

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

TOMO	CONTENIDO
TOMO 1	RESUMEN EJECUTIVO
TOMO 2	<b>A</b> <b>MEMORIA DESCRIPTIVA DEL DISEÑO DE INGENIERÍA</b> A.1. MEMORIA DESCRIPTIVA DE OBRAS CIVILES, DEL EQUIPAMIENTO DE SISTEMAS Y DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO A.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS OBRAS CIVILES Apéndice 1: Planos A.3. TOPOGRAFÍA DEL PROYECTO Apéndice 1: Planos
TOMO 3	A.4. <b>GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO</b> Apéndice 1: Registro 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 7: Planos
TOMO 4	
TOMO 5	A.5. <b>TRAZO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA LÍNEA PRINCIPAL</b> 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
TOMO 7	A.6. <b>TUNEL</b> 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 gálibos UIC505 y determinación de gálibos 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 Selección de TBM
TOMO 8	A.6.6. <b>Pozos de ataque para TBM</b> 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 remales 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
		Apéndice 3. Dimensionamiento del revestimiento definitivo de las cavernas Apéndice 4. Planos
TOMO 10	A.7.	<b>ESTACIONES DE PASAJEROS</b>
	A.7.1.	Memoria Descriptiva General por estación
	A.7.2.	Apéndice 1: Planos definición funcional Arquitectura por tipología de estación.
	A.7.3.	Apéndice 1: Planos. Estaciones tipo Excavación y tratamiento de consolidación por tipología Apéndice 1: Planos. Proceso constructivo estaciones
TOMO 11	A.7.4.	<b>Memoria de cálculo de las estructuras permanentes por tipología.</b> Apéndice 1: Dimensionamiento estructural. Estaciones C&C Apéndice 2: Dimensionamiento estructural. Estaciones caverna Apéndice 3: Planos. Estructuras de estación.
TOMO 12	A.7.5.	<b>Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes.</b> Apéndice 1. Cálculos de evacuación Apéndice 2. Niveles de servicio de estaciones tipo Apéndice 3: Planos de rutas de evacuación
	A.7.6.	<b>Instalaciones ferroviarias en estación</b> A.7.6.1 Sistema de alimentación eléctrica A.7.6.2 Sistema de las puertas de andén A.7.6.3 Sistema de control de pasajeros A.7.6.4 Sistema de telecomunicaciones A.7.6.5 Sistema de señalización A.7.6.6 Dimensionamiento de tomiquetes
	A.7.7.	<b>Simulaciones del flujo de pasajeros</b> Apéndice 1. Cálculos de Evacuación Apéndice 2. Informes de simulación
	A.7.8	<b>Instalaciones no ferroviarias o equipamiento electromecánico por tipología de estación</b> A.7.8.1. Instalaciones no ferroviarias. A.7.8.2. Hidrología y drenaje Apéndice 1: Planos
	A.8.	<b>INTEGRACIÓN FÍSICA E INSERCIÓN URBANA</b>
	A.8.	<b>Memoria descriptiva de integración física e inserción urbana</b> Apéndice 1: Matriz de alteración del entorno urbano
	A.8.1.	<b>Estaciones Línea 2</b> Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-2
A.8.2.	<b>Estaciones Línea 4</b> Apéndice 1: Planos de inserción urbana. L-4	
TOMO 14	A.8.3.	<b>Soluciones de Ingeniería</b>
	A.8.4.	<b>Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Línea 2</b>
	A.8.5.	<b>Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia Ramal Av. Faucett- Av. Gambetta Línea 4</b>
	A.8.6.	<b>Patios talleres (Santa Anita y Bocanegra)</b> Apéndice 1: Planos
	A.9.	<b>PATIOS TALLERES Y POZOS DE VENTILACIÓN Y/O SALIDAS DE EMERGENCIA</b>
	A.9.1.	Memoria descriptiva general
A.9.2.	Diseño funcional y dimensionamiento de los patios taller Apéndice 1: Equipos Apéndice 2: Planos generales	
TOMO 15	A.9.3	<b>Arquitectura de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o salidas de emergencia</b> A.9.3.1. <b>Arquitectura de los Patios Taller.</b> Apéndice 1: Planos A.9.3.2. <b>Arquitectura de los Pozos de ventilación y salidas de emergencia</b> Apéndice 1: Planos definición geométrica
	A.9.4	<b>Estructuras de los Patios Talleres y Pozos de Ventilación y/o Salidas de Emergencia</b> A.9.4.1. <b>Estructuras de los Patios Taller.</b> Apéndice 1: Planos de edificios y nave taller A.9.4.2. <b>Estructuras de los Pozos de ventilación y emergencia</b> Apéndice 1: Planos de estructuras y procedimientos constructivos
	A.9.5	<b>Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes</b>
	A.9.5.1.	<b>Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Patios taller</b>
	A.9.5.2.	<b>Memoria de Cálculo para las Estructuras Permanentes. Pozos</b> Apéndice 1: Pozos laterales sin presencia de nivel freático Apéndice 2: Pozos cenitales sin presencia de nivel freático Apéndice 3: Pozo cenital tramo túnel TMB en presencia de nivel freático
	A.9.8.	<b>Esquema ferroviario y Diseño de la superestructura de vía férrea, alimentación eléctrica y señalización de los Patios talleres</b>
	A.9.6.1.	<b>Esquema ferroviario y superestructura de vía de los patios talleres</b>

INDICE GENERAL  
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

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



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

TOMO	CONTENIDO	
TOMO 22	C.2.2.	Suministro e instalación
TOMO 23	D	DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DEL MATERIAL RODANTE
	D1	DISEÑO, FABRICACIÓN, PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FABRICA, TRANSPORTE, ENSAMBLE Y ACOPLE, 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.	Gálibo
	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.
	D.1.8.	Sistema de señalización y comunicación
	D.1.9.	Salidas de emergencia del tren
	D.1.10.	Composición estructural de las cajas
D.1.11.	Cronograma de suministro del Material Rodante para Primera Etapa A, Primera Etapa B y Segunda Etapa del Proyecto 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	TIPOS 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	



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

TOMO	CONTENIDO	
	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. J.1.6.	Plan de Calidad del Material Rodante 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
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 K.1.2.2	Plan de Seguridad y Salud de diseño y construcción Apéndice 1: Fichas de inspección 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. M.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MATERIAL RODANTE
	N	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE HITOS (OBRAS Y MATERIAL RODANTE)

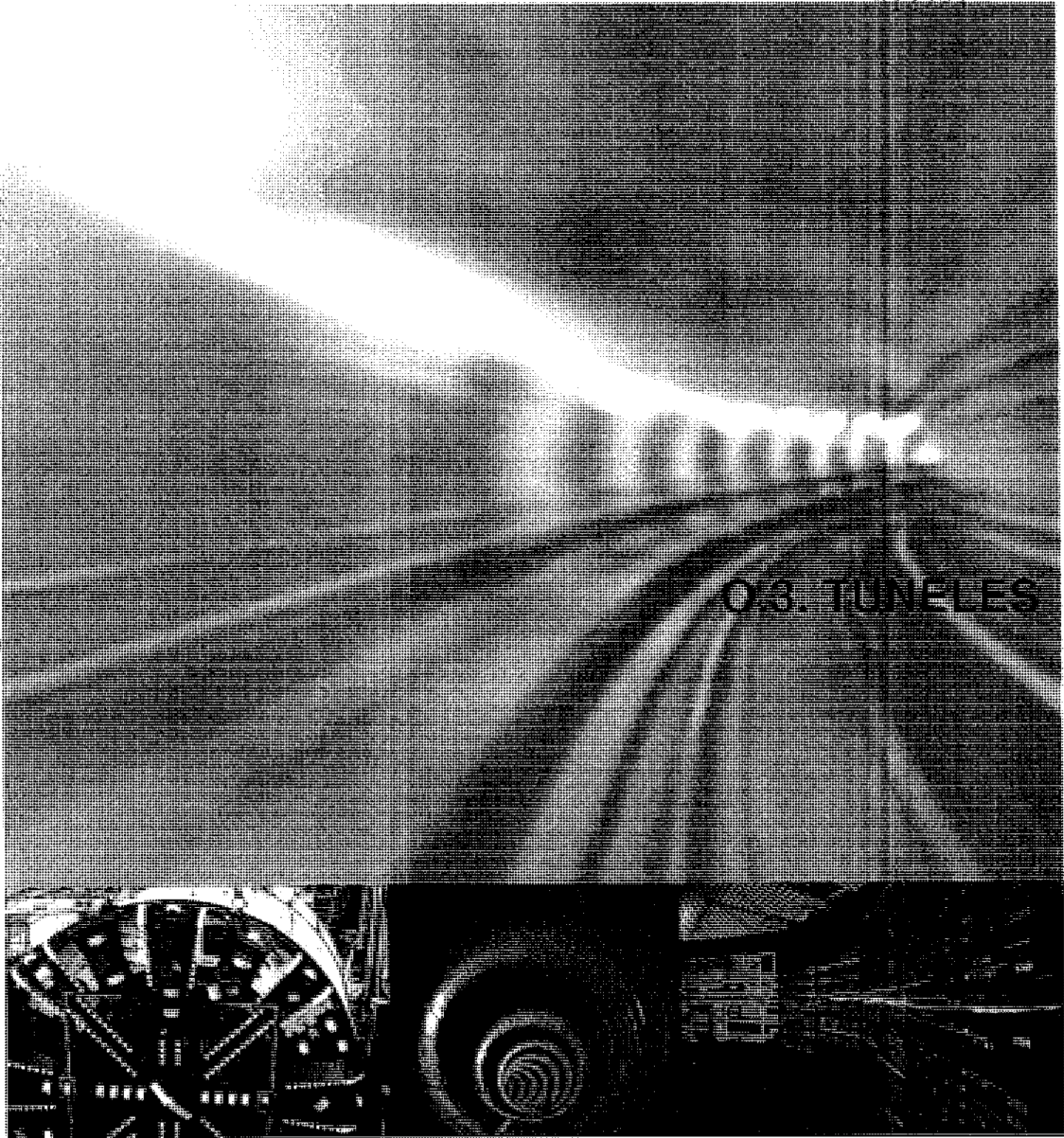
INDICE GENERAL  
DOCUMENTO N° 4. PROPUESTA TÉCNICA

TOMO		CONTENIDO
	N.1. N.2.	HITOS DE OBRAS POR ETAPAS HITOS DE PROVISIÓN DE MATERIAL RODANTE POR ETAPAS
TOMO 30	O	INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A
	O.1. O.1.1. O.1.2.	ESTUDIOS BÁSICOS Topografía de detalle Apéndice 1: Planos Estudio geotécnico Apéndice 1: Registro de sondeos mecánicos Apéndice 2: Registro de calceta Apéndice 3: Registro de la investigación geofísica Apéndice 4: Ensayos de laboratorio
TOMO 31	O.1.3.	Análisis de riesgo sísmico 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.	Estudio de desvíos de tráfico Apéndice 1: Planos
	O.1.5.	Estudio de interferencias Apéndice 1: Planos
	O.2. O.2.1.	GEOMETRIA (Trazado) Trazado de las vías Apéndice 1: Planos
TOMO 32	O.3	TÚNELES
	O.3.1.	Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos
	O.3.2.	Diseño de las secciones tipo de túnel 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 substancias Apéndice 7: Planos
	O.3.3.	Diseño de la conexión subterránea con Patio Santa Anita (Ramal a Talleres) Apéndice 1: Cálculos de ramales Santa Anita Apéndice 2: Planos
	O.3.4.	Pozos de atagua (ventilación) Apéndice 1: Planos
	O.4	ESTACIONES
	O.4.1. O.4.2. O.4.3.	Memoria descriptiva de las estaciones Apéndice 1: Planos Arquitectura de estaciones Accesibilidad del sistema y dimensionamiento de los andenes. Apéndice 1: Cálculos de evacuación Apéndice 2: Planos Apéndice 3: Simulaciones de flujo en estación
TOMO 33	O.4.4.	Estructuras 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.	PATIO TALLER SANTA ANITA
	O.5.1.	Memoria descriptiva del Patio de Santa Anita. Descripción funcional Apéndice 1: Planos
	O.5.2.	Excavaciones y muros de contención. Estructuras Apéndice 1: Planos
	O.5.3.	Arquitectura del Patio Taller Santa Anita Apéndice 1: Planos
	O.5.4.	Plan de movimiento de tierras
O.6	CRONOGRAMA	
	O.6.1.	Cronograma detallado Primera Etapa A

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 

[13182]

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



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

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

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASADRE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**O.3.1. Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos**

012784


O.3.1. Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A TIPO DE DOCUMENTO
------------------------	---

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

**O.3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA CON DEFINICIÓN DE LOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS**



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[13184]

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



**0.3.1. Memoria descriptiva con definición  
de los métodos constructivos**

Índice

012785

<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2 DISEÑO DEL TÚNEL DE LÍNEA.....</b>	<b>3</b>
<b>3 DISEÑO DE LA CONEXIÓN SUBTERRÁNEA CON EL PATIO DE TALLERES.....</b>	<b>4</b>
<b>4 DISEÑO DE LOS POZOS DE ATAQUE.....</b>	<b>4</b>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### O.3.1. Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos

012786

#### 1 INTRODUCCIÓN

La Línea 2 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, que conecta los distritos del Este de Lima (Ate, Santa Anita) con los del centro de Lima y Callao (eje Este-Oeste), sirve de complemento y se integra a la Línea 1 del Metro de Lima (Villa El Salvador - San Juan de Lurigancho) y Línea 1 del Metropolitano (Chorrillos - Independencia) que tiene recorridos Sur-Norte.

El Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta conecta la zona de los barrios adyacentes al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez con el sistema masivo de transporte de la ciudad, por la Av. Elmer Faucett, desde la Av. Néstor Gambetta hasta el distrito de Bellavista en la Provincia de Callao.

La construcción de la línea se ha dividido en varias etapas, siendo la primera etapa, denominada Primera Etapa A la que corresponde al tramo la Línea 2 entre las estaciones **Evitamiento y Mercado Santa Anita**, es decir el **Tramo 5** de la **Línea 2**, incluyendo el tramo del ramal a patio de talleres de Santa Anita excavado en mina.

En el documento O.3. *Túneles* se presenta la Ingeniería de detalle correspondiente al diseño de la obra civil subterránea, que incluye el diseño del Túnel de Línea, la conexión subterránea con el Patio de Santa Anita y el Diseño de los Pozos de Ataque.

#### 2 DISEÑO DEL TÚNEL DE LÍNEA

El Túnel de Línea alberga dos vías. Los requisitos geométricos de las secciones se presentan en el Punto O.2 *Geometría*.

La ejecución de los túneles se plantea mediante métodos convencionales. La elección de los métodos convencionales de excavación, en este tramo, 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.

El diseño del túnel se ha desarrollado teniendo en cuenta las principales normativas, códigos y recomendaciones existentes, así como bibliografía técnica.

La ejecución del túnel de línea de la Primera Etapa A se realizará empleando métodos convencionales de excavación en suelos, es decir, excavando el terreno mediante retroexcavadora. Se emplearán sostenimientos basados en la utilización de hormigón proyectado y cerchas. La ejecución de los túneles se realizará en fases (avance, destroza y eventualmente contrabóveda).

Los modelos de la sección de túneles en vía principal y en sus conexiones con los patios de talleres se han realizado teniendo en cuenta los parámetros marcados por la normativa de referencia, ajustándose posteriormente a la realidad de los trenes y el material móvil auxiliar de mantenimiento que finalmente va a circular por las líneas, en aras a optimizar la ubicación de instalaciones eléctricas, de señalización, de comunicaciones, de PCI y pasarelas de evacuación, entre otros sistemas y subsistemas, para optimizar el diseño funcional y adaptar las evacuaciones potenciales de pasajeros a situaciones lo más aceptables y seguras posibles, en cuanto a distancias de paramentos y suelos de coches a andenes y plataformas.

El diseño de las secciones de revestimiento para la excavación por métodos convencionales, se ha basado en integrar el espacio necesario para la explotación de la línea en una geometría lo más circular posible, con el objeto de optimizar el revestimiento; la sección circular es la que mejor soporta las cargas del terreno y la acción sísmica, lo que permite menores espesores de hormigón en el revestimiento.

El revestimiento del túnel se construirá en dos etapas. El revestimiento primario que estará constituido, básicamente, por hormigón proyectado y cerchas y el definitivo constituido por hormigón armado convencional. Para ello, se han realizado una serie de análisis numéricos: por un lado, una simulación de la excavación y el revestimiento primario y por otra parte, el análisis del revestimiento definitivo a largo plazo.



### **O.3.1. Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos**

La maquinaria empleada para la construcción del túnel de línea puede clasificarse, en base a su cometido, en los siguientes tipos:

- Maquinaria de excavación y desescombro.
- Maquinaria de colocación del sostenimiento.
- Maquinaria para el revestimiento y la impermeabilización.

