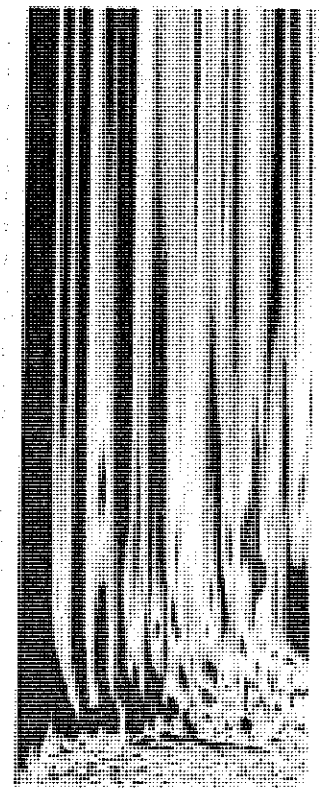
**MASW-2/L4 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

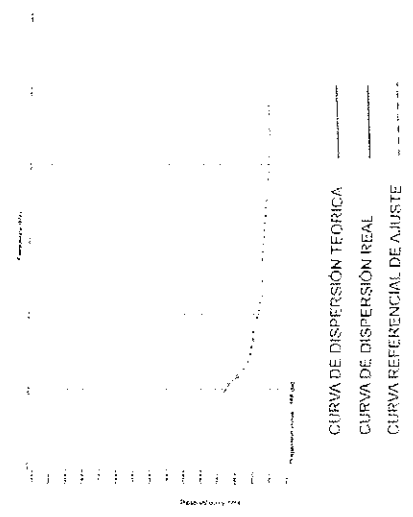


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO	LAYRIA CD-02
		ESTUDIO DE MASW	INGENIERIA TECNICA SEPTIEMBRE - 2010
Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.	Ing. Rocio Machaca C. Ing. Freddy Ccallo H.

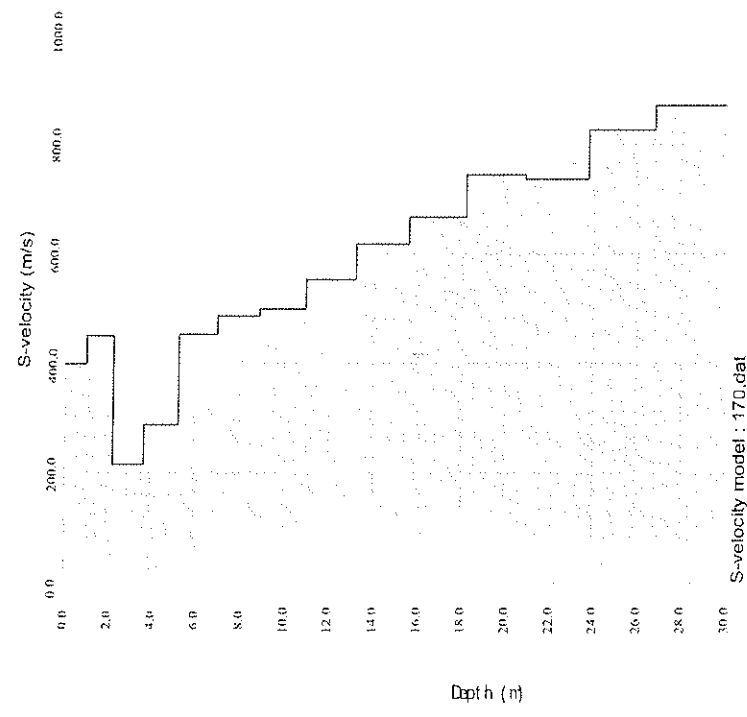
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

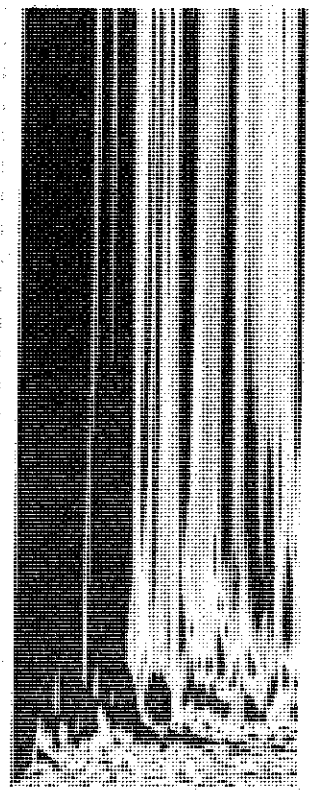
MASW-2/L4 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

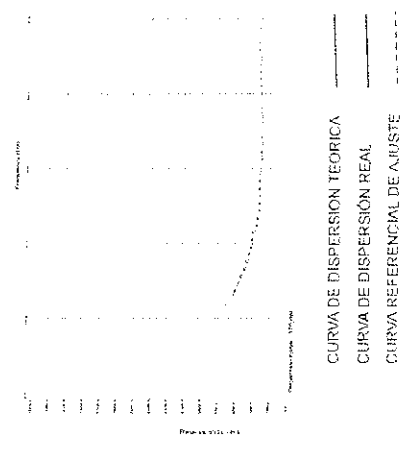


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



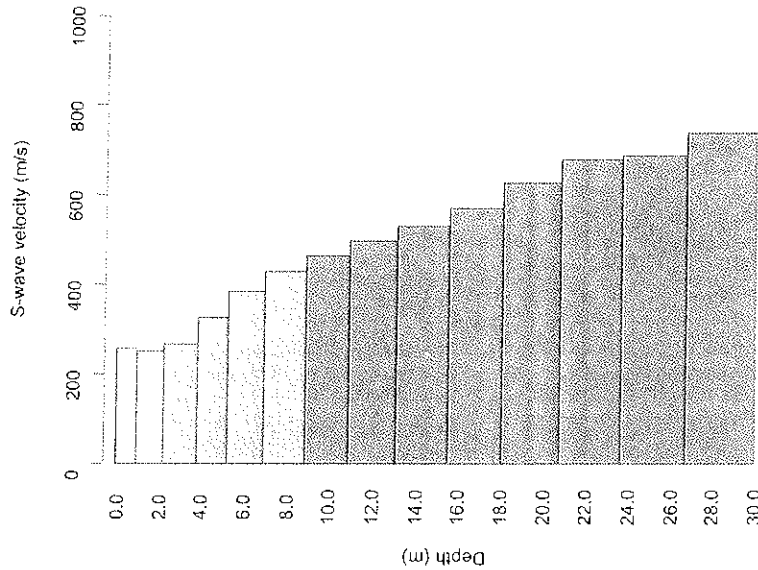
		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO	
		INGENIERO EN CIVIL Ing. Rogio Machaca C.	INGENIERO EN CIVIL Ing. Freddy Coallo H.
ESTUDIO DE MASW		GRAFICA	FECHA SEPTIEMBRE - 2013
46-81430021.P118		PÁGINA 03	LACRUBA CD-03

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



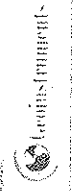
Handwritten mark

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 3/L4



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	257.31	257.31
1.07	251.02	251.02
2.31	268.11	268.11
3.71	326.83	326.83
5.27	385.01	385.01
7.01	430.09	430.09
8.90	464.70	464.70
10.96	497.71	497.71
13.19	531.05	531.05
15.58	570.50	570.50
18.13	627.56	627.56
20.85	680.10	680.10
23.74	688.32	688.32
26.79	739.39	739.39
30.00	858.55	858.55
Vs 30	505.08	474.35

INGENIERO: Ing. Néstor Mochales C.  
 PERIÓDICO: Ing. Pedro Rodríguez C.  
 SUPERVISOR: Ing. Freddy Cordero M.  
 REPRESENTANTE: Ing. Freddy Cordero M.



01/2017

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 3 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PLAN: PERIF. DE MASW

01/2017

LOCAL: TRAYA  
 FECHA: FEBRERO 2017

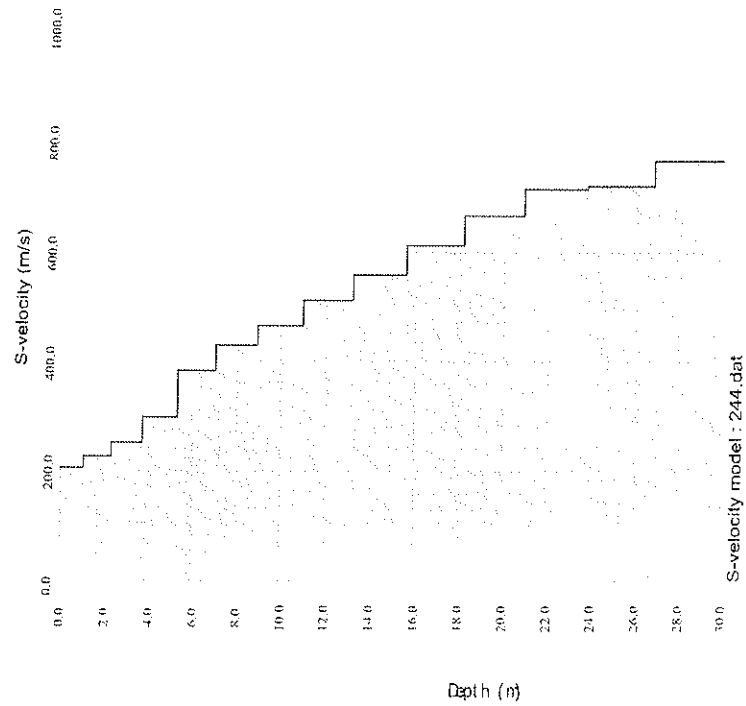
PV-15

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



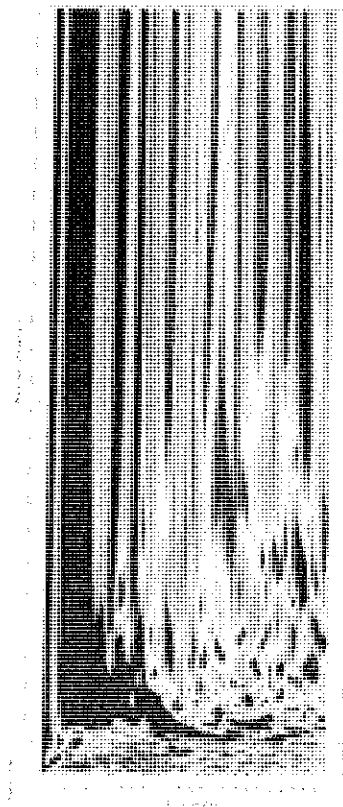
**MASW-3/L4 - MODO INVERSO (7 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