Los metros iniciales de la excavación del avance se efectuará al abrigo de un paraguas de micropilotes de 12 m de longitud, en general. El paraguas será ejecutado previamente al inicio de la excavación desde el la estación o pozo que hará las funciones de pozo de ataque. Una vez ejecutado el paraguas con la correspondiente viga de atado, se procederá a la demolición de las pantallas o pilotes en la zona correspondiente a la sección a excavar, quedando la parte de las pantallas o pilotes sin demoler, perfectamente sujetas mediante la viga de atado. Seguidamente se procede a la excavación del túnel.

El frente es estable incluso en las etapas con mayor superficie de excavación. No obstante se ha determinado que el núcleo del frente plastifica, pudiéndose producir alguna inestabilidad. Para evitar esto y como medida de seguridad adicional, se ha comprobado la bondad de excavar el frente dejando un machón central.

No obstante se han previsto tratamientos especiales, es decir, técnicas o procesos constructivos que pueden aplicarse de manera ocasional y no de forma sistemática en zonas donde las características geotécnicas sean particularmente bajas o se detecte la presencia de agua, en concreto, hormigón proyectado en el frente, paraguas pesado y drenaje.

### **3 DISEÑO DE LA CONEXIÓN SUBTERRÁNEA CON EL PATIO DE TALLERES**

En el ramal a patio de talleres de Santa Anita hay un tramo en el que es necesario excavarlo en mina, a diferencia del Túnel de Línea, este tramo solamente alberga una sola vía.

Respecto al resto de aspectos, se han seguido los mismos criterios para su diseño que en el caso del Túnel de Línea y por tanto, el mismo método constructivo descrito en el apartado anterior.

### **4 DISEÑO DE LOS POZOS DE ATAQUE**

Todos los tramos de túnel de la Primera Etapa A, es decir, ejecutados en mina por métodos convencionales, se inician desde pozos cenitales de ventilación o estaciones ejecutados al abrigo de pantallas, cuyos diseño se detalla en el Punto O.3.4 Diseño de los Pozos de Ataque.



[13187]

**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**



012788

<b>O.3.2.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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

## **O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL**

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







<b>0</b>	<b>CONTENIDO MÍNIMO .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1	GENERALIDADES .....	5
1.2	TRAMO OBJETO DE PROYECTO .....	5
1.3	CRITERIO DE DISEÑO .....	5
1.4	NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....	6
<b>2</b>	<b>MÉTODO CONSTRUCTIVO .....</b>	<b>7</b>
2.1	GENERALIDADES .....	7
2.2	SECCIÓN TIPO .....	7
2.3	EXCAVACIÓN .....	8
2.3.1	Introducción .....	8
2.3.2	Secuenciación de la excavación .....	8
2.3.3	Excavación mecánica .....	8
2.4	CICLOS DE TRABAJO .....	9
2.5	EQUIPOS Y MAQUINARIA A EMPLEAR .....	10
2.5.1	Generalidades .....	10
2.5.2	Equipos y maquinaria de excavación y desescombro .....	10
2.5.3	Equipos y maquinaria de colocación de revestimiento primario .....	10
2.5.4	Maquinaria para revestimiento definitivo e impermeabilización .....	11
<b>3</b>	<b>DISEÑO DEL REVESTIMIENTO .....</b>	<b>12</b>
3.1	GENERALIDADES .....	12
3.2	REVESTIMIENTO PRIMARIO .....	12
3.2.1	Pre-dimensionamiento inicial revestimiento primario .....	12
3.2.2	Secciones tipo de revestimiento primario propuestas .....	12
3.2.3	Criterio de aplicación .....	13
3.2.4	Simulación de la excavación y el revestimiento primario .....	14
3.2.5	Emboquilles .....	15
3.2.6	Estabilidad del Frente .....	16
3.2.7	Tratamientos Especiales .....	16
3.3	Revestimiento definitivo .....	17
3.3.1	Bases de diseño .....	17
3.3.2	Esfuerzos sobre el revestimiento definitivo .....	17
3.3.3	Dimensiones revestimiento definitivo .....	18
<b>4</b>	<b>IMPERMEABILIZACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE SUBSIDENCIAS .....</b>	<b>19</b>
5.1	ESTUDIO DE LA AFECCIÓN A EDIFICIOS POR SUBSIDENCIA .....	19
5.1.1	Metodología para el estudio de la subsidencia .....	19
5.1.1.1	Calculo mediante métodos semiempíricos .....	19
5.1.1.2	Criterios de daños .....	26
5.1.2	Características geotécnicas de los terrenos atravesados .....	30
5.1.3	Resultados obtenidos .....	31
<b>6</b>	<b>AUSCULTACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>34</b>



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



6.1	<b>GENERALIDADES</b> .....	34
6.2	<b>CONTROL GEOMÉTRICO Y TOPOGRÁFICO</b> .....	34
6.2.1	Triangulación exterior.....	34
6.2.2	Topografía interior .....	34
6.2.3	Comprobación de secciones transversales.....	34
6.3	<b>AUSCULTACIÓN</b> .....	35
6.3.1	Generalidades .....	35
6.3.2	Auscultación a lo largo del túnel .....	35
6.3.2.1	Medidas de convergencias .....	35
6.3.3	Auscultación en secciones de control .....	35
6.3.4	Niveles de alerta.....	36
	<b>APÉNDICE 1. MODELIZACIÓN NUMÉRICA (FLAC3D) PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO DE REVESTIMIENTO PRIMARIO DEL METRO DE LIMA</b> .....	36
	<b>APÉNDICE 2. OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO POR MÉTODOS ANALÍTICOS</b> .....	115
	<b>APÉNDICE 3. MODELIZACIÓN NUMÉRICA (phase2d) PARA LA OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO</b> .....	128
	<b>APÉNDICE 4. DIMENSIONAMIENTO REVESTIMIENTO DEFINITIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA</b> .....	166
	<b>APÉNDICE 5. CÁLCULOS DE DAÑOS A ESTRUCTURAS SENSIBLES</b> .....	211
	<b>APÉNDICE 6. CÁLCULOS DE LA CUBETA DE SUBSIDENCIAS</b> .....	215
	<b>APÉNDICE 7. PLANOS</b> .....	¡Error! Marcador no definido.



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel****0 CONTENIDO MÍNIMO**

El contenido mínimo del Punto O.3.2 *Diseño de las secciones tipo de túnel* es el siguiente:

- Memoria descriptiva con definición de los métodos constructivos a aplicar en cada tramo de túnel (NATM & TBM):  
Se desarrolla en *Apartado 1.2 Tramo Objeto de Estudio* (página 5), donde se justifica el empleo de métodos convencionales en la ejecución de todos los túneles en este tramo, quedando descartada la utilización de tuneladora.
- Diseño de las secciones tipo de túnel NATM y/o TBM:  
Se desarrolla en el *Apartado 3.2 Revestimiento Primario* (páginas 12 a 15) donde expone todo el proceso llevado a cabo para el diseño de las secciones tipo del revestimiento primario del túnel principal. Puesto que no se utiliza TBM, no hay previstas secciones tipo de túnel con TBM en el diseño.
- Diseño de la conexión subterránea con el Patio Santa Anita: Se desarrolla en el *Apartado 3.2 Revestimiento Primario* (páginas 12 a 15) donde expone todo el proceso llevado a cabo para el diseño de las secciones tipo del revestimiento primario del tramo ejecutado en mina del ramal de conexión con el Patio Santa Anita.
- Diseño de los pozos de ataque (SI APLICA AL METODO PROPUESTO):  
Se presenta en el *Apartado 3.2.5 Emboquilles* (página 15) donde se indica que todos los tramos ejecutados en mina por métodos convencionales se inician desde pozos de ventilación cenitales o estaciones ejecutados al abrigo de pantallas, cuyos cálculos se detallan en los puntos correspondientes.
- Diseño de la(s) tuneladora(s) a utilizar en la Primera Etapa A y compromiso oficial que demuestre el cumplimiento del plazo para la entrega de la tuneladora (SI APLICA AL METODO PROPUESTO):  
Debido a que no se contempla el empleo de tuneladora en este tramo, no se ha realizado el diseño de la tuneladora, ni se ha justificado el cumplimiento del plazo de entrega de la misma, de hecho ha sido una de las causas para descartar el empleo de tuneladora, puesto que no se podía asegurar que la puesta en servicio exigida en el Contrato para este tramo, se cumplía.



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel****1 INTRODUCCIÓN****1.1 GENERALIDADES**

La Línea 2 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, que conecta los distritos del Este de Lima (Ate, Santa Anita) con los del centro de Lima y Callao (eje Este-Oeste), sirve de complemento y se integra a la Línea 1 del Metro de Lima (Villa El Salvador - San Juan de Lurigancho) y Línea 1 del Metropolitano (Chorrillos - Independencia) que tiene recorridos Sur-Norte.

El Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta conecta la zona de los barrios adyacentes al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez con el sistema masivo de transporte de la ciudad, por la Av. Elmer Faucett, desde la Av. Néstor Gambetta hasta el distrito de Bellavista en la Provincia de Callao.

**1.2 TRAMO OBJETO DE PROYECTO**

Este documento presenta el diseño del túnel entre las estaciones **Evitamiento** y **Mercado Santa Anita** (Primera Etapa A), es decir **Tramo 5** de la **Línea 2**, incluyendo el tramo del ramal a patio de talleres de Santa Anita excavado en mina.

El Túnel de Línea alberga dos vías, mientras que el tramo del ramal a patio de talleres de Santa Anita excavado en mina, alberga una sola vía. Los requisitos geométricos de las secciones se presentan en el Punto O.2 *Geometría*.

La ejecución de los túneles se plantea mediante métodos convencionales. La elección de los métodos convencionales de excavación, en este tramo, 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. Además y de acuerdo con los datos proporcionados por Proinversión para la Ingeniería de Detalle de la Primera Etapa A, el túnel debe atravesar un macizo rocoso entre las progresivas 19+550 y 19+650, lo que hace que la excavación por métodos convencionales resulte más adecuada en este tramo; al evitar tener que considerar un terreno de diferentes características geotécnicas respecto a la mayor parte del trazado, lo que condicionaría el diseño de la tuneladora que tuviera que excavar ambas formaciones.

Por tanto, queda descartada la ejecución de este tramo mediante el empleo de TBM.

**1.3 CRITERIO DE DISEÑO**

El diseño del túnel se ha desarrollado teniendo en cuenta las principales normativas, códigos y recomendaciones existentes, así como bibliografía técnica.

En general, las guías y recomendaciones están basadas en la identificación y análisis de aspectos clave, ordenándose por temas que representen los diferentes aspectos sucesivos del problema a analizar y cuantificar durante las diferentes fases del proyecto, es decir, diseño, licitación y construcción. El grado de detalle de cada uno de los aspectos clave depende de las particularidades del proyecto y de la etapa de diseño.

El proceso implica las siguientes fases clave:

- A. Parámetros generales de la obra subterránea.
- B. Estudio geológico-estructural.
- C. Estudios geotécnico-geomecánicos.
- D. Predicción del comportamiento mecánico del terreno.
- E. Opciones de diseño.



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

012793

- F. Diseño de trabajos auxiliares y de los documentos de licitación.
- G. Instrumentación y Auscultación en fase de construcción y en fase de explotación.
- H. Seguimiento durante la fase de construcción.

**1.4 NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

El diseño del túnel de línea se ha realizado considerando los siguientes documentos:

- Especificaciones Técnicas Básicas del *Contrato de Concesión del Proyecto "Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao"*, elaborado por Proinversión, noviembre de 2013.
- Estudio de Proinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: "Construcción de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett-Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao", Provincias de Lima y Callao, Región Lima, elaborado por el Consorcio GEODATA-ESAN-SERCONSULT por encargo de Proinversión, julio de 2013.

Y teniendo en cuenta la siguiente normativa y bibliografía técnica, entre otras:

- República del Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente.
- República del Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2013.
- Lambe, T.W., Whitman, R.V., (1997). *Mecánica de Suelos*. México.
- Peck, R.B., (1969). *Deep excavations and tunnelling in soft ground*. Proceedings Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, State-of-the-Art Volume, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Mexico City, Mexico, pp. 225–290.
- Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.
- International Tunnelling Association (ITA), Working Group No. 2, 2000. Guidelines for the Design of Shield Tunnel Lining, Tunnelling and Underground Space Technology, 15 (3), pp. 303–331.
- Dr.-Ing. A. Haack (1991), "Water Leakages in Subsurface Facilities: Required Watertightness, Contractual Matters, and Methods of Redevelopment. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 6, No. 3, pp. 273-282.
- ITA Working Group on General Approaches to the Design of Tunnels (1988), "Guidelines for the Design of Tunnels", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.3 , No. 3. pp. 237-249.
- EFNARC (1996), "European Specification for Sprayed Concrete", ISBN 0 9522483 1 X, Farnham, UK.
- AFTES (1997), "Grouting for rehabilitation of man-entry Underground structures", Tunnels et Ouvrages Souterrains – Hors-Serie N° 3 – 2005,
- AFTES - Working Group n.7, (1993). "Considerations on the usual methods of tunnel lining design".
- AFTES - Working Group n°18 (1998). *Recommandations relatives a la conception, le dimensionnement et l'exécution des revêtements en voussoirs préfabriqués en béton armé installés à l'arrière d'un tunnelier*.



**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

- AFTES - Working Group n°7 - Temporary Supports and Permanent Lining 1988. Considerations on the usual methods of tunnel lining design. Tunnel et Ouvrages Souterrains, n°90, p.337-357.
- AFTES, (1993). Les Joints d'étanchéité entre voussoirs. Tunnels et Ouvrages Souterrains, Suppl. N°.155 pp 164-166.
- Anagnostou, G. & Kovári, K. (1996), "Face stability conditions with Earth Pressure Balanced shields", Tunnelling and Underground Space Technology, 11 (2), 165-173.
- NHI, (2009). Technical manual for Design and construction of Road Tunnels – Civil Elements. Report No. FHWA-NHI-10-034.
- FHWA, (2004). Road Tunnel Design Guidelines. Report No. FHWA-IF-05-023.
- US Army Corps of Engineers, 1997. Tunnel and Shafts in Rock. Manual No. 1110-2-2901.
- Carranza-Torres, C. & Fairhurst, C. (2000). Application of convergence-confinement method of tunnel design to rock masses that satisfy the Hoek-Brown failure criterion. Tunnel. Underground Space Technol; 15: 187-213.
- Terzaghi, K. (1946). Rock defects and load on tunnel supports. In: Proctor, R.V., White, T.C. (Eds.). Introduction to Rock Tunnelling with Steel Support. Youngstava, OH, USA.
- Wittke, W. (2007). Stability analysis and design for mechanized tunneling. Edited by WBI. Aachen. Germany. 581p.
- Wang, J.N. (1993). Seismic Design of Tunnels, Professional Associate Parsons Brinckeroff Quade & Douglas, Inc., Chapter 2-3-4.
- Bobet, A. (2003). Effect of pore water pressure on tunnel support during static and seismic loading. Tunnelling and Underground Space Technology Volume 18, Issue 4, August 2003, Pages 377–393.
- Pescara, M., Gaspari, G.M. & Repetto, L. (2011). Design of underground structures under seismic conditions: a long deep tunnel and a metro tunnel. ETH Zurich – 15 dec. 2011 Colloquium on seismic design of tunnels.

**2 MÉTODO CONSTRUCTIVO****2.1 GENERALIDADES**

La ejecución del túnel de línea de la Primera Etapa A se realizará empleando métodos convencionales de excavación en suelos, es decir, excavando el terreno mediante retroexcavadora. Se emplearán sostenimientos basados en la utilización de hormigón proyectado y cerchas. La ejecución de los túneles se realizará en fases (avance, destroza y eventualmente contrabóveda).

**2.2 SECCIÓN TIPO**

Los modelos de la sección de túneles en vía principal y en sus conexiones con los patios de talleres se han realizado teniendo en cuenta los parámetros marcados por la normativa de referencia, ajustándose posteriormente a la realidad de los trenes y el material móvil auxiliar de mantenimiento que finalmente va a circular por las líneas, en aras a optimizar la ubicación de instalaciones eléctricas, de señalización, de comunicaciones, de PCI y pasarelas de evacuación, entre otros sistemas y subsistemas, para optimizar el diseño funcional y adaptar las evacuaciones potenciales de pasajeros a situaciones lo más aceptables y seguras posibles, en cuanto a distancias de paramentos y suelos de coches a andenes y plataformas.





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

De esta forma se dan cumplimiento a los niveles de servicio requeridos y a las prestaciones y características del tren, velando en todo momento por el cumplimiento de fechas previstas y por la seguridad del personal, de todo tipo, implicado en la explotación.