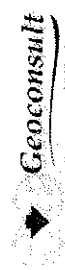
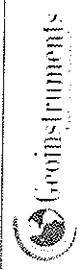
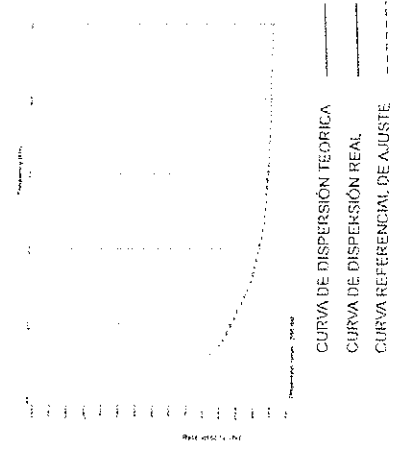


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



ING. Rocio Manchaca C.

ING. Freddy Crallo H.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

ESTUDIO DE MASW

SEPTIEMBRE - 2012

CD-01

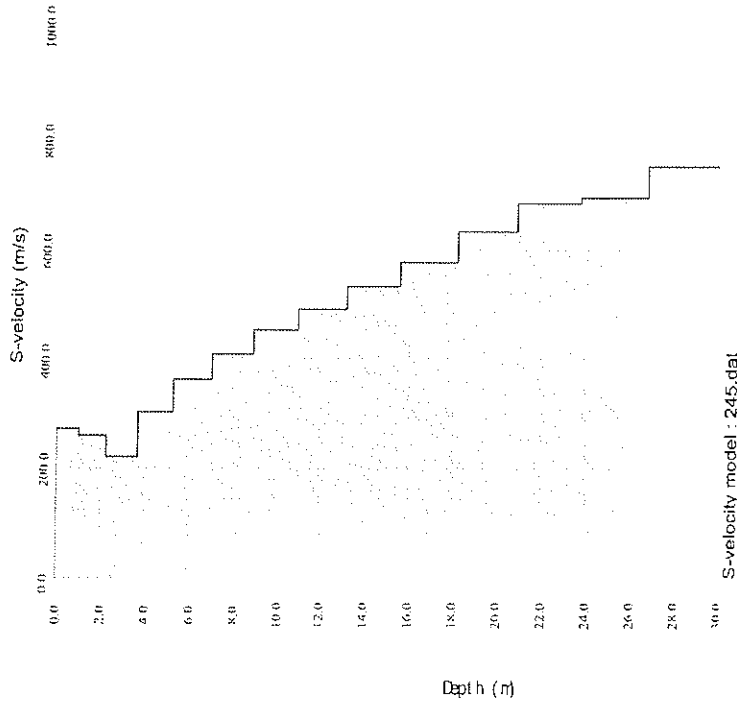
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



*[Handwritten signature]*

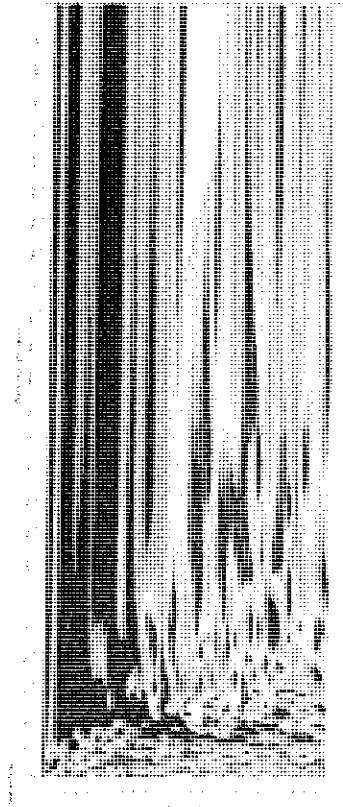
# MASW-3/L4 - MODO INVERSO (14 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

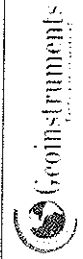
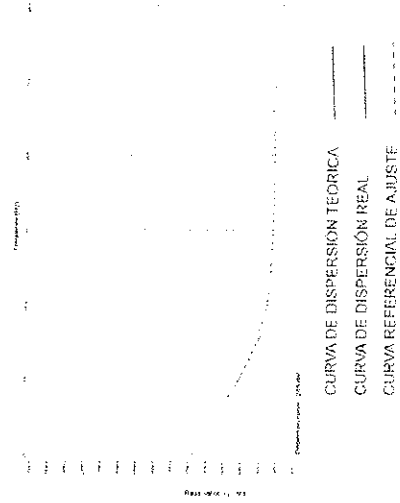


VARIACION DE LA VS

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSIÓN



PROYECTO

ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCIÓN SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

ING. ROCÍO MACHACA C.

GRABERÍA

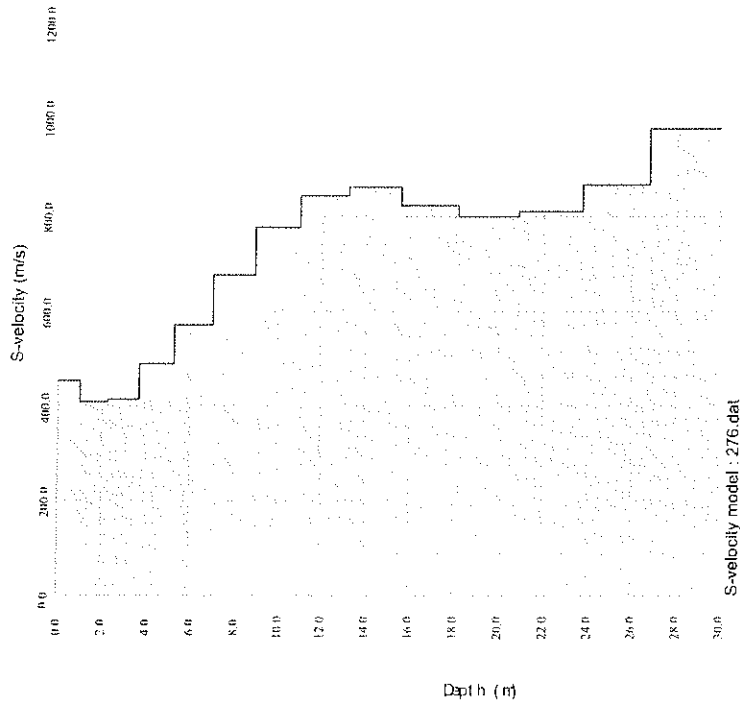
SEPTIEMBRE - 2013

CD-02

[1409]035

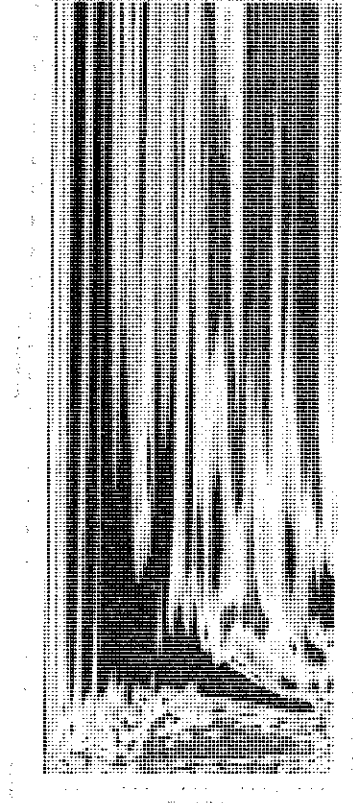
MASW-3/L4 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

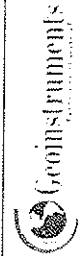
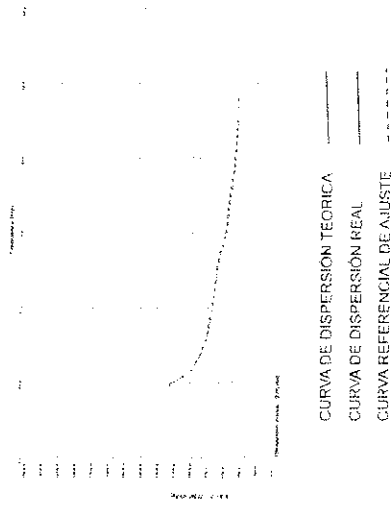


VARIACION DE LA VS

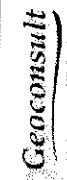
GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



INGENIERIA CIVIL



INGENIERIA

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

ESTUDIO DE MASW

Ing. Rocio Marchaca C.

GRAFICA

SEPTIEMBRE - 2013

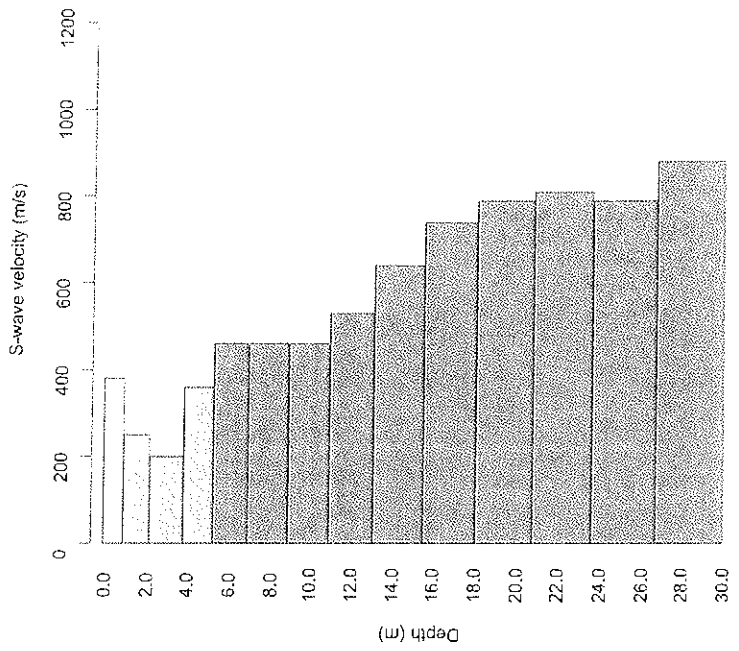
CD-03

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL


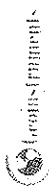


Handwritten signature

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN PROFUNDIDAD  
MASW - 3'/L4