El diseño de las secciones de revestimiento para la excavación por métodos convencionales, se ha basado en integrar el espacio necesario para la explotación de la línea en una geometría lo más circular posible, con el objeto de optimizar el revestimiento; la sección circular es la que mejor soporta las cargas del terreno y la acción sísmica, lo que permite menores espesores de hormigón en el revestimiento.

## 2.3 EXCAVACIÓN

### 2.3.1 Introducción

De acuerdo al método constructivo propuesto, basado en la aplicación de métodos convencionales, cada una de las secciones se excavarán secuencialmente y por fases. Las fases en las que se divide cada una de las secciones son: avance, destroza y contrabóveda.

La excavación se realizará fundamentalmente mediante el empleo de retroexcavadora con ayuda ocasional de martillo hidráulico.

### 2.3.2 Secuenciación de la excavación

A continuación se exponen brevemente diversos aspectos relacionados con la excavación de cada una de estas fases:

- Avance: es la mitad superior de la sección del túnel (zona de bóveda). La sección de excavación de esta fase tiene una altura de 5,50 m que permite la correcta movilidad de la maquinaria necesaria. La definición geométrica para cada tipo de sección se recoge en los planos correspondientes.
- Destroza: es la mitad inferior de la sección del túnel. Su excavación se podrá subdividir a su vez en varias fases, tanto por condicionantes geotécnicos como por sistemática de ejecución durante la obra. En el caso de hacerse en dos fases, en primer lugar se excavará una mitad de la sección, se sostendrá su hastial, para, a continuación, excavar la otra mitad y sostener el hastial restante. Las excavaciones en varias fases reducen al máximo la sección de excavación y, por lo tanto, aumentan la estabilidad.
- Contrabóveda: excavada bajo la destroza. En el caso de no formar parte del revestimiento primario (terreno con mejores características geotécnicas) puede ejecutarse simultáneamente a la construcción del revestimiento definitivo (hormigón armado).

### 2.3.3 Excavación mecánica

En general la excavación se realizará mediante retroexcavadora utilizando un cazo excavador; ocasionalmente será necesario el empleo de martillo hidráulico.





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

Se estima que el 90% del volumen sea excavado utilizando el cazo excavador y el 10% restante con el martillo hidráulico.

Puntualmente, en zonas con el material muy compacto se requerirá abrir un hueco inicial con explosivos o cemento expansivo, que se irá ensanchando con el martillo hidráulico.

### 2.4 CICLOS DE TRABAJO

La ejecución de la excavación, revestimiento primario, impermeabilización y revestimiento definitivo de los túneles se realizará de acuerdo a procesos cíclicos. A continuación se describen los ciclos de trabajo a seguir en cada etapa de ejecución:

- Ciclos de excavación y revestimiento primario: la primera etapa en la ejecución de los túneles es la excavación y revestimiento primario. En general, se emplearán medios mecánicos (retroexcavadoras). La longitud de los pases de excavación dependerá de la calidad del terreno, variando entre 2 m para los tramos de mejor calidad y 1 m para los de peores características geotécnicas. Simultáneamente a la excavación, se harán las labores de desescombro. Una vez finalizado el pase de excavación, se colocará el revestimiento primario previsto (hormigón proyectado y cerchas) con ayuda de plataformas elevadoras. El ciclo finaliza con el replanteo del siguiente pase de excavación. Mediante este proceso cíclico, se excavará tanto el avance como la destroza.
- Ciclos de colocación de la impermeabilización y revestimiento definitivo: el proceso constructivo de colocación de la impermeabilización y del revestimiento definitivo constará de las siguientes fases. En primer lugar, se comprobarán escrupulosamente las secciones transversales del túnel para verificar que se dispone de espacio suficiente para obtener un canto mínimo de revestimiento. Para ello, se hará circular por el túnel un carro comprobador de gálipos, que marcará todos los puntos de la periferia del sostenimiento que queden dentro de la sección de revestimiento. A continuación se picarán localmente dichos puntos.
  - Posteriormente, se colocará la impermeabilización en todo el túnel. En tercer lugar, se hormigonará un muro-zapata hasta la altura correspondiente al inicio de la bóveda. En la parte superior del muro se dejará embebidas unas roscas para el posterior atornillado de las sujeciones del carro de encofrado (conos de amarre). La misión de los muros - zapata es múltiple: transmisión a la base de los esfuerzos del revestimiento (axiles y flectores), apoyo y sujeción del encofrado de la bóveda, e incluso son parte del propio revestimiento estructural del túnel.
  - En cuanto a la contrabóveda, hay dos variantes, la correspondiente a las secciones en las que no se ejecuta en el ciclo anterior (Secciones tipo A y B) y la correspondiente a la sección en la que sí se ejecuta la contrabóveda con el sostenimiento primario (Sección tipo C).
  - En la primera variante se excavará la contrabóveda una vez ejecutados los muro-zapata y en la segunda variante, en la que la contrabóveda se ha ejecutado en el revestimiento primario, el revestimiento de la contrabóveda, se ejecutará a la vez que los muro-zapata.
  - Posteriormente, se posicionará el carro de encofrado y se hormigonará el revestimiento. En clave habrán de dejarse unos tubos para la posterior inyección del trasdós. En principio se situarán un tubo cada metro a lo largo del túnel. Por





**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

último, se inyectará en el trasdós de clave con lechada de cemento para rellenar los huecos que hayan podido quedar en esta zona durante el hormigonado.

**2.5 EQUIPOS Y MAQUINARIA A EMPLEAR****2.5.1 Generalidades**

La maquinaria empleada para la construcción del túnel de línea puede clasificarse, en base a su cometido, en los siguientes tipos:

- Maquinaria de excavación y desescombro.
- Maquinaria de colocación del sostenimiento.
- Maquinaria para el revestimiento y la impermeabilización.

**2.5.2 Equipos y maquinaria de excavación y desescombro**

Los túneles se excavarán utilizándose medios mecánicos. El desescombro se realizará con maquinaria diésel utilizando una pala cargadora de neumáticos y camiones de carga convencionales. Las principales fases de trabajo son:

- Excavación.
- Saneamiento y sostenimiento provisional.
- Carga del escombro y transporte a lugar de acopio.

Para la ejecución de la excavación mecánica se dispondrá de una máquina retroexcavadora sobre orugas específica para obras subterráneas que pueda montar un martillo picador y cazo excavador.

El desescombrado se hará mediante una pala cargadora convencional, que recogerá el escombro en el frente, vertiéndolo posteriormente sobre un camión.

**2.5.3 Equipos y maquinaria de colocación de revestimiento primario**

Los elementos de sostenimiento que se emplearán en este túnel son:

- Hormigón proyectado.
- Cerchas.

Cada uno de estos elementos requiere unos medios y maquinaria específicos:

**Hormigón Proyectado:** El hormigón proyectado tiene la misión principal de sellar la superficie del terreno, cerrando las discontinuidades y evitando la descompresión y alteración del terreno, pudiendo resistir además los esfuerzos solicitados por algún bolo suelto.

Una vez terminadas las labores de excavación, se aplicará, en el menor tiempo posible, una primera capa de sellado. Una vez concluidos los trabajos de colocación del resto del revestimiento primario, se procederá a proyectar por capas, hasta conseguir el espesor mínimo propuesto por el tipo de revestimiento primario elegido para atravesar esa zona.

La puesta en obra será con un robot de gunitado por vía húmeda y flujo denso de alto rendimiento, ya que la longitud del perímetro de la sección obliga a utilizar una máquina de gran capacidad para no alargar en exceso los ciclos de trabajo. Esta máquina equipará todos



**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

los accesorios necesarios: gunitadora, brazo de proyección articulado, tolvas para la recepción del hormigón y la adición de aditivos, y chasis automóvil.

La mezcla de los componentes del hormigón habitualmente se hace en planta, aunque también podrá hacerse a boca de túnel. Los aditivos se añadirán mediante la bomba dosificadora que porta la máquina de proyección.

Siempre que el túnel lo permita, el abastecimiento de hormigón se realizará con cubas de hormigón convencionales debido a su versatilidad y bajo coste. El número de cubas depende de la distancia entre el frente de trabajo y la planta de hormigón.

El equipo de proyección se limpiará y revisará minuciosamente al finalizar cada turno de trabajo; estas operaciones son de gran importancia para la correcta ejecución de los trabajos de proyección.

Como reserva y como previsión ante posibles inestabilidades o averías, se dispondrá de un segundo equipo de proyección de menor rendimiento.

Cerchas: Para la colocación de las cerchas se dispondrá de una plataforma de elevación móvil independiente, que permita acceder a cualquier punto de la sección con garantía de seguridad y estabilidad.

Como elementos auxiliares se dispondrá, además, de equipos de oxi-corte, unidad móvil de soldadura eléctrica y herramienta de mano.

**2.5.4 Maquinaria para revestimiento definitivo e impermeabilización**

Para la colocación de la lámina de impermeabilización y el geotextil, se utilizará un andamio móvil que garantice el acceso a cualquier punto del perímetro de la sección y proporcione la estabilidad necesaria para realizar los trabajos con eficacia. Además, se emplearán las herramientas necesarias para fijar y soldar la lámina y el geotextil.

Para los muros de arranque se emplearán módulos de encofrado metálico. El encofrado de la bóveda estará formado por una cimbra móvil o carro, y módulos de encofrado curvo metálico.

El carro estará diseñado para soportar la carga del hormigón fresco y tener el gálibo suficiente para permitir el paso de maquinaria. Circulará sobre carriles longitudinales apoyados en los muro-zapata.

Se dejarán unas ventanas en los elementos específicos del encofrado para bombear el hormigón y realizar el vibrado. Cada una de las aberturas tendrá un tape de cierre con bisagras.

Se hará especial hincapié en procurar una buena conservación y limpieza de este encofrado para contribuir al buen acabado del revestimiento definitivo del túnel.

El transporte del hormigón se realizará en cubas de hormigón convencionales. El número de camiones estará condicionado por la longitud del anillo de revestimiento definitivo, la distancia a la planta y conseguir una total continuidad en el proceso. Siempre estará preparada una cuba a pie de bomba cuando termine la anterior.

Se utilizará una bomba de hormigón con un rendimiento real que asegure el hormigonado de un anillo en el tiempo previsto. Preferentemente se utilizará una bomba especial para obras subterráneas. Como repuesto permanente habrá otra máquina de similares características dispuesta para su funcionamiento en caso de averiarse la que se esté utilizando. Se empleará también en el relleno de huecos o cavidades provocados por desprendimientos ocasionales.

Para el relleno del trasdós del revestimiento definitivo se empleará una bomba de inyección con la potencia y rendimiento suficientes para llenar sin problemas las cavidades que hubieran quedado entre el arco de hormigón de revestimiento y la superficie del sostenimiento de hormigón proyectado.



## MEMORIA DE CÁLCULO

### 3 DISEÑO DEL REVESTIMIENTO

#### 3.1 GENERALIDADES

En este apartado se aborda el diseño del revestimiento para el túnel de línea de la Primera Etapa A de la Línea 2.

El revestimiento del túnel se construirá en dos etapas. El revestimiento primario que estará constituido, básicamente, por hormigón proyectado y cerchas y el definitivo constituido por hormigón armado convencional. Para ello, se han realizado una serie de análisis numéricos: por un lado, una simulación de la excavación y el revestimiento primario y por otra parte, el análisis del revestimiento definitivo a largo plazo.

En los siguientes subapartados se describe y justifica el diseño planteado, cuyo resultado se presenta en los Planos.

#### 3.2 REVESTIMIENTO PRIMARIO

##### 3.2.1 Pre-dimensionamiento inicial revestimiento primario

El punto de partida del diseño ha sido la solución propuesta en el Estudio de Proinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto (en adelante, Estudio de Factibilidad), en concreto la geometría del túnel y el empleo de capas sucesivas de hormigón proyectado con fibras de acero junto con cerchas reticuladas.

A partir de un pre-diseño inicial, se ha comprobado la capacidad estructural del revestimiento primario para las situaciones más desfavorable en cuanto a las características geotécnicas del terreno y en cuanto al recubrimiento de la Primera Etapa A – Línea 2.

La comprobación de la capacidad estructural se ha realizado por métodos numéricos, en concreto, elementos finitos por medio de la aplicación comercial PHASE<sup>2</sup> de Rocdata.

##### 3.2.2 Secciones tipo de revestimiento primario propuestas

Tras un proceso iterativo, se han planteado tres secciones tipo de revestimiento primario que se presentan en la *Tabla 1 Secciones Tipo de Sostenimiento Primario*.

**Tabla 1: Secciones Tipo de Revestimiento Primario**

SECCIÓN TIPO	TIPO DE TERRENO	HORMIGÓN PROYECTADO (cm)	GERCHAS Tipo Espaciamiento (m)	LONGITUD DE PASE (m)	CONTRABOVEDA (%)
A	Conglomerado de Lima	5,0 + 15,0	TE-70 De 1,0 m a 2,0 m	De 1,0 a 2,0	NO
B		5,0 + 20,0	TE-130 A 1,0	1,0	NO
C		5,0 + 20,0	TE-130 A 1,0	1,0	SI

### O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



012800

RAMAL A		TE-130		
PATIO	5,0 + 20,0	A 1,0	1,0	NO
TALLERES				

#### NOTAS:

(\*) Se refiere a la necesidad de contrabóveda en el revestimiento primario, en el definitivo las cuatro secciones tipo tienen contrabóveda.

#### 3.2.3 Criterio de aplicación

El criterio de aplicación de cada una de las secciones, excepto la correspondiente al tramo del ramal a patio de talleres de Santa Anita excavado en mina, es en función de las características geotécnicas del terreno que se observen en el frente de excavación en cada pase, en concreto de la densidad relativa/velocidad de transmisión de las ondas sísmicas tipo P.

De acuerdo a los estudios geotécnicos, el Conglomerado de Lima, se puede dividir en dos, por un lado, en el que las ondas P se transmiten a una velocidad media de 1500 m/s y que se denominan "GP-S f" y por otro lado, en el que las ondas P se transmiten a una velocidad media de 750 m/s y que se denominan "GP-S s".

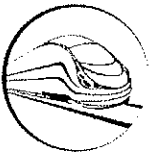
El criterio de aplicación sería el siguiente:

- Sección Tipo A: Se aplicará si la totalidad del frente de excavación está constituido por las gravas denominadas "GP-S f", es decir, las de densidad relativa muy elevada ( $V_p \geq 1500$  m/s).
- Sección Tipo B: Se aplicará si parte del frente de excavación presenta las gravas denominadas "GP-S s", es decir, las de menor densidad relativa ( $V_p < 1500$  m/s).
- Sección Tipo C: Se aplicará si la totalidad de la sección presenta las gravas denominadas "GP-S s", es decir, las de menor densidad relativa ( $V_p < 1500$  m/s).

En el tramo del ramal a patio de talleres de Santa Anita excavado en mina, se prevé utilizar únicamente la sección definida.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 3.2.4 Simulación de la excavación y el revestimiento primario

Mediante una simulación de la excavación y el revestimiento primario, utilizando cálculo numérico, se realizan las comprobaciones correspondientes a la sección de sostenimiento tipo A y a la sección de sostenimiento tipo C y que sirven para confirmar la sección tipo B, puesto que es una mezcla de ambas (La contrabóveda de la sección tipo B es igual a la sección tipo A y la bóveda de la sección tipo B es igual a la de la sección tipo C).

En el análisis de cada sección tipo de sostenimiento se tiene en cuenta el recubrimiento correspondiente al tipo de terreno, de acuerdo al perfil geotécnico interpretado.

La simulación de la excavación y el revestimiento primario incluye el análisis tenso-deformacional del macizo y el revestimiento primario y para ello se ha utilizado la aplicación informática FLAC3D de Itasca, que emplea el método de las diferencias finitas y permite analizar un modelo de tres dimensiones. En la *Figura 1* se presenta un ejemplo de la simulación, en este caso la correspondiente a la sección tipo A.