Depth(m)	S-velocity(m/s)	
	Aritmética	Armónica
0.00	382.70	382.70
1.07	253.65	253.65
2.31	200.10	200.10
3.71	362.94	362.94
5.27	461.71	461.71
7.01	456.83	456.83
8.90	455.22	455.22
10.96	527.05	527.05
13.19	636.93	636.93
15.58	741.25	741.25
18.13	794.00	794.00
20.85	806.20	806.20
23.74	792.88	792.88
26.79	883.59	883.59
30.00	883.59	883.59
Vs 30	575.91	523.36

DIRECTOR: Ing. Roman Merino de la Cruz  
 COORDINADOR: Ing. Pedro Merino de la Cruz  
 SUBCOORDINADOR: Ing. Freddy Gualpa  
 PRESIDENTE: Ing. Freddy Gualpa

EMPRESA ESPECIALIZADA: INGENIERIA CIVIL  
 EMPRESA: INGENIERIA CIVIL

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 "PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

PERIODO: 2013  
 FECHA: 2013  
 REV:

PLAN: PERIODO DE MASW  
 PLAN: PV-16



# MASW-3/L4 - MODO INVERSO (7 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

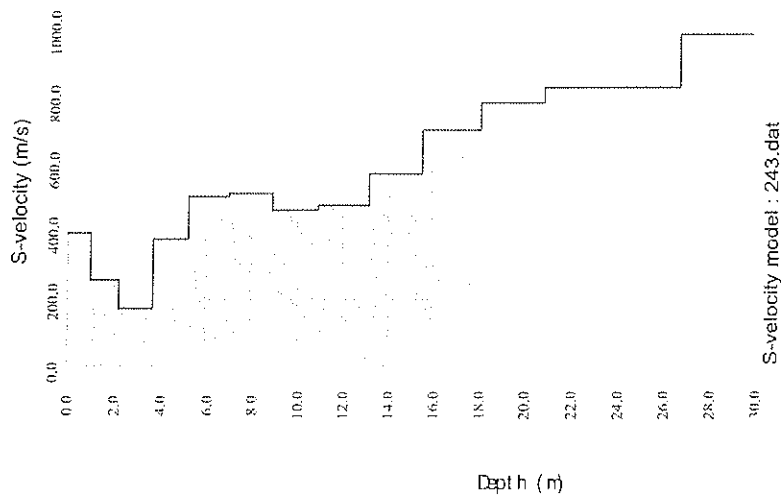
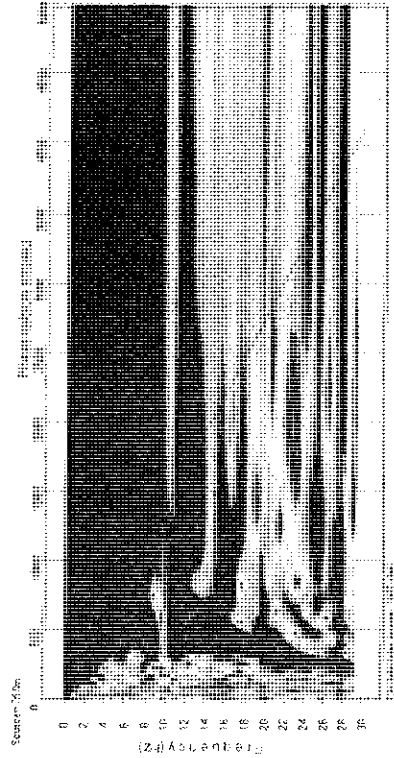
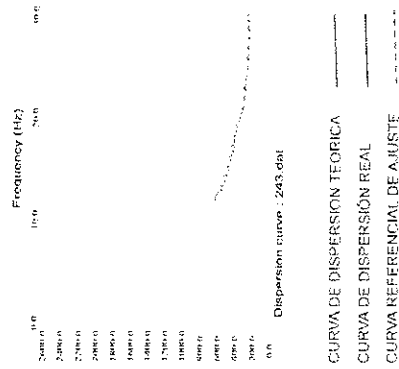


GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



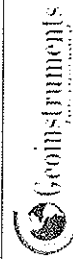
CURVA DE DISPERSION



GEOSYS



PROYECTO L4



INGENIERIA  
INGENIERIA

Ing. Rocio Machaca C.  
Ing. Freddy Ccallo H.

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SIMICA  
"PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"