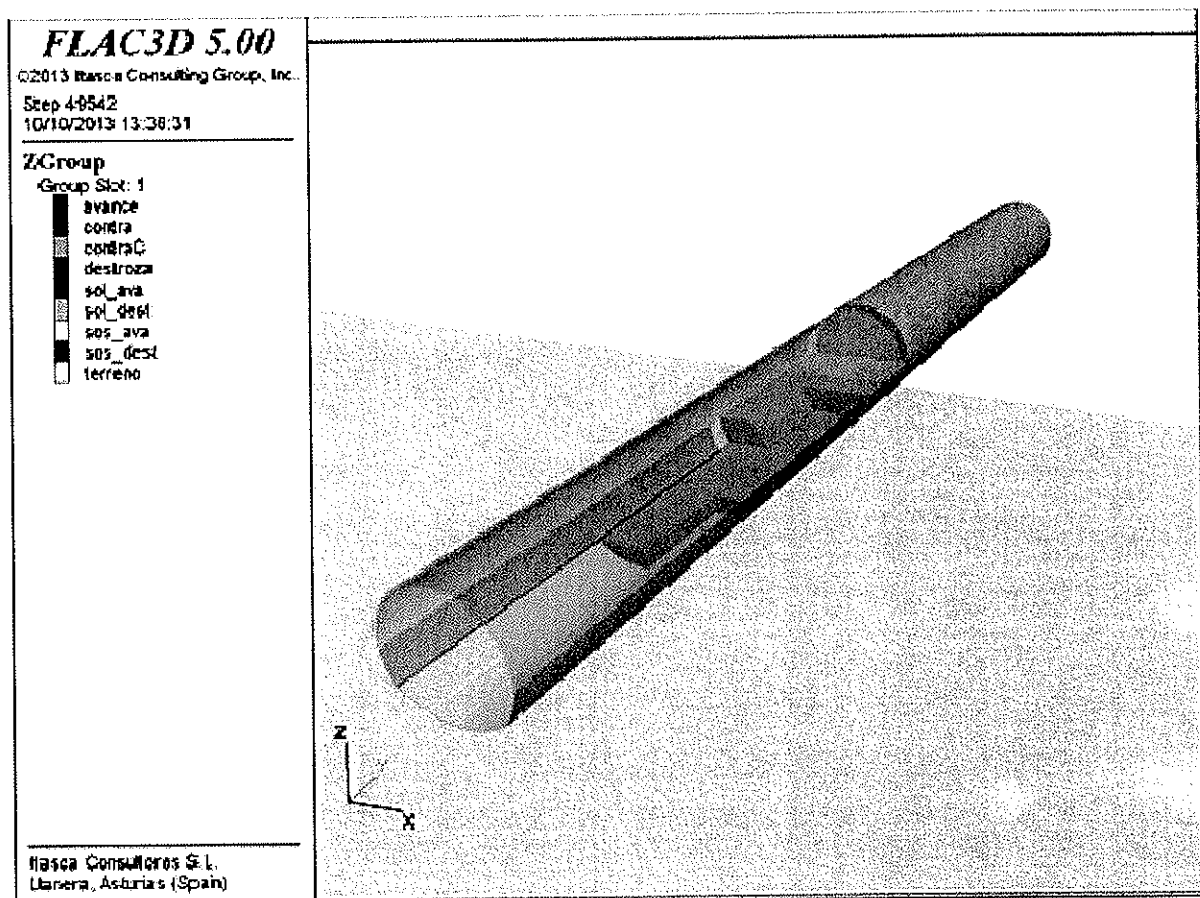


Figura 1: Simulación de la excavación y el sostenimiento primario de la sección tipo A.

Para esta simulación se ha contado con la participación de la oficina de Itasca en España (ITASCA Consultores SL) que ha realizado la modelización y el análisis bajo la dirección y supervisión de AYESA-EUROESTUDIOS.

Los resultados obtenidos, así como una memoria explicativa, se incluyen en los apéndices finales de este documento, donde se puede comprobar que los resultados obtenidos son los que se presentan en la *Tabla 2* y *3*.



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



Tabla 2: Sección tipo A. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo

012802

		Máximo	Observaciones
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	10.5
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	10.3
		Desp. Vertical en superficie (mm)	4.1
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	2.7
		Plastificación	1-1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5
		Compresiones (MPa)	3.25
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	8
		Bajada de clave medible (mm)	8
	Cerchas TE-70	Axil (T)	13.7
Flector (m <sup>2</sup> T)		0.04	
			Localizados sobre clave
			Localizados en el hastial de destroza
			Máximo sobre clave
			Máximo a 13 m del eje del túnel
			Alrededor de la excavación
			Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales en la unión bóveda+solera provisional en avance Máximo localizado en la unión hastial-contrabóveda En la bóveda máximos de 2.6 MPa
			Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
			Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
			Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes En diagrama de Interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=3.18

Tabla 3: Sección tipo C. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo

		Máximo	Observaciones
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	29.7
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	39.9
		Desp. Vertical en superficie (mm)	16.0
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	7.4
		Plastificación	1-1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5
		Compresiones (MPa)	5.8
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	25
		Bajada de clave medible (mm)	15
	Cerchas TE-130	Axil (T)	19.2
Flector (m <sup>2</sup> T)		0.26	
Factor de seguridad del frente			1.25
			Localizados sobre clave
			Localizados en el hastial de destroza
			Máximo sobre clave
			Máximo a 17 m del eje del túnel
			Alrededor de la excavación
			Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales (0.7 MPa) en la unión hastial-contrabóveda Máximo localizado en la unión hastial-contrabóveda En la bóveda máximos de 3.7 MPa
			Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
			Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
			Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes En diagrama de Interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=2.13
			Se considera una fase intermedia con el pase de avance abierto (1 m)

3.2.5 Emboquilles

Los metros iniciales de la excavación del avance se efectuará al abrigo de un paraguas de micropilotes de 12 m de longitud, en general. El paraguas será ejecutado previamente al inicio de la excavación desde el la estación o pozo que hará las funciones de pozo de ataque. Una vez ejecutado el paraguas con la correspondiente viga de atado, se procederá a la demolición de las pantallas o pilotes en la zona correspondiente a la sección a excavar, quedando la parte de las pantallas o pilotes sin demoler, perfectamente sujetas mediante la viga de atado. Seguidamente se procede a la excavación del túnel.

Todos los tramos ejecutados en mina por métodos convencionales se inician desde pozos cenitales de ventilación o estaciones ejecutados al abrigo de pantallas, cuyos cálculos se detallan en los puntos correspondientes.



## 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



### 3.2.6 Estabilidad del Frente

La estabilidad del frente depende de la capacidad del núcleo de terreno que se encuentra por delante del avance, para soportar la redistribución de tensiones, debido a la propia excavación del túnel y que las deformaciones que se produzcan estén dentro de niveles admisibles.

Se ha comprobado la estabilidad del frente en aquellas secciones de mayor superficie, como es el avance de la excavación de la caverna del eje de estación.

La comprobación se ha realizado por métodos numéricos mediante la utilización de la aplicación comercial PHASE2 y FLAC3D y cuyo resultado se encuentra en los Apéndices finales de este documento.

Tal y como se puede comprobar en dicho documento, el frente es estable incluso en las etapas con mayor superficie de excavación. No obstante se ha determinado que el núcleo del frente plastifica, pudiéndose producir alguna inestabilidad. Para evitar esto y como medida de seguridad adicional, se ha comprobado la bondad de excavar el frente dejando un machón central.

Puesto que la excavación es mecánica, en la práctica totalidad del trazado y la excavación con machón central no supone ningún perjuicio al ciclo, en cuanto a incrementos de coste o tiempo de ejecución; se utilizará la técnica del machón central en todas las excavaciones en mina, puesto que aunque no es estrictamente necesario, incrementa la estabilidad del frente y por tanto la seguridad de los trabajadores sin ningún tipo de coste adicional.

En cuanto a la necesidad de utilizar paraguas de pre-sostenimiento, se ha comprobado que no son necesarios sistemáticamente, pudiendo ser necesarios de forma ocasional en caso de afectar una zona con características geotécnicas particularmente bajas.

No obstante, en todos los arranques de los túneles o cavernas planteados a ejecutar en mina, ya sea desde un recinto entre pantallas u otro túnel o caverna, se ejecutará un paraguas de micropilotes para el pre-sostenimiento de la bóveda del túnel o caverna antes del inicio de la excavación.

### 3.2.7 Tratamientos Especiales

Se conciben los tratamientos especiales, como aquellos elementos, técnicas o procesos constructivos que pueden aplicarse de manera ocasional y no de forma sistemática en zonas donde las características geotécnicas sean particularmente bajas o se detecte la presencia de agua; puesto que de acuerdo a la información existente, en este tramo, el nivel de agua en el terreno está muy por debajo del túnel.

A continuación se describen los tratamientos especiales adecuados a las características geotécnicas del terreno afectado:

**Hormigón proyectado en el frente:** En ocasiones, puede ser necesario proceder al gunitado del frente. El grosor de la capa de hormigón proyectado puede ser del orden de 3-5 cm. La proyección deberá realizarse a la vez que la capa de sellado, pudiendo ser necesario proceder por fases sucesivas (protección de cada parte excavada). El hormigón proyectado estará reforzado con fibras y se dispondrán los drenes correspondientes.

**Paraguas pesado:** En caso de que el terreno presente condiciones muy desfavorables, puede ser necesario disponer paraguas de micropilotes en el avance, para favorecer la estabilidad de la bóveda del túnel.

**Drenaje:** Este tramo discurre por encima del Nivel de Agua en el terreno, de acuerdo a la información disponible. No obstante, en el caso de interceptar algún nivel de agua, se ejecutarán sondeos de reconocimiento y si se confirma que es un nivel de agua constante y que puede aportar mucha agua a la excavación, además de disponer de los medios de bombeo adecuados en el frente, se ejecutarán inyecciones en el terreno para minimizar la afluencia de agua al interior del túnel. El agua que se drene del frente se reinyectará al terreno desde superficie para minimizar la afección a la cota del nivel de agua.



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

012804

**3.3 REVESTIMIENTO DEFINITIVO****3.3.1 Bases de diseño**

Para garantizar la estabilidad del túnel de línea a largo plazo, el diseño incluye la construcción de un anillo de hormigón armado, aislado del soporte primario mediante una lámina de impermeabilización y una lámina de geotextil.

El revestimiento definitivo se ha dimensionado sin tener en cuenta el revestimiento primario y teniendo en cuenta las siguientes acciones:

- Carga estática del terreno a largo plazo
- Carga sísmica.

La carga estática del terreno no tiene en cuenta ninguna deformación previa del terreno y por tanto, de relajación de tensiones, por lo que el revestimiento definitivo se dimensiona para soportar la totalidad de las cargas del terreno.

En cuanto a la carga sísmica, teniendo en cuenta la Norma Sísmica Peruana y el Estudio de Factibilidad y se ha realizado un análisis sísmico utilizando el método denominado "Free-Field Deformation Approach" [Wang, 1993, Hashash et al., 2001, Bobet, 2003] específico para el diseño de obras subterráneas y que se basa en la determinación de las cargas aplicadas a la estructura subterránea debidas a las deformaciones y tensiones impuestas a la misma por su interacción con el terreno circundante afectado por la acción sísmica. Expresado de otro modo, se basa en el cálculo de los desplazamientos del terreno debido a la acción sísmica y su efecto sobre las estructuras subterráneas.

A partir de las cargas obtenidas se dimensiona el revestimiento definitivo y se comprueba que es capaz de soportar los esfuerzos a los que va a ser sometido.

**3.3.2 Esfuerzos sobre el revestimiento definitivo**

La determinación de los esfuerzos sobre el revestimiento, se ha realizado en primer lugar, por métodos analíticos y en segundo lugar por métodos numéricos, tanto para la carga del terreno como para la acción sísmica.

Para la obtención de los esfuerzos por métodos analíticos, se utiliza el método de la rigidez relativa (Bobet, 2001). En este método se asume, entre otras simplificaciones, que el terreno es perfectamente elástico y la sección del túnel es circular. En los Apéndices finales se describe la formulación analítica, los valores de los parámetros que intervienen y los resultados obtenidos.

Los valores obtenidos mediante el método analítico, en el caso del túnel de sección circular excavado con TBM, serían suficientes pues como se ha indicado anteriormente, el resultado es válido para túneles con sección circular.

Para obtener los valores de los esfuerzos en secciones cuya geometría sea diferente a la circular se realiza un análisis por métodos numéricos, utilizando la aplicación PHASE2, de la siguiente manera:

Una vez determinados los esfuerzos por métodos analíticos, se calibra el modelo numérico para obtener los mismos resultados en una sección circular similar a la considerada analíticamente. Finalmente, en el modelo calibrado se analiza la sección geométrica correspondiente al túnel de línea, galería o caverna objeto de estudio, obteniéndose los esfuerzos correspondientes y que sirven para el diseño del revestimiento.

En los Apéndices finales se presentan los resultados obtenidos y que han servido para el dimensionamiento del revestimiento.





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



#### 3.3.3 Dimensiones revestimiento definitivo

012805

Con los resultados obtenidos se determina el espesor de hormigón HA-40 necesario, así como la cuantía de acero para el armado del mismo.

Para el caso del túnel de línea se han obtenido los espesores y cuantías que se presentan en la Tabla 4. Para el túnel del ramal de conexión al patio de Santa Anita, son válidas las cuantías de la Sección Tipo B.

**Tabla 4: Espesor de hormigón y cuantía de armado del túnel de línea**

SECCIÓN	ESPESOR DE HORMIGÓN HA-40 (m)			CUANTÍA DE ACERO (kg/m <sup>3</sup> )		
	A	B	C	A	B	C
BOVEDA	0,30	0,30	0,30	100	100	70
CONTRABOVEDA	0,30	0,50	0,50	240	240	70
HASTIAL	0,50	0,30	0,50	95	95	95

En el *Apéndice VI. Dimensionamiento Revestimiento Definitivo*, se presenta la justificación del dimensionamiento del hormigón y el acero.

En el documento Planos se incluyen los planos de detalle de cada una de las secciones definidas.

#### 4 IMPERMEABILIZACIÓN

El sistema de impermeabilización en el túnel se ha planteado de manera que no se infiltre agua al interior del túnel, es decir, un túnel no drenante y que por tanto, se establezcan todas las medidas necesarias para que el túnel sea totalmente impermeable.

Los materiales por los que circula el túnel se consideran permeables desde un punto de vista hidrogeológico aunque presentan permeabilidades consideradas bajas (entre  $10^{-4}$  m/s y  $10^{-5}$  m/s según el Estudio de factibilidad).

Aunque en algún sondeo se ha detectado presencia de agua por encima de la cota del túnel, en general, el túnel de línea excavado por métodos convencionales discurre por encima del nivel freático, puesto que los materiales constituyen un acuífero libre en el que el nivel freático se encuentra muy por debajo de la cota del túnel, aunque no se descarta que durante la vida de la infraestructura pueda subir hasta la cota del túnel.

Por tanto, la impermeabilización del túnel se realiza colocando una lámina de PVC con un geotextil de protección en su trasdós, que se aplican en el paramento del revestimiento primario, quedando dispuestas en "Sandwich" entre el revestimiento primario y el revestimiento definitivo. Tanto la lámina como el geotextil rodean por completo la sección del túnel con el objetivo de impedir la entrada de agua al interior del mismo.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 5 ANÁLISIS DE SUBSIDENCIAS

012806

En este apartado se analizan las posibles afecciones generadas por la perforación de los túneles de la etapa 1A de la Línea 2 de Metro de Lima, comprendida entre los PK 19+260 y 23+609,59.

A continuación se proponen los tratamientos de consolidación y mejoramiento del terreno, necesarios para proteger a las estructuras ante los movimientos inducidos.

### 5.1 ESTUDIO DE LA AFECCIÓN A EDIFICIOS POR SUBSIDENCIA

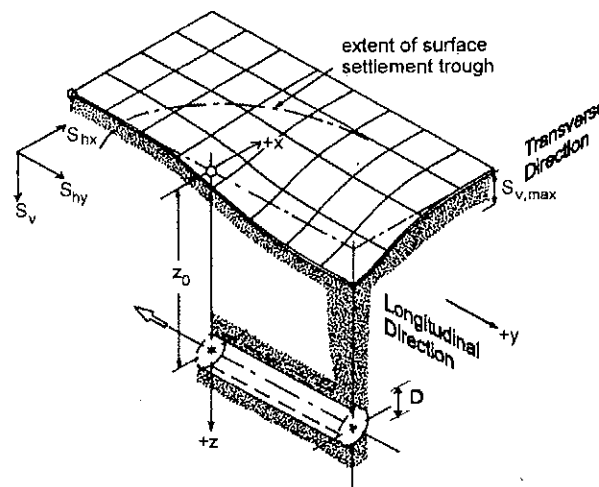
#### 5.1.1 Metodología para el estudio de la subsidencia.

Las obras subterráneas, tanto los túneles como las posibles excavaciones asociadas, son imprescindibles para integrar en la ciudad las infraestructuras de transporte. Uno de los criterios esenciales que se tiene que analizar durante la fase de proyecto es la minimización del riesgo a terceros que su ejecución conlleva. La construcción de túneles en terrenos blandos conduce inevitablemente a movimientos en el terreno, pudiendo afectar a edificaciones, estructuras o servicios existentes en el subsuelo. Para valorar tal riesgo se debe estimar, en cada caso, la respuesta de las edificaciones o estructuras circundantes a los movimientos del terreno que la obra subterránea provoca.