11/05  
SEPTIEMBRE - 2013

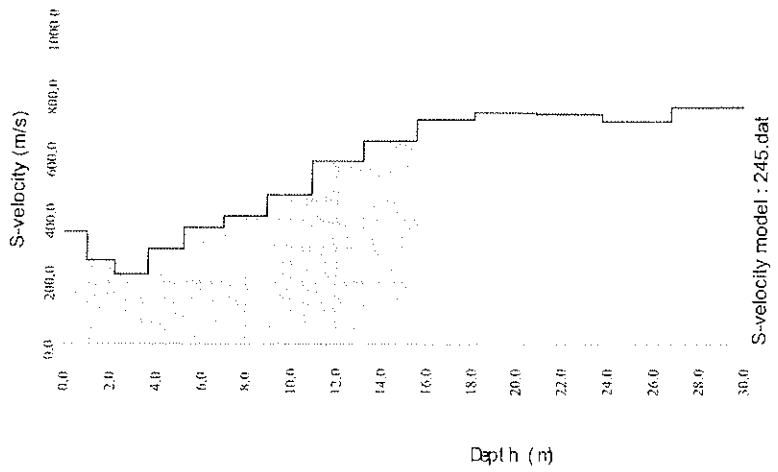
MAPA  
CD-01



A

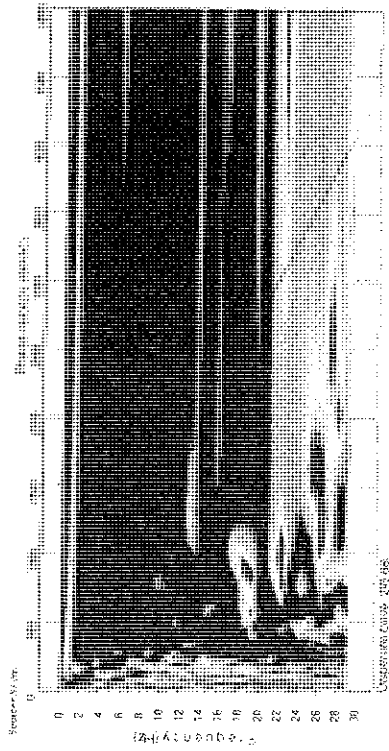
**MASW-3/L4 - MODO INVERSO (14 m)**

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

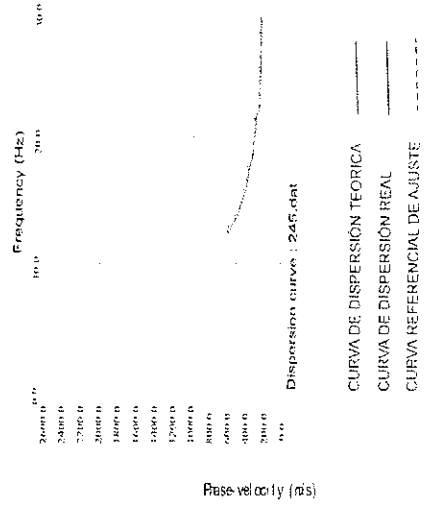


VARIACION DE LA Vs

GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



	REPRESENTANTE LEGAL Ing. Rocio Machaca C.		ESPECIALIDAD GRAFICA	FECHA SEPTIEMBRE - 2013	IDENTIFICACION CD-02
	ESTUDIO DE MASW		PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SIMICA PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO		

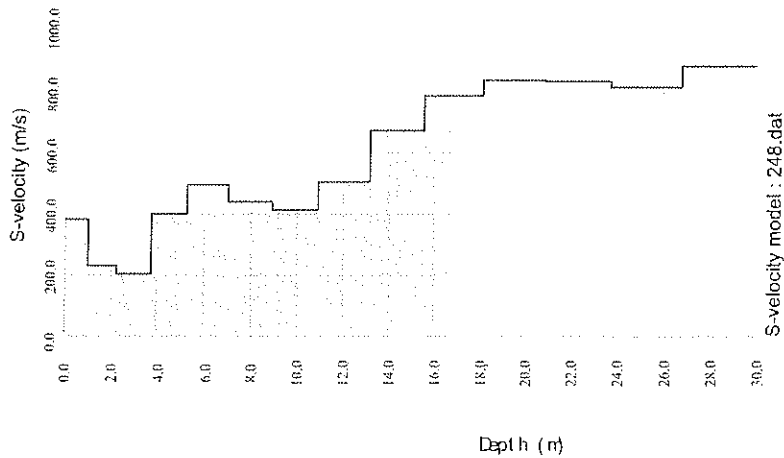
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



*A*

# MASW-3'/L4 - MODO INVERSO (28 m)

PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE 1D

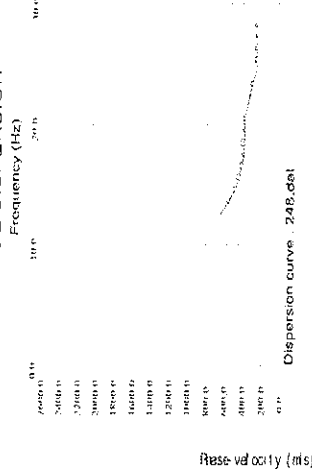


VARIACION DE LA Vs

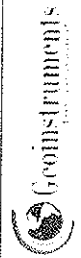
GRÁFICO VELOCIDAD DE FASE VS FRECUENCIA



CURVA DE DISPERSION



Dispersión curve : 248.dat



PRESENTEADO POR



ESTUDIO DE MASW

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DE MASW Y REFRACCION SISMICA  
 PROYECTO LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BASICA  
 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

ING. ROCIO MACHACA C.

SEPTIEMBRE - 2013

ING. FREDDY CCALLO H.

SEPTIEMBRE - 2013

CD-03

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



#### 8.4. GALERÍA DE FOTOS

---



*Handwritten signature*



Foto N° 01: Vista general de la supervisión y toma de datos.



Foto N° 02: Vista del tendido de cables.



Foto N° 03: Vista de la instalación de geofabricos.



Foto N° 04: Vista en instantes de la generación de una onda sísmica.

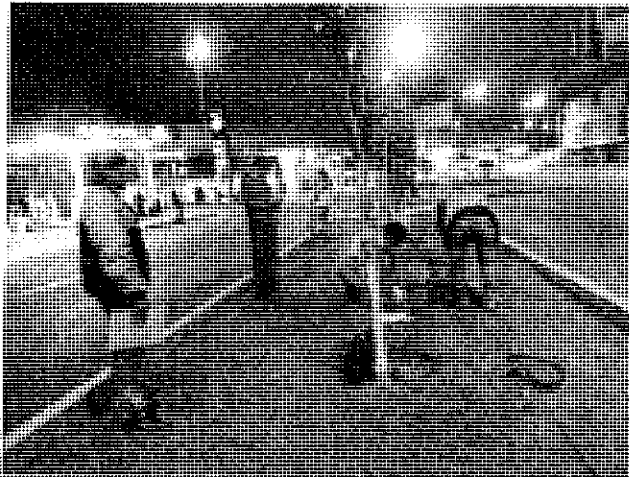


Foto N° 05: Vista de la Línea Sísmica PS-1/L2.



Foto N° 06: Vista de la Línea Sísmica PS-2/L2.

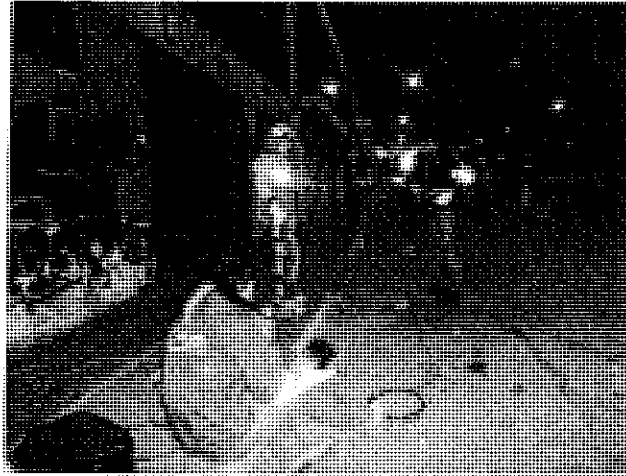


Foto N° 07: Vista de la Línea Eléctrica PS-31.2.



Foto N° 08: Vista de la Línea Eléctrica PS-41.2.

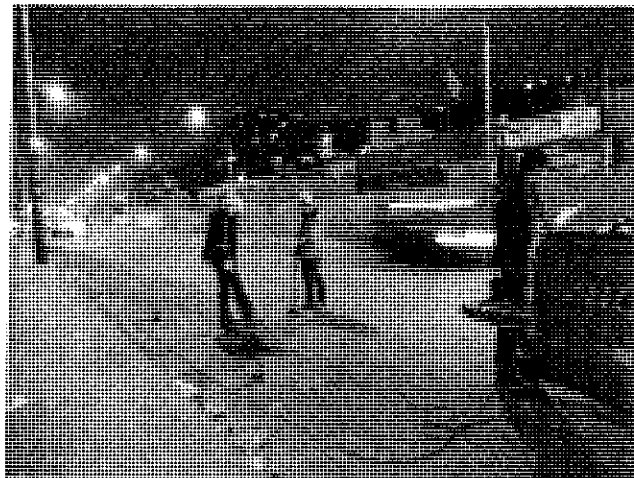


Foto N° 09: Vista de la Línea Eléctrica PS-51.2.

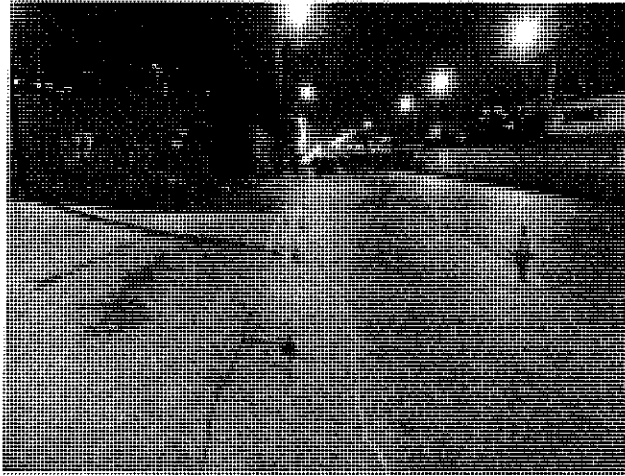


Foto N° 10: Vista de la Línea Sísmica PS-6A.2

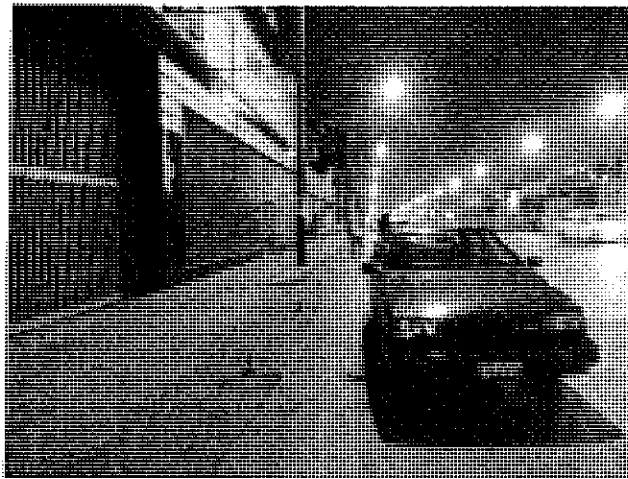


Foto N° 11: Vista de la Línea Sísmica PS-7(L).2



Foto N° 12: Vista de la Línea Sísmica PS-8(L).2







Foto N° 13: Vista de la Línea Sísmica PS-1/LA.