El uso de criterios de daño basados en modelos simplificados de la respuesta estructural facilita la tarea y permite el estudio sistemático necesario en grandes obras.

#### 5.1.1.1 CALCULO MEDIANTE MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS

En la figura siguiente se muestra un esquema teórico de los asientos generados por la excavación de un túnel como consecuencia de la relajación tensional inducida en el terreno.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

Figura 1: Esquema de los asientos generados por la excavación de un túnel (Attewel et al).

En el caso de Líneas 2 y 4 de Metro de Lima los asientos serán fundamentalmente de carácter inmediato, descartándose asientos de tipo diferido o debidos al drenaje, pues se presupone la adecuada inyección del trasdós en las zonas bajo el freático, así como el correcto tratamiento en las conexiones con galerías o pozos; puntos estos susceptibles de ser origen de filtraciones.



**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

012807

A día de hoy, resulta muy habitual trabajar empleando modelos empíricos derivados de los clásicos de Peck y Attewell y que reproducen con cierta fiabilidad geometrías como la de la figura. Estos modelos se utilizan para predecir movimientos del terreno para condiciones de campo abierto, es decir, condiciones en las que no se tiene en cuenta la presencia de ninguna estructura.

En 1969 durante el Congreso Internacional de Mecánica del Suelo, Peck presentó su procedimiento para la estimación de asentamientos en superficie. Este modelo, por su sencillez sigue siendo de aplicación hoy en día habiendo sufrido alguna modificación para ajustarlo a las circunstancias locales de cada obra.

En este modelo se establece que la cubeta de asentamientos se aproxima a una curva de distribución de Gauss para condiciones de campo abierto. Esto no se deriva de ningún desarrollo teórico sino que se adopta por razones prácticas habiéndose comprobado que se trata de una aproximación razonable. En la figura siguiente se muestra la propuesta de Peck, representándose también las distribuciones de desplazamientos así como de deformaciones horizontales.

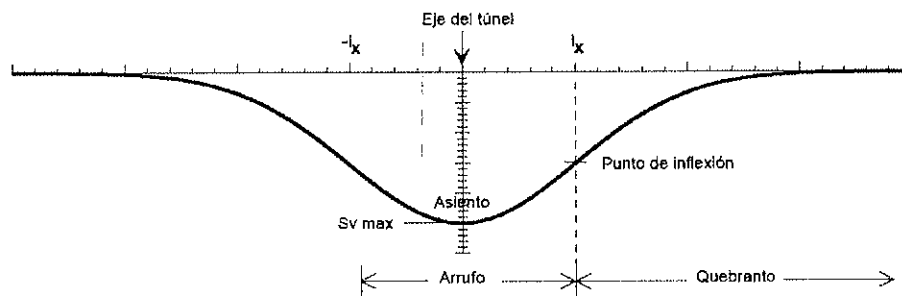


Figura 2: Ajuste gaussiano de la curva de asentamientos (Peck 1969).

De este modo, la curva de asentamientos quedaría definida mediante la siguiente expresión:

$$S_v(x) = S_{v,m\acute{a}x} \exp(-x^2/2i^2)$$

donde:

$S_v(x)$ : Asiento en cualquier punto  $x$

$S_{v,m\acute{a}x}$ : Asiento máximo, que se da en el eje del túnel

$x$ : abscisa medida desde la vertical de la clave del túnel

$i$ : distancia en horizontal del punto de inflexión de la curva de Gauss, a la clave del túnel

En la figura siguiente se muestra la cubeta de asentamientos más parametrizada, delimitando la línea límite de subsidencias y el límite de la zona afectada por las deformaciones.

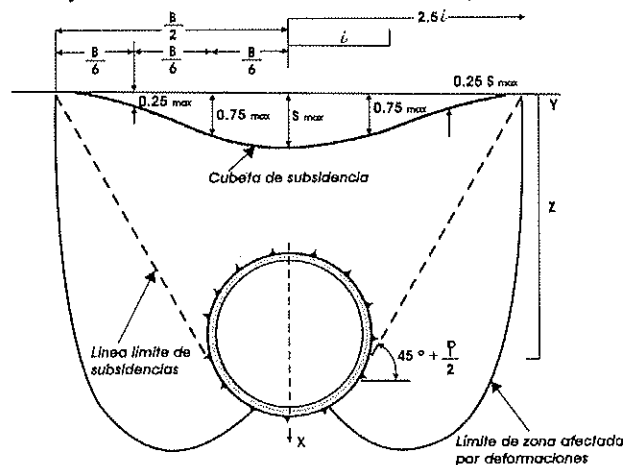


Figura 3: Cubeta de subsidencia con zonas límite de subsidencias y zona afectada por deformaciones.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



012808

Por otro lado, se suelen relacionar los asientos inducidos por el avance de la excavación de un túnel, no necesariamente construido empleando tuneladoras, con la pérdida de volumen debida a la excavación. En suelos la pérdida de volumen se resuelve inexorablemente en asientos superficiales.

De las propiedades geométricas de la curva de Gauss, resulta fácil expresar el asiento máximo, en función del volumen de la cubeta de asientos ( $V_s$ ) como:

$V_s = (2 \cdot \pi)^{1/2} \cdot i \cdot S_{v,máx}$ ; donde  $V_s$  es el área limitada por la curva de asientos y la superficie.

Por tanto la curva de asiento quedaría completamente definida una vez que se conozca el volumen de asientos ( $V_s$ ) y la posición del punto de inflexión ( $i$ ).

Se define como pérdida relativa de terreno o suelo  $V_s$  (%) al volumen de asientos referido a la sección de túnel excavada.

$V_s$  (%) =  $V_s / (\pi \times D^2 / 4)$  ; donde  $D$  es el diámetro de excavación del túnel

Esta pérdida de terreno es el resultado de numerosos efectos, como el desplazamiento hacia el frente de la excavación y el movimiento radial hacia el eje del túnel debido a la reducción de las presiones de sostenimiento. La magnitud de este valor depende del tipo de terreno, la posición del nivel freático, el método constructivo empleado, el tiempo que se tarda en disponer el sostenimiento y la calidad del sistema de auscultación y control.

Respecto al volumen de asientos ( $V_s$ ) hay que decir que la práctica habitual recomendada para su determinación consiste en la utilización de valores empíricos de pérdida del terreno  $V_s$ (%) basados en los datos medidos durante la construcción de túneles en terrenos semejantes (Schmidt, 1969; Peck, 1969; Attewel y Yeates, 1986; O'Reilly y New, 1982). Más recientemente Mair (1996) establece las siguientes conclusiones:

- La excavación sin confinamiento del frente en arcillas duras como la arcilla de Londres conduce a volúmenes de asientos comprendidos entre el 1 y el 2%, referidos a la sección del túnel.
- Cuando el método de excavación en arcillas duras permita controlar de forma efectiva los movimientos del terreno se pueden considerar valores del 0,5 al 1,5 %; comparables a la excavación con escudo abierto.
- La utilización de tuneladoras con confinamiento del frente (EPB o hidroescudo) permite conseguir un gran control del volumen de asientos, especialmente en arenas donde son frecuentes volúmenes de asientos tan bajos como el 0,5 %. Incluso en arcillas blandas se consiguen volúmenes de asiento del 1 al 2 %, sin contar asientos de consolidación.

En la siguiente página se recogen valores de volúmenes de pérdidas relativas de suelo  $V_s$  (%) recopilados de bibliografía, obtenidos a partir de datos reales en distintas obras de excavación de túneles.

En la **Figura 4** se pueden ver distintos valores para la pérdida de terreno en función del tipo de material y relacionada con la sección de excavación.

La limitación fundamental de emplear un volumen de asientos relativo para el estudio de asentamientos, es que la elección del mismo se hace de gran dificultad si no se cuenta con experiencia previa en esos mismos materiales. Este es el caso de la Línea 2 de Metro de Lima, donde no hay registradas apenas experiencias anteriores de obra subterránea.

Otro modo de estimar el volumen de asientos ( $V_s$ ) es a partir de la ecuación propuesta por Peck (1969) formulada a partir de numerosas mediciones reales:

$$V_s = 0,7 \times (1 + K_0) \times (1 + v) \times (p_0 - p_i) \times A/E;$$

donde:

$k_0$ : coeficiente de empuje al reposo:  $1 - \text{sen } \phi$

$v$ : coeficiente de Poisson

$p_0$ : presión total a nivel de eje





O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

pi: presión de trabajo  
A: área de la excavación  
E: módulo de elasticidad del terreno.

012809

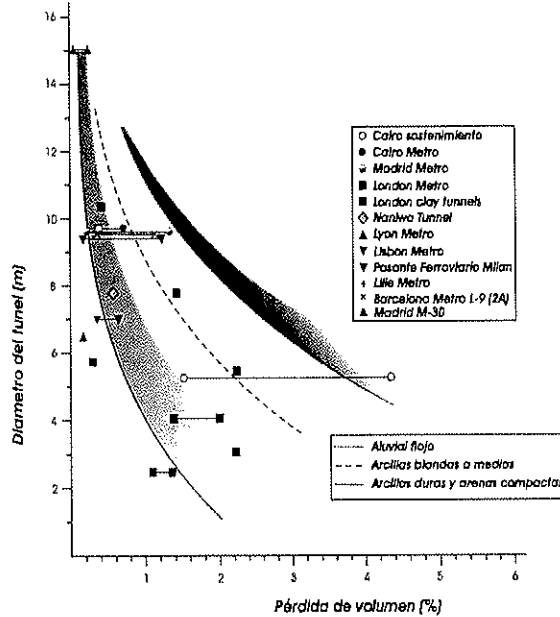


Figura 4: Volumen de asientos reales recopilados por Rodríguez Ortiz (2008).

Tipo de suelo	Sistema de excavación	Volumen de asiento relativo, $V_s$ (%)
Arcilla rígida fisurada de Londres	Escudo o nada	1-2 excepcionalmente del 3 al 16
Arcilla de Londres	Escudo abierto	2 - 2,5
Depósitos glaciares	Escudo abierto o escudo de aire comprimido	1 - 1,25
Arcilla limosa cuaternaria ( $C_u=10-40$ KPa)	Escudo de aire comprimido	2 - 10
Suelos granulares sobre el nivel freático	-	1 - 5
Suelos granulares bajo el nivel freático	Escudo de presión de tierras	1 - 10
Arcilla dura y arena compacta (Línea 9 de Metro Madrid)	Escudo abierto	0,10 - 0,40
Arcilla dura (Línea 10 de Metro Madrid)	Escudo abierto	0,33 - 0,64
Arenas aluviales y rellenos (Línea 10 de Metro Madrid)	Escudo cerrado con presión de tierras	0,7 - 4,2
Arenas tosquizas (Líneas 8-10 de Metro Madrid)	Método Belga	0,3 - 0,5
Arenas tosquizas (Línea 7 de Metro Madrid)	Método Belga	0,2 - 0,6
Cuaternario aluvial (Línea 5 de Metro Valencia)	Escudo de presión de tierras	0,3 - 0,6 excepcionalmente 1,2
Arcillas marinas blandas y arenas aluviales bajo NF (Metro Singapur)	Escudo de presión de tierras	3 - 8
Arcillas marinas blandas y arenas aluviales bajo NF (Metro Singapur. North East Line)	Escudo de presión de tierras	0,5 incidentes de 1 a 2

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



Tipo de suelo	Sistema de excavación	Volumen de asiento relativo, $V_s$ (%)
Arenas limosas y arcillas limosas (Metro Taipei, Korea)	Escudo de presión de tierras	1,6
Rellenos, arcilla limosa, limo arenoso bajo NF (Metro Washington)	EPB túneles paralelos	3,8 excepcionalmente del 24
Arcilla arenosa blanda y turba bajo NF (túnel ferrocarril Botlek, Países Bajos)	EPB túneles paralelos	0,08 frente 0,8 escudo 1,41 final, tras consolidación
Zona de Peñuelas y yesos (Línea 10 de Metro Madrid)	EPB	0,5
Zona de toscos y arena de miga (Túnel de la Cela, por debajo del aeropuerto Madrid-Barajas)	EPB	0,2
Zona de Peñuelas y yesos (M-30 Bypass Sur)	EPB	0,2
Zona del Prat de Llobregat (Línea 9 de Metro de Barcelona)	EPB	1
Zona de Tricicle y Plioceno (Línea 9 de Metro de Barcelona, Trajana-Habaneras)	EPB	0,2
Arcillas duras (Bangkok MRT Subway Line)	EPB túneles paralelos	0,4
Arenas medianamente densas (Bangkok MRT Subway Line)	EPB túneles paralelos	2,5
Aluviales compactos, limos (Delhi Metro Phase-II)	EPB túneles paralelos	0,3 - 0,8

**Tabla 5:** Volumen de asientos reales recopilados a partir de Rankin (1987), Oleo y Moya (1979), Melis et al (1997), Celma (2000), Gutierrez Manjón (2008) y recopilados por Ayesa.

En esta expresión Peck introdujo el factor de corrección de 0,7, de modo que la pérdida de volumen que se experimenta alrededor de la excavación del túnel es algo mayor que la que finalmente se transmite en superficie debido a las propiedades geotécnicas del material (ángulo de rozamiento) y al proceso constructivo empleado.

De la ecuación anterior se puede ver que el asiento es inversamente proporcional al módulo de deformación del terreno en descarga (que es superior al de carga), lo cual pone de manifiesto la importancia de este parámetro y la necesidad de su correcta determinación.

En los casos en los que la cobertera sobre la clave del túnel supere 1,5 veces el diámetro del túnel, se reducirá la altura de carga a la resultante de la parábola de descarga de Protodyakonov, ya que de otra forma, se daría la paradoja de que cuanto más profundo es el túnel, mayor es el asiento, cuando sucede realmente lo contrario.

Para el caso de la Línea 2 del Metro de Lima, sin embargo, se optó inicialmente por estimar el volumen de asientos mediante el empleo de la Expresión de Sagaseta y Oteo (1981) pues, resultado de sencilla aplicación, introduce el módulo de deformación del terreno (en extensión), así como la incidencia del método constructivo:

$$S_{V, \max} = \psi \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot (0,85 - U) / E_{\text{sub}};$$

donde

$\gamma$  es el peso específico del terreno

$E_{\text{sub}}$  es el módulo de deformación en extensión del terreno

$\psi$  es un factor función del método de excavación del que se muestran algunos valores de referencia a continuación:

- Excavación mecanizada con contención del frente:
  - Tuneladora en modo EPB: 0,2-0,4
  - Tuneladora en modo abierto: 0,5-0,7



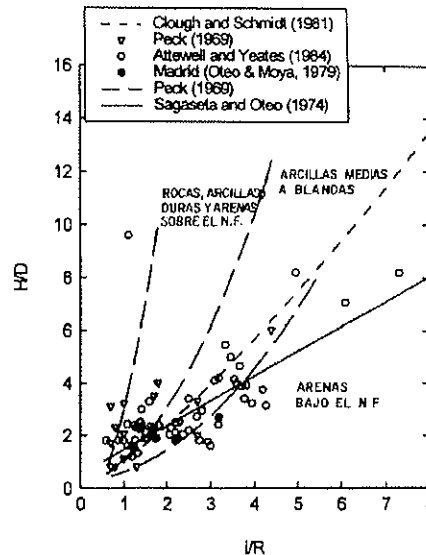


**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

- Excavación no mecanizada manual convencional:
  - Métodos convencionales tipo MTM: 0,3-0,5
  - Método secuencial (SEM): 0,7-1,0

Por otra parte, el parámetro "i" nos da una medida de la distribución de los asientos. En la figura siguiente se muestran diferentes correlaciones aportadas por Peck (1969) en función del tipo de terreno, cuya formulación responde a la siguiente expresión:

$$i/R = (z_0/2R)^n \quad ; \text{variando el parámetro "n" entre 0,8 y 1,0}$$



**Figura 5:** Relación entre la posición del punto de inflexión y la cobertera del túnel para distintos tipos de terrenos.

Seguidamente aparece la relación recomendada por Sagaseta y Oteo (1974) cuya expresión es:

$$i/R = 1,05 \cdot H/2R - 0,42;$$

siendo:

R el radio del túnel excavado,

H la profundidad del eje del mismo y D su diámetro.

También aparece la expresión de Clough & Schmidt (1981) cuya expresión es:

$$i/R = \alpha(z_0/2R)^n; \text{ siendo } \alpha=1 \text{ y } n=0,8$$

Atkinson & Potts (1979) presentaron las siguientes formulaciones:

$$i=0,25 (z_0+R) \quad ; \text{ para el caso de arenas sueltas}$$

$$i=0,25 (1,5z_0+0,5R) \quad ; \text{ para el caso de arenas densas y arcillas sobreconsolidadas}$$

O'Reilly & New (1982) presentaron 19 casos de estudios de túneles en arcilla. Representando gráficamente el parámetro "i" con la correspondiente profundidad del túnel para cada caso particular se observó una cierta linealidad entre ambos parámetros, según se puede observar en la figura siguiente.

$$i = 0,43z_0 + 1,1 \quad ; \text{ donde tanto "i" como "z}_0\text{" se miden en metros.}$$

Para el caso de túneles en terrenos granulares recomendaron esta otra ley:

$$i = 0,28z_0 - 0,1 \quad ; \text{ donde tanto "i" como "z}_0\text{" se miden en metros.}$$

Posteriormente, O'Reilly & New (1982) simplificaron esta ecuación a una con la forma de:

$$i = Kz_0;$$

Concluyendo que para la mayoría de los casos de arcillas el parámetro k variaba entre 0,4 y 0,7, siendo 0,4-0,5 el valor más usual para el caso de arcillas duras y los valores más altos,

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASARÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

0,7 para el caso de arcillas limosas blandas. Para el caso de suelos granulares, este parámetro suele variar entre 0,2 y 0,3. 012812

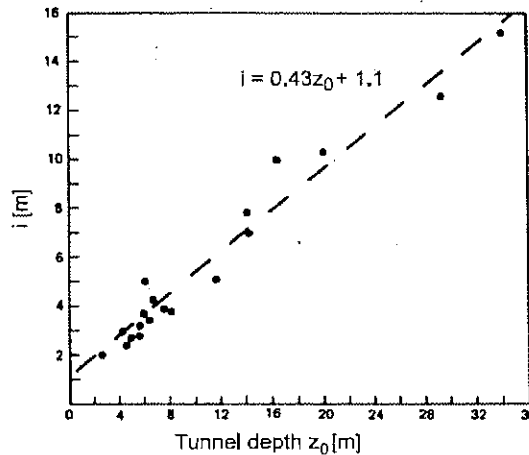


Figura 6: Correlación entre el punto de inflexión "i" y la profundidad del túnel z0 (O'Reilly & New, 1982).

Finalmente, para obtener el valor de i, se ha utilizado la siguiente expresión, propuesta por Sagaseta y Oteo:

$$i = \eta \cdot (0,52 \cdot z_0 - 0,42 \cdot R);$$

donde, el parámetro  $\eta$  varía entre 0,75 y 1,30, en función del terreno (0,75 para materiales sueltos y 1,30 materiales densos o rígidos). Esta expresión es análoga a la ya indicada anteriormente para estos autores, pero tomando en consideración la compacidad del terreno.

De este modo, a partir del área  $V_s$ , la posición del punto de inflexión i (distancia del eje de simetría a ese punto) y el asiento máximo  $S_{m\acute{a}x}$  podemos definir la curva de asientos de la figura siguiente:

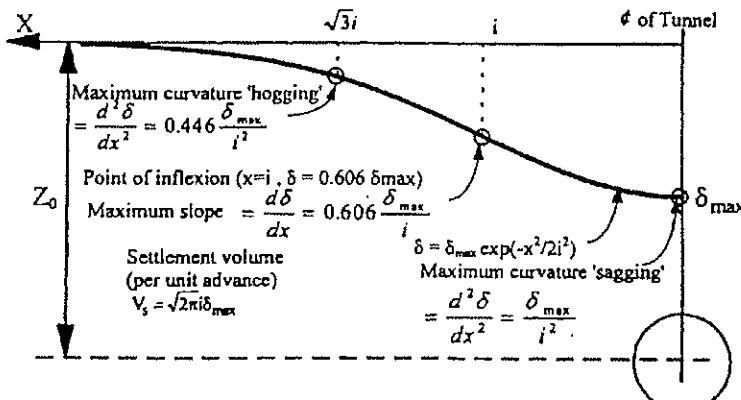


Figura 7: Perfil de asientos definido por el método de Peck. ALFONSO JUAN BASABE GARCIA REPRESENTANTE LEGAL

En base a la fórmula anterior, los parámetros deformacionales del terreno estimados y los procedimientos constructivos propuestos, resultan valores comprendidos entre el 0,1 y el 0,5%, con un valor normal en torno al 0,2%. Sin embargo, las incertidumbres existentes en torno a las características deformacionales de la grava de Lima hacen que se opte por un valor conservador, en comparación con los resultados obtenidos con la ecuación anterior. Así, se ha establecido una pérdida de suelo del 0,5%, con la idea de gestionar el riesgo geotécnico asociado.

Respecto a los desplazamientos horizontales O'Reilly y New (1982) indicaron que éstos podían derivarse del vertical asumiendo que el desplazamiento resultante se dirigiera hacia el centro del túnel. Según esto el movimiento horizontal en superficie en dirección perpendicular al túnel puede expresarse como:





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

$$S_h(x) = -x \cdot S_v(x)/z_0$$

012813

En la figura siguiente se muestra el desplazamiento horizontal junto con la ley de desplazamientos verticales. Puede observarse cómo el máximo desplazamiento horizontal coincide con el punto de inflexión. La deformación horizontal se muestra también en dicha figura y se obtiene derivando respecto a x el desplazamiento horizontal (compresiones negativas):

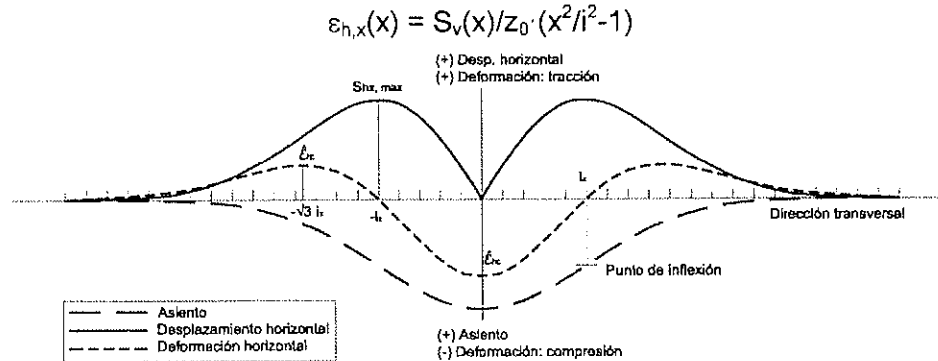


Figura 8: Distribución del desplazamiento horizontal en superficie y la deformación horizontal junto con el asiento.

En esta figura se observa una zona de compresión entre los dos puntos de inflexión y tracciones en las zonas exteriores. Los valores máximos de  $\epsilon_{h,x}$ , denominados como  $\epsilon_{h,c}$  y  $\epsilon_{h,t}$  se obtienen en  $x=0$  (compresión) y  $x=(3)^{1/2} \cdot i_x$  (tracción). Es ésta, la deformación de tracción, la más perjudicial para los edificios.

Por lo que respecta a la extensión en planta, la cubeta superficial de asientos puede también definirse con las indicaciones de las figuras siguientes. Éstas están tomadas de las recomendaciones del llamado Modelo Madrid y pueden adoptarse teniendo en cuenta que sólo en obra podrán calibrarse de forma adecuada tanto los modelos numéricos como los empíricos una vez se recopilen los datos de la instrumentación.

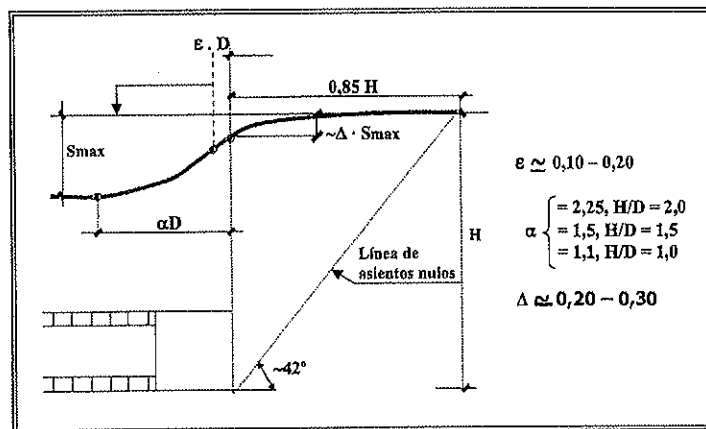


Figura 9: Ley semiempírica de asentos superficiales longitudinales sobre el eje del túnel (Oteo, C.)

5.1.1.1.2 CRITERIOS DE DAÑOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



Los daños sufridos por los edificios en función de su facilidad de reparación fueron clasificados y recogidos por el BRE británico de acuerdo a la Tabla 2 que se incluye seguidamente, originalmente desarrollada por Burland (1977).

Ha de resaltarse que la Tabla 2 se refiere sólo a daños visibles en obras de ladrillo, bloque o mampostería.



**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

012814

Por su parte, Boscarding y Cording (1989) asociaron, a partir del estudio de más de 70 casos de daños en edificaciones causados por subsidencia, el anterior nivel de daños a los valores de deformación horizontal de tracción (deformación límite de tracción) que se recogen en la **Tabla 3**.

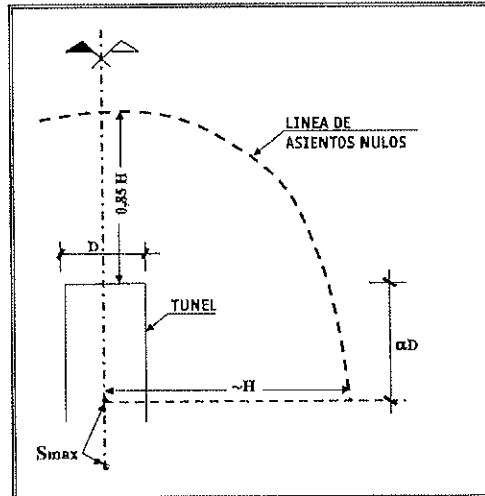


Figura 10: Definición semiempírica de la cubeta de Attewell (Oteo, C.)

*[Handwritten signature]*

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



Categoría de daño	Descripción del daño típico	Anchura aproximada de las grietas o fisuras
Insignificante (0)	Grietas capilares internas	< 0,1 mm
Muy leve (1)	Los daños muy leves incluyen grietas visibles que puedan ser tratadas fácilmente durante la decoración; quizás una fractura leve y aislada en un edificio y grietas en los trabajos externos de ladrillo que resulten visibles en una inspección llevada a cabo de cerca.	1 mm
Leve (2)	Los daños leves incluyen grietas que puedan ser fácilmente rellenadas o redecoradas, algunas fracturas leves que pudieran aparecer y que dejen ver el interior del edificio, también las grietas que se puedan ver externamente y que puedan requerir rejuntamiento o en el caso de ventanas o puertas que necesiten ser clavadas o sujetas.	5 mm
Moderado (3)	Los daños moderados incluyen grietas que requieran ser abiertas y que puedan ser parcheadas por un obrero, también a las grietas que puedan ser enmascaradas por medio de apropiados revestimientos interiores, rejuntamiento de trabajos externos de ladrillos y que posiblemente una pequeña cantidad de reemplazamiento de los trabajos de ladrillo, las puertas y ventanas que requieran ser clavadas, tuberías de servicio fracturadas y reducción en la estanqueidad del agua.	De 5 mm a 15 mm o un número de grietas o fisuras > 3 mm
	Los daños graves incluyen grietas grandes que requieran trabajos importantes de reparación y que conlleven fractura y posterior sustitución de secciones de pared (especialmente puertas y ventanas), puertas y marcos de ventana deformados, pisos inclinados visiblemente, paredes en estado precario, pérdidas de punto de apoyo en vigas, rotura de tuberías de servicio.	De 15 mm a 25 mm pero también en función del número de fisuras
	Los daños muy graves por lo general son aquellos que requieren un trabajo de reparación de gran calibre que suponga reconstrucción total o parcial, pérdida de los puntos de apoyo de las vigas, paredes en estado pésimo que requieran apuntalamiento o soporte, rotura de ventanas con distorsión y peligro de inestabilidad de estructuras.	Normalmente > 25 mm pero también depende del número de fisuras.

**Tabla 6:** Clasificación de afecciones visibles con referencia a la facilidad de la reparación (Escala de Burland J.B. (1977) y adoptada por el Building Research Establishment).

Posteriormente, y dado que junto con las deformaciones horizontales de tracción, la distorsión angular juega un papel fundamental en el impacto generado en las edificaciones, los mismos autores ligaron igualmente, a partir de diferentes casos prácticos, los 2 parámetros con el nivel de daños ocasionado, proponiendo el conocido gráfico de nivel de daños.

Categoría del daño	Deformación límite de tracción (%)
0 DESPRECIABLE	0,00 a 0,05
1 MUY LIGERO	0,05 a 0,075
2 LIGERO	0,075 a 0,15
3 MODERADO	0,15 a 0,30

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



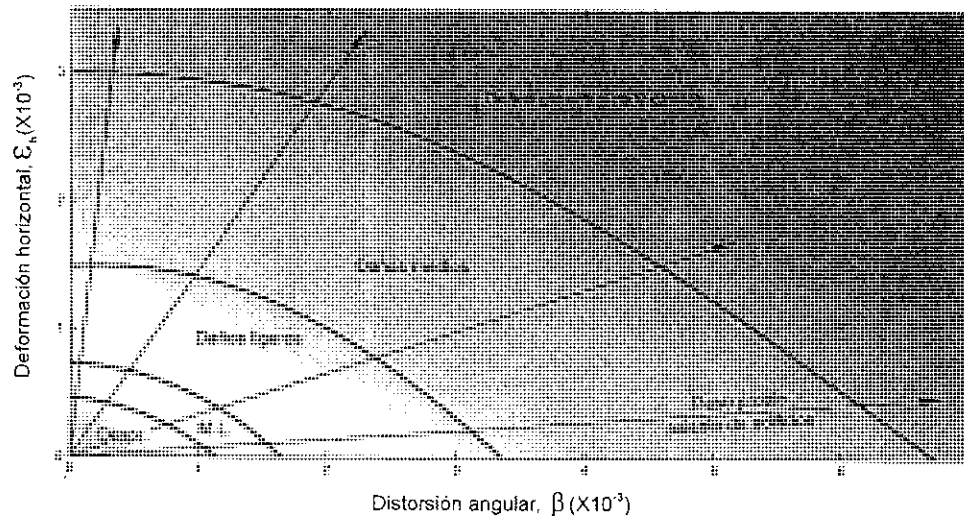


4 a 5 SEVERO A MUY SEVERO

>0,30

012816

**Tabla 7:** Relación entre la deformación de tracción y el daño asociado (Boscarding y Cording, 1989)



**Figura 11:** Criterio de daño basado en distorsión angular y deformación horizontal (Boscarding y Cording, 1989)

En cualquier caso, a partir de los anteriores criterios y en base a experiencias locales pueden establecerse umbrales o límites teóricos de movimientos admisibles como el de Metro de Madrid que a continuación se incluye. Estos criterios o umbrales sólo deben tomarse como orientativos pues están ligados a las condiciones particulares del sitio y en algún caso podrían resultar conservadores.

Umbral de control	Asiento admisible (mm)			Distorsión angular			Deformación horizontal Unitaria (%)		
	Verde	Ambar	Rojo	Verde	Ambar	Rojo	Verde	Ambar	Rojo
*Zonas sin edificaciones	<50	50-100	>100	1/100	1/100-1/50	>1/50	<1,5	1,5-2,0	>2,0
*Edificios cimentados profundos o con losa en buen estado *Conducciones no de gas	<20	20-30	>30	<1/1000	1/1000-1/500	>1/500	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Estructura subterránea o Túneles existentes	<15	15-25	>25	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	<10	10-15	>15	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Edificios cimentados superficialmente con daños *Edificios monumentales *Edificios con más de 10 alturas *Tuberías de gas	<5	5-10	>10	<1/3000	1/3000-1/2000	>1/2000	<0,05	0,05-0,10	>0,10
*Túneles existentes	Asiento o levantamiento: 10 mm/10 m								

**Tabla 8:** Umbrales de control o límites teóricos de movimientos usualmente considerados en Metro de Madrid.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



En este estudio se ha considerado que no debe superarse en ningún caso el nivel 2 de daños o de daños ligeros'.

#### 5.1.2 Características geotécnicas de los terrenos atravesados

El trazado en estudio de la etapa 1A de la Línea 2 de Metro de Lima afectará principalmente a los materiales granulares gruesos que constituyen el Aglomerado de Lima. Estos depósitos cuaternarios aluviales del cono deyectivo 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. Estos materiales se presentarán siempre en el frente de excavación (a falta de confirmación por la campaña geotécnica complementaria) y constituyen un material muy denso, poco deformable y de capacidad portante elevada. No obstante, ha podido comprobarse que superficialmente estos materiales se encuentran algo decomprimidos, con la matriz lavada y, en resumen, presentan una compacidad menor, de modo que se han diferenciado geotécnicamente, denominándolos como GP-S s y GP-S f, para los materiales sueltos y firmes respectivamente.