Foto N° 14: Vista de la Línea Sísmica PS-2/LA.



8.5. ECUACIONES MATEMÁTICAS (PARÁMETROS PSEUDO  
DINÁMICOS)

---

**PARÁMETROS PSEUDO DINÁMICOS DEL SUBSUELO (CONSTANTES ELÁSTICAS)**

- Módulo de volumen (incompresibilidad volumétrica) (K)
- Módulo de Young (E)
- Primera constante de Lamé ( $\lambda$ )
- Módulo de Cizalla (rigidez) (G)
- Coeficiente de Poisson ( $\nu$ )
- Densidad Promedio ( $\rho$ )

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

$$E = 2G(1 + \nu)$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

**Casos Específicos: Capacidad de Carga (Bearing capacity)**

$$q_a = 2,4 (10^{-4}) \rho V_s^2$$

Relación de  $V_p/V_s$  según Poisson ( $\nu$ )

$V_p/V_s$	1,63	1,73	1,87
$\nu$	0,20	0,25	0,3

Según Ukawa y Fukao 1981 – Huarachi P. 2003

8.6. TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (Norma IBC 2000 y NEHRP)

---



IBC TABLE 1615.1.1: Site Class Definitions (NEHRP)				
Site class	Soil profile name	Average properties in top 30 m, as per section 1615.1.5		
		Soils shear wave velocity, $v_s$ (m/s)	Standard penetration resistance, $N$	Soil undrained shear strength, $S_u$ (psf)
A	Hard Rock	$v_s > 1500$	Not applicable	Not applicable
B	Rock	$760 < v_s \leq 1500$	Not applicable	Not applicable
C	Very dense soil & soft rock	$360 < v_s \leq 760$	$N > 50$	$S_u \geq 2000$
D	Stiff soil profile	$180 < v_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$1000 \leq S_u \leq 2000$
E	Soft soil profile	$v_s < 180$	$N < 15$	$S_u < 1000$
E	-	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristic: 1. Plasticity index $PI > 20$ ; 2. Moisture content $w \geq 40\%$ , and 3. Undrained shear strength $S_u < 1000$		
F	-	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils, 2. Peats and/or highly organic clays ( $H > 3.048m$ of peat and/or highly organic clay where $H$ = thickness of the soil) 3. Very high plasticity clays ( $H > 7.62m$ with plasticity index $PI > 75$ ) 4. Very thick soft medium stiff clays ( $H > 36.576m$ )		

Caracterización sísmica de suelos, según NEHRP (1993)

Tipo	VS 30 (m/s)	Descripción
A	>1500	Roca dura
B	760 – 1500	Roca
C	360 – 760	Suelo muy denso y Roca Blanda
D	180 – 360	Suelo rígido
E	< 180	Suelo Blando
F	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3 m de espesor)	



Densidades de Rocas y Suelos (Telford et al, 2001)

Tipo de Roca	Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )	Tipo de Roca	Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Promedio (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Sedimentos</b>			<b>Rocas Igneas</b>		
Regolito	-	1.92	Riolito	2.35 - 2.70	2.52
Suelo	1.2 - 2.4	1.92	Andesita	2.4 - 2.8	2.61
Arella	1.63 - 2.6	2.21	Granito	2.60 - 2.81	2.64
Grava	1.7 - 2.4	2.0	Granodiorita	2.67 - 2.79	2.73
Arena	1.7 - 2.3	2.0	Porfírico	2.66 - 2.83	2.74
Arénica	1.81 - 2.78	2.35	Cuarzodiorita	2.62 - 2.69	2.74
Ludita	1.77 - 3.2	2.49	Diorita	2.72 - 2.88	2.85
Limonita	1.93 - 2.90	2.55	Lavas	2.80 - 3.00	2.90
Dolomita	2.28 - 2.90	2.70	Diabasa	2.60 - 3.20	2.91
Rocas Sediment. (Promedio)	-	2.50	Basalto	2.70 - 3.30	2.99
<b>Rocas Metamórficas</b>			Gabro	2.90 - 3.60	3.03
Serpentina	2.4 - 3.10	2.78	Peridotita	2.98 - 3.37	3.15
Cuarcita	2.6 - 2.70	2.69	Rocas Igneas Avalda (Promedio)	2.30 - 3.11	2.61
Fosforita	2.80 - 2.9	2.64	Rocas Igneas Básicas (Promedio)	2.60 - 3.17	2.79
Metasacae	2.6 - 2.7	2.65			
Mármol	2.6 - 2.9	2.75			
Rocas Metamorf (Promedio)	2.4 - 3.1	2.74			
Pizarra	2.7 - 2.9	2.79			
Gneis	2.50 - 3.0	2.80			
Amfibolita	2.80 - 3.04	2.90			

Tabla 4.2. Densidades de rocas (Telford et al, 2001)



As