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 (máximo 5 m).

Desde el punto de vista geotécnico, estos materiales han sido caracterizados mediante los resultados de las fases de investigación precedentes, así como mediante datos bibliográficos.

Desde el punto de vista de deformacional no existen datos directos del comportamiento de los materiales en los estudios precedentes, fundamentalmente debido al carácter granular grueso de los materiales predominantes a lo largo del trazado; el citado aglomerado de Lima.

Para solventar este aspecto se ha recurrido a los datos de velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) aportados por los resultados de la geofísica realizada en las fases precedentes. De este modo es posible obtener el módulo de corte dinámico  $G_{max}$  el cual es posible correlacionar con los valores estáticos a través de diversas publicaciones como la de Alpan (1970) teniendo en cuenta, asimismo, el tipo de material de que se trata.

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

En la Tabla 5 se resumen los principales parámetros de los terrenos afectados.





Unidad geotécnica (síntesis)	Descripción litológica general	T <sub>ap</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	Clasif. U.S.C.S.	c (KPa)	φ (°)	Coefficiente de Poisson estático y	Módulo de rigidez o de cortante dinámico máximo G <sub>max</sub> (MPa)	Módulo de Young dinámico máximo E <sub>max</sub> (MPa)	Módulo de Young estático E (MPa)	Módulo de deformación en extensión (para subsidencia) E (MPa)
RELLENOS	Relleno, mezcla de suelos poco compactados y contaminados.	16,7	SM 25%; GP 25%; GC 19%; ML 19%; CL 12%	0	26	0,3	67	174	17	35
CL/CM	Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad y limo inorgánico de baja plasticidad.	17,38	ML 42%; CL 37%; MH 19%	8	26	0,25	70	181	23	45
SM	Arenas limosas.	16,95	SM 54%; SM-SP 11%; SP 11%; SC 7%; ML 7%; GM-GP	5	30	0,3	66	176	35	71
GP-S f	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa	20	GP 76%; GW 9%	15	34	0,3	80	208	42	83
GP-S f	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa	22	GP 81%; GM 8%; GW 4%; SM 4%	32	39	0,3	352	915	183	366

Tabla 9: Resumen de parámetros geotécnicos asignados a los materiales afectados en los tramos.

### 5.1.3 Resultados obtenidos

En los **Apéndices 2 y 3** que acompañan a este documento se recogen los resultados de los diferentes cálculos semiempíricos realizados. Para evaluar las zonas que requerían de análisis así como el impacto de los resultados se ha contado con un inventario fotográfico realizado recientemente. Los resultados de los cálculos de subsidencia realizados para la Primera Etapa se resumen en las **Tablas 6 y 7** que se muestran a continuación.

Localización	Razón	Sección analizada (P.K.)	Litología en el frente	Distancia de posible afección al eje de excavación	Z <sub>0</sub> (m) (*)	l (m)	S <sub>v</sub> máx sobre clave (mm)	S <sub>v</sub> máx bajo estructura (mm)	Daños y umbral
del P.K. 19+515 al P.K. 19+565, zona de cruce de la Avenida Nicolás Ayllón con la Vía de Evitamiento	nudo, cruce de vías a distinto nivel por medio de un paso superior	19+515	GP-S f	Apoyos a >5 m	19,86	10,58	15,0	9,9	Muy leves
P.K. 19+840, en la Avenida Carretera Central	se trata de una zona donde el eje del trazado pasa por debajo de una pasarela peatonal	19+840	GP-S f	Apoyos a >5 m	18,20	9,45	17,0	15,3	
P.K. 20+840, en la Avenida Carretera Central	se trata de una zona donde el eje del trazado pasa por debajo de una pasarela peatonal	20+840	GP-S f	Apoyos a 0 y 5m.	20,45	10,35	15,7	15,7	

(\*) Cota medida desde el terreno al eje de la excavación

Tabla 10: Resumen de los resultados de los cálculos de subsidencias realizados para la etapa 1A de la línea 2 en las estructuras más próximas al eje del túnel del tramo.



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



Sección analizada (P.K.)	Razón	Z <sub>0</sub> (m)	Espesor de suelo suelto (m)	Distancia máxima al eje de excavación (m)		Distancia mínima de estructura al eje de excavación (m)	Daño esperado
				Para daño moderado	Para daño leve		
19+260	Inicio tramo estudio	20,6	4,7	No hay	3	20	Despreciable
19+285	Inicio tramo entre pantallas	20,7	3,5	No hay	1,9	25	Despreciable
19+930	Inicio de tramo con daños leves	21,5	1,3	No hay	No hay	0	Muy Leve
20+120	Salto brusco en daños leves	17,6	1,5	No hay	6,8	22	Despreciable
20+140	Salto brusco en daños leves	17,1	1,2	No hay	14,8	22	Despreciable
20+220	Montera mínima entre estaciones	16,6	2,1	No hay	15,3	25	Despreciable
20+300	Salto brusco en daños leves	17,7	3,2	No hay	14,0	27	Despreciable
20+320	Salto brusco en daños leves	18,1	3,5	No hay	6,6	26	Despreciable
20+380	Inicio tramo entre pantallas	18,7	2,6	No hay	5,9	25	Despreciable
20+535	Inicio tramo en mina	20,5	2,3	No hay	2,3	25	Despreciable
20+550	Fin de tramo con daños leves	20,5	2,3	No hay	No hay	25	Despreciable
20+800	Inicio de tramo con daños leves	21,4	5,7	No hay	No hay	12	Despreciable
20+820	Punto singular para daños leves	21,1	6,0	No hay	0,3	0	Leve
20+830	Punto singular para daños leves	21,2	5,9	No hay	No hay	22	Despreciable
21+040	Salto brusco en daños leves	17,5	0,6	No hay	6,8	25	Despreciable
21+060	Salto brusco en daños leves	17,4	0,8	No hay	13,9	22	Despreciable
21+380	Montera mínima entre estaciones	15,4	1,5	No hay	15,3	22	Despreciable
21+420	Inicio tramo entre pantallas	16,0	1,8	No hay	15,4	25	Despreciable
21+580	Inicio tramo en mina	18,1	1,5	No hay	6,4	22	Despreciable
21+680	Montera máxima entre estaciones	18,9	1,2	No hay	5,5	22	Despreciable
21+980	Salto brusco en daños leves	17,8	1,9	No hay	6,7	20	Despreciable
22+000	Salto brusco en daños leves	17,5	1,5	No hay	13,9	20	Despreciable
22+360	Inicio de tramo con daños moderados	15,2	1,6	No hay	15,3	18	Despreciable
22+480	Montera mínima entre estaciones	14,1	1,3	3,2	14,8	24	Despreciable
22+600	Fin de tramo con daños moderados	15,1	1,7	No hay	15,2	25	Despreciable
22+665	Inicio tramo entre pantallas	16,0	1,2	No hay	15,4	25	Despreciable
22+820	Inicio tramo en mina	17,5	1,4	No hay	13,8	25	Despreciable





Sección analizada (P.K.)	Razón	Z <sub>0</sub> (m)	Espesor de suelo suelto (m)	Distancia máxima al eje de excavación (m)		Distancia mínima de estructura al eje de excavación (m)	Daño esperado
				Para daño moderado	Para daño leve		
22+905	Salto brusco en daños leves	17,4	0,3	No hay	13,3	25	Despreciable
22+910	Salto brusco en daños leves	18,4	1,0	No hay	6,0	25	Despreciable
22+920	Salto brusco en daños leves	18,4	1,3	No hay	6,0	25	Despreciable
22+940	Salto brusco en daños leves	17,4	1,0	No hay	14,1	25	Despreciable
23+160	Inicio de tramo con daños moderados	15,2	2,2	No hay	15,2	28	Despreciable
23+260	Montera mínima entre estaciones	14,0	1,8	3,5	14,7	25	Despreciable
23+340	Inicio tramo entre pantallas	15,0	1,8	0,8	15,2	25	Despreciable

**Tabla 11:** Resumen de los resultados de los cálculos de los puntos que delimitan las zonas de daños realizados para la etapa 1A de la línea 2.

Cabe recordar que para todos los cálculos realizados, se ha asumido una pérdida de suelo constante de 0,5%, la cual se ha considerado independiente del perfil geológico existente en las distintas secciones analizadas, ya que este planteamiento queda del lado de la seguridad, en cuanto a los tratamientos necesarios.

De cara a la consideración de las zonas que requerían de un tratamiento del terreno para limitar los efectos de los movimientos, se ha empleado como base el criterio de Boscarding y Cording, tomándose como de referencia el "riesgo moderado" como el umbral que nos marcaría las zonas a tratar.

Sin embargo, cabe comentar que en los análisis se ha tenido en cuenta igualmente el criterio de Madrid, habiéndose obtenido en numerosos casos asientos y distorsiones angulares superiores a los umbrales de control rojo:

- Asientos >15 mm y distorsiones angulares >1/1000 para el caso de edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes.
- Asientos >10 mm y distorsiones angulares >1/2000 para el caso de edificios monumentales y edificios con más de 10 alturas.

Teniendo en cuenta que los cálculos efectuados no consideran la rigidez de las edificaciones y estructuras, se cree suficientemente conservador aplicar a estos efectos el citado criterio de Boscarding y Cording, que considera conjuntamente la distorsión y la deformación horizontal.

Por tanto, atendiendo exclusivamente al criterio de Boscarding y Cording, las zonas más sensibles o resultados más significativos se resumen seguidamente.

A efectos de afección a edificaciones, tal y como se deduce de las tablas anteriores, no queda afectado ningún edificio, ya que el daño resultante sobre todos ellos, es despreciable, ya que se encuentran bastante alejados del túnel (20 diámetros o más). Ni siquiera del criterio de los umbrales establecido para el metro de Madrid, que parece algo más conservador, se deduce ninguna afección a edificios.

De los cálculos anteriores, y a pesar de que el daño resultante de la comprobación anterior resulta leve o muy leve, se deduce que las estructuras más sensibles a los túneles resultan ser todas las estructuras de paso a diferente nivel que atraviesan transversalmente al eje del túnel. Así es recomendable estudiar en detalle la afección sobre este tipo de estructuras dentro del tramo, cuando se disponga de información geotécnica más detallada para el subsuelo y un inventario más detallado de ambas estructuras peatonales en los PK 19+840 y 20+840, así como el paso superior de la Vía de Evitamiento.





**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

No obstante no parece razonable esperar afección sobre las mismas al tomar en consideración la rigidez de dichas estructuras y su interacción con el terreno, ya que ambas pasarelas peatonales son estructuras metálicas ligeras, teniendo solamente el segundo paso peatonal un apoyo sobre el eje del túnel y el resto de apoyos se encuentran a más de 10 m del eje del túnel. Por otra parte el paso superior de la Vía de Evitamiento es una estructura bastante rígida, con los apoyos más próximos al túnel situados a 12 m o más del eje del túnel, que reducirán aún más las distorsiones angulares de la estructura en comparación con las estimadas aquí en campo libre.

**6 AUSCULTACIÓN Y CONTROL****6.1 GENERALIDADES**

En los túneles ejecutados por métodos convencionales y como principio fundamental de la filosofía del Nuevo Método Austriaco (NATM) para la ejecución de los túneles, la adecuada auscultación y control sistemático de los trabajos de excavación y sostenimiento forma parte esencial del método.

El seguimiento comprende el control geométrico y topográfico, la comprobación de las secciones transversales, gálibos y soleras, así como la auscultación mediante la realización de medidas específicas de convergencia, extensométricas y de presión.

**6.2 CONTROL GEOMÉTRICO Y TOPOGRÁFICO****6.2.1 Triangulación exterior**

Previamente al inicio de los trabajos, se realizará la triangulación exterior, efectuando el cierre topográfico entre las bocas y la colocación de las bases necesarias para acometer los trabajos en el túnel.

**6.2.2 Topografía interior**

Consistirá en:

- Implantación de las bases topográficas en el interior del túnel durante las distintas fases de su ejecución para la correcta ejecución de los apoyos topográficos al frente.
- Comprobación del eje del túnel y ayudas al replanteo.

Los trabajos de topografía actualizarán diariamente las referencias respecto a la situación del eje del túnel y rasante de replanteo.

En los trazados curvos se entregarán a los responsables de la excavación las plantillas correctoras con las distancias de traslación en función de la distancia y curvatura.

Al emplear sostenimientos con cerchas, el apoyo topográfico podrá ser directo durante la excavación.

**6.2.3 Comprobación de secciones transversales**

Consistirá en la ejecución de las secciones transversales de comprobación de la sección libre dejada por los revestimientos primarios y en el control de la posible existencia de sobreexcavaciones en solera o contrabóveda.



**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

Otros controles y mantenimientos rutinarios consistirán en la determinación del P.K. del frente en cada pase de avance y destroza, con la toma de dos medidas a cada lado de la excavación y la colocación y mantenimiento de referencias visibles con el P.K., en cada 10 m de distancia, en ambos hastiales y clave del túnel.

**6.3 AUSCULTACIÓN****6.3.1 Generalidades**

La auscultación, como es habitual, constará de una instrumentación extendida a lo largo del túnel y de una instrumentación específica, localizada en secciones de control.

Las características de cada tipo se describen a continuación:

**6.3.2 Auscultación a lo largo del túnel****6.3.2.1 Medidas de convergencias**

Se controlarán en secciones equipadas con 5 pernos, mediante el acoplamiento de la cinta extensométrica para medida de apertura o cierre de distancia entre pernos. Se instalará uno de los pernos en la clave y los otros cuatro en los arranques de bóveda y hastiales en el avance y destroza.

Los pernos se instalarán dentro de las 24 horas siguientes a la excavación del avance correspondiente, y siempre antes de la excavación del avance siguiente. En el momento de la instalación de los pernos se efectuará una lectura, que se establecerá como el origen de las medidas.

En las proximidades de los entronques, dado que se trata de zonas singulares, se intensificarán las medidas de convergencia. De esta forma, las estaciones de medida de convergencia se instalarán cada 5, 10, 15 y 25 m de túnel desde el entronque. Las demás estaciones de convergencia, si se requiriese, se dispondrían cada 25 m hasta completar la longitud de túnel.

**Caracterización del terreno descubierto por la excavación**

En cada avance se tomarán los datos geológicos y geomecánicos que sean necesarios para clasificar el terreno dentro de los tipos considerados, o en las correlaciones terreno – revestimiento primario, generadas a partir del propio túnel a medida que se va construyendo.

**Perforación de taladros en el frente**

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

**6.3.3 Auscultación en secciones de control**

Consistirá en la instalación, de los siguientes elementos:

- Células de presión total: Se dispondrán 3 unidades entre el sostenimiento y el revestimiento definitivo, en clave y hastiales.



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

- Extensómetros de varilla: Se instalarán 3 también en clave y hastiales. Se ha previsto que cada extensómetro esté compuesto por 3 varillas a 3, 6 y 9 m de longitud medidas desde la cara interior del sostenimiento. Los extensómetros se instalarán lo más rápido posible tras la excavación. Las deformaciones en los extensómetros se comenzarán inmediatamente tras su instalación.
- Medida de convergencias: Las secciones de control coincidirán con alguna de las secciones en que se midan convergencias.
- Esfuerzos en elementos metálicos: Se instalarán extensómetros de cuerda vibrante adosados a las cerchas del sostenimiento. Se instalarán 3 unidades, en clave y hastiales.

Se prevé la instalación de cada una de estas secciones en zonas representativas de cada tipo de sostenimiento considerado, así como en zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno.

Además de la instalación de los instrumentos y de la toma de lecturas, la auscultación incluirá la organización de un sistema que permita al almacenamiento y procesamiento informático de los datos, la comunicación y el análisis inmediato de la información obtenida así como la introducción en la obra de las modificaciones que, a la vista de los datos de auscultación se consideren necesarias.

#### 6.3.4 Niveles de alerta

Si se producen movimientos apreciables en las secciones de convergencia, será necesaria la adopción de medidas correctivas adicionales. Los niveles de alerta que se emplearán serán los siguientes:

- Nivel de prevención:
  - Se adoptará si las medidas de convergencia alcanzan el 0,5% de la distancia o si se alcanza un movimiento de 5 mm/día.
  - Una vez alcanzado el nivel de prevención, se realizará un estudio sobre la necesidad de incrementar el revestimiento primario.
- Nivel de riesgo:
  - Se adoptará si las medidas de convergencia alcanzan el 1% de la distancia o si alcanza un movimiento de 1 cm/día.
  - Una vez alcanzado el nivel de riesgo, se reforzará el revestimiento primario.



[13223]

O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



012824

<p>O.3.2.</p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
-----------------------------------	--

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

**O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL**

**APÉNDICE 1. MODELIZACIÓN NUMÉRICA (FLAC3D) PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO DE REVESTIMIENTO PRIMARIO DEL METRO DE LIMA.**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



*MODELIZACIÓN NUMÉRICA PARA LA  
COMPROBACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO DEL METRO DE LIMA*

Preparado para:

EUROESTUDIOS

Preparado por: **Montse Senís**

**ITASCA CONSULTORES S.L.**

Parque Empresarial Asipo I  
c/ Secundino Roces, 1 – 1º Of. 11  
33428 Llanera (Asturias)

4 de Noviembre de 2013



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**MODELIZACIÓN NUMÉRICA PARA LA  
COMPROBACIÓN DE LAS SECCIONES TIPO DEL METRO DE LIMA**

**ÍNDICE**

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>2.0</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO .....</b>	<b>39</b>
2.1	SECCIÓN TIPO A: GEOMETRÍA.....	39
2.2	SECCIÓN TIPO A: GEOLOGÍA .....	42
2.3	SECCIÓN TIPO A: ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO .....	42
2.4	SECCIÓN TIPO A: SECUENCIA CONSTRUCTIVA .....	42
2.5	SECCIÓN TIPO B: GEOMETRÍA .....	45
2.6	SECCIÓN TIPO B: GEOLOGÍA .....	47
2.7	SECCIÓN TIPO B: ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO .....	48
2.8	SECCIÓN TIPO B: SECUENCIA CONSTRUCTIVA .....	48
2.9	SECCIÓN TIPO B2: GEOMETRÍA .....	51
2.10	SECCIÓN TIPO B: GEOLOGÍA .....	51
2.11	SECCIÓN TIPO B: ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO .....	52
2.12	SECCIÓN TIPO B: SECUENCIA CONSTRUCTIVA .....	52
2.13	SECCIÓN TIPO CAVERNA: GEOMETRÍA.....	53
2.14	SECCIÓN TIPO CAVERNA: GEOLOGÍA .....	55
2.15	SECCIÓN TIPO CAVERNA: ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO .....	56
2.16	SECCIÓN TIPO CAVERNA: SECUENCIA CONSTRUCTIVA .....	56
2.17	PROPIEDADES DE CÁLCULO DE LOS TERRENOS .....	57
2.18	PROPIEDADES DE CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO .....	58
2.19	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DEL FRENTE .....	60
<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>61</b>
3.1	SECCIÓN TIPO A .....	61
3.2	SECCIÓN TIPO B .....	73
3.3	SECCIÓN TIPO B2 .....	86
3.4	SECCIÓN TIPO CAVERNA .....	99
<b>4.0</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>112</b>

## **1.0 INTRODUCCIÓN**

Con objeto de validar el refuerzo propuesto para las secciones tipo A y B de los túneles de línea y de la sección tipo de caverna de estación, se ha llevado a cabo un estudio mediante modelización numérica con el programa de diferencias finitas *FLAC3D* de Itasca Consulting Group.

Se han puesto a punto modelos de cálculo que reproducen tanto la geometría del problema como la secuencia constructiva seguida, se cara a validar las diferentes propuestas.

La validez de las secciones tipo se ha analizado tanto en términos de deformaciones como de esfuerzos en los sostenimientos. Adicionalmente, en aquellas secciones excavadas en gravas sueltas, se ha determinado la estabilidad del frente de avance en términos de factor de seguridad.

A continuación se presenta una descripción de la metodología de trabajo seguida, los modelos de cálculo utilizados y se presentan los resultados obtenidos en las diferentes hipótesis.

## **2.0 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE CÁLCULO**

Se han analizado las siguientes secciones tipo e hipótesis:

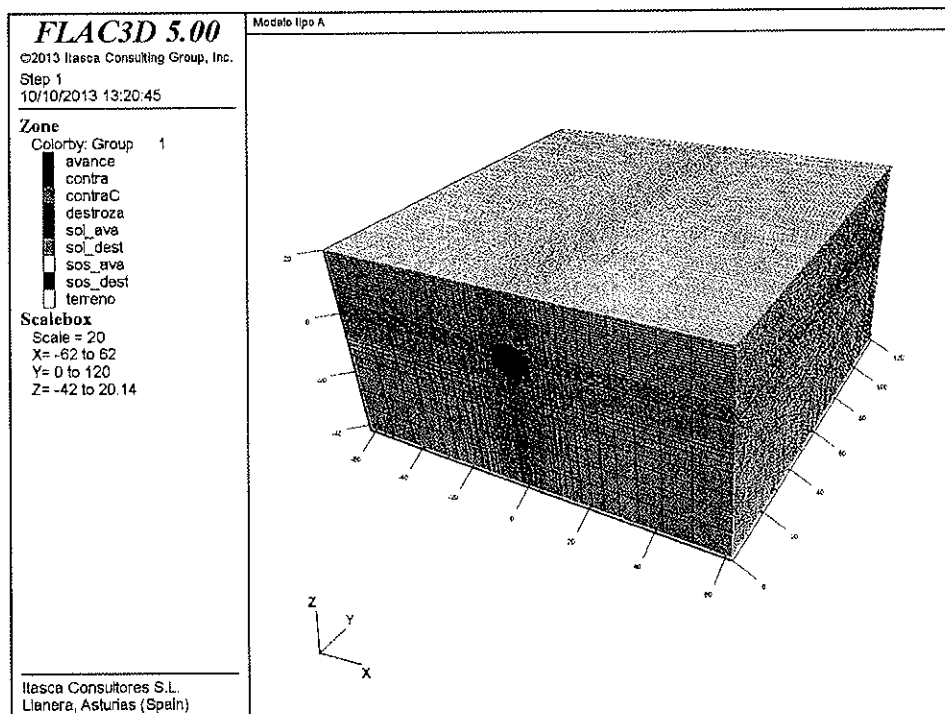
1. Sección tipo A: toda la sección se excava en conglomerado
2. Sección tipo B: toda la sección se excava en grava suelta
3. Sección tipo B2: la sección de avance se excava en grava suelta, y la destroza en conglomerado
4. Sección en caverna: se analiza sólo la excavación de la sección en avance, excavada en conglomerado, para evaluar su estabilidad al ser excavada a sección completa.

En los siguientes epígrafes se describen en detalle las características de los diferentes modelos de cálculo.

### **2.1 Sección tipo A: geometría**

El modelo tiene unas dimensiones de 120 m en la dirección longitudinal del eje del túnel, 120 m en la dirección transversal y 60 m en la dirección vertical. La Figura 2.1-1 muestra una vista general del modelo de cálculo. Los contornos del modelo se han seleccionado lo suficientemente alejados de la zona de interés para minimizar su afección a la misma.

La clave del túnel se sitúa a una profundidad de 15 m. Se ha reproducido en la medida de lo posible la geometría del túnel, con una altura total de la sección de 9.47 m y una anchura de 10.24 m. El espesor de sostenimiento tiene un total de 20 cm, de los cuales 5 cm corresponden a una primera capa de sellado. La altura del avance es de 5.5 m, mientras que la de la destroza es de 2.5 m. El resto de sección corresponde a la contrabóveda. Tanto en avance como en destroza se incluyen soleras provisionales horizontales, de 20 cm de canto. Las Figuras 2.1-2 y 2.1-3 representan un alzado de la sección, con la geometría modelizada.



*Figura 2.1-1. Sección tipo A. Modelo de cálculo. Vista general.*

*[Handwritten signature]*





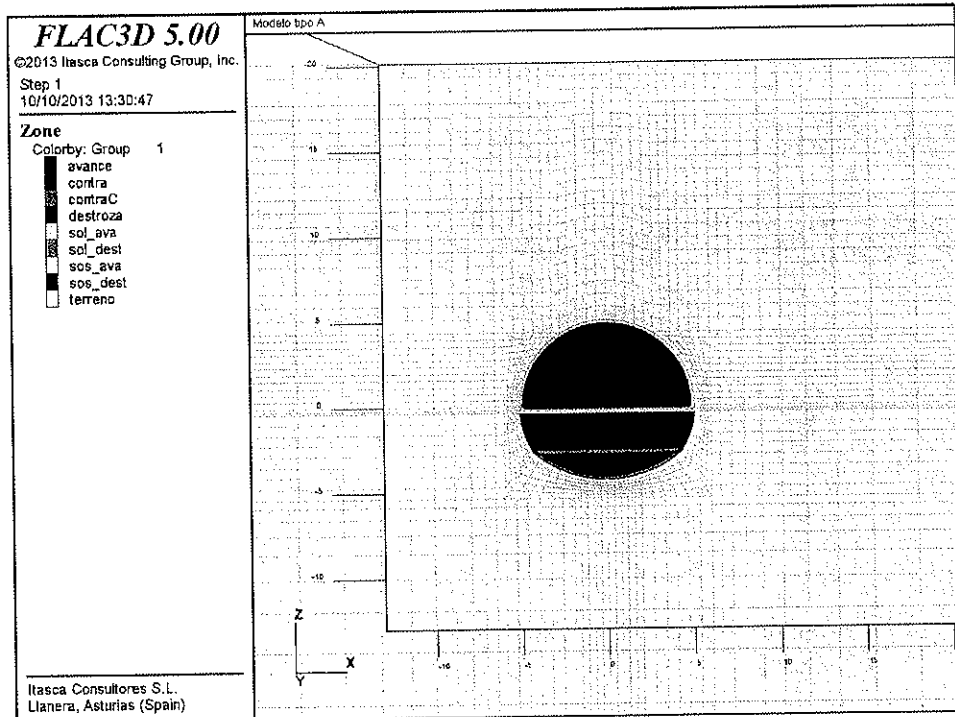


Figura 2.1-2. Sección tipo A. Modelo de cálculo. Geometría de la galería.

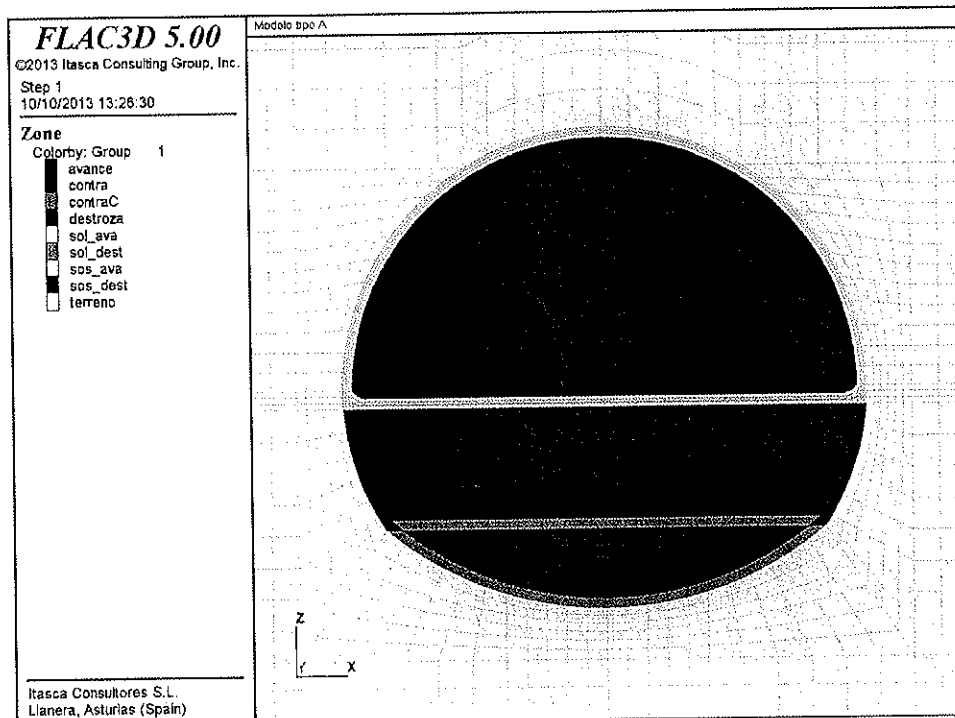
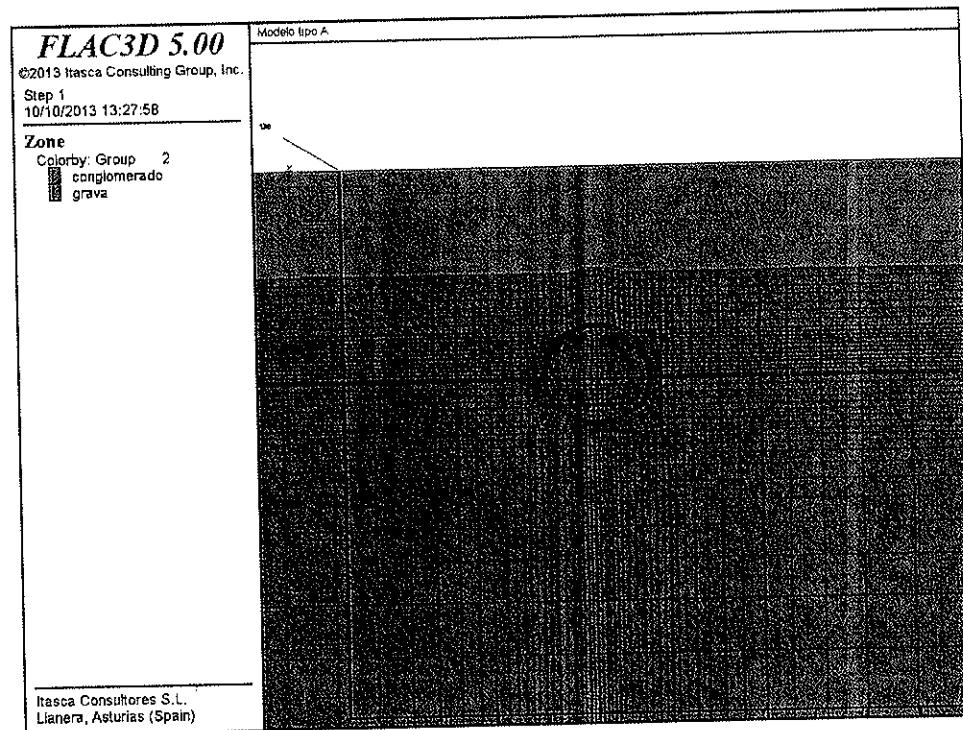


Figura 2.1-3. Sección tipo A. Modelo de cálculo. Detalle sección tipo.



## 2.2 Sección tipo A: geología

En esta sección, la clave del túnel se localiza 15 m por debajo de la superficie, de los cuales los 10 m superiores corresponden a grava suelta y el resto a conglomerado. Es decir toda la sección será excavada en conglomerado (Figura 2.2-1).



**Figura 2.2-1. Sección tipo A. Distribución de litotipos.**

## 2.3 Sección tipo A: elementos de sostenimiento

De acuerdo con la información facilitada, la sección tipo A incluye los siguientes elementos de sostenimiento:

- 20 cm de hormigón HP-30 con fibras. Se divide en una primera capa de sellado de 5 cm y una segunda capa de HP-30 con fibras de 15 cm
- Cerchas reticuladas TE-70 cada 2 m

## 2.4 Sección tipo A: secuencia constructiva

Las fases de cálculo seguidas con el modelo de cálculo descrito han sido las siguientes:

1. Establecimiento del estado inicial de tensiones, en equilibrio con la profundidad de la sección analizada y con el ratio tensión horizontal/tensión vertical de proyecto (descritos en el epígrafe de propiedades).
2. Excavación secuencial del avance del túnel, en una longitud igual a un pase de 2 m de longitud.
3. Hormigonado del pase anterior (de 2 m de longitud) y colocación de los marcos metálicos (1 marco). Cierre de la solera provisional en avance.
4. A una distancia de 10 m del frente de avance, excavación secuencial del hastial derecho en una longitud igual a un pase de 2 m de longitud.
5. Hormigonado del hastial en un pase inmediatamente anterior (de 2 m de longitud), con 20 cm de hormigón proyectado y recalce de los marcos metálicos. Se hormigona la contrabóveda provisional de destroza lado derecho.
6. A una distancia de 10 m del frente de destroza derecho, excavación secuencial del hastial izquierdo en una longitud igual a un pase de 2 m de longitud.
7. Hormigonado del hastial izquierdo en un pase inmediatamente anterior (de 2 m de longitud), con 20 cm de hormigón proyectado y recalce de los marcos metálicos. Se hormigona la contrabóveda provisional de destroza, lado izquierdo.
8. A una distancia de 20 m del frente del destroza derecho, se excava la mitad de la contrabóveda en un tramo de 10 m.
9. A una distancia de 20 m del frente del destroza izquierdo, se completa la contrabóveda excavando la otra mitad en un tramo de 10 m.

Tras cada uno de estos pases (sostenimiento de un pase de avance y excavación del siguiente) se permite el equilibrio mecánico del modelo. Las Figuras 2.4-1 a 2.4-3 muestran diferentes vistas y detalles del modelo, en una fase de cálculo intermedia, con la secuencia constructiva reproducida en el modelo.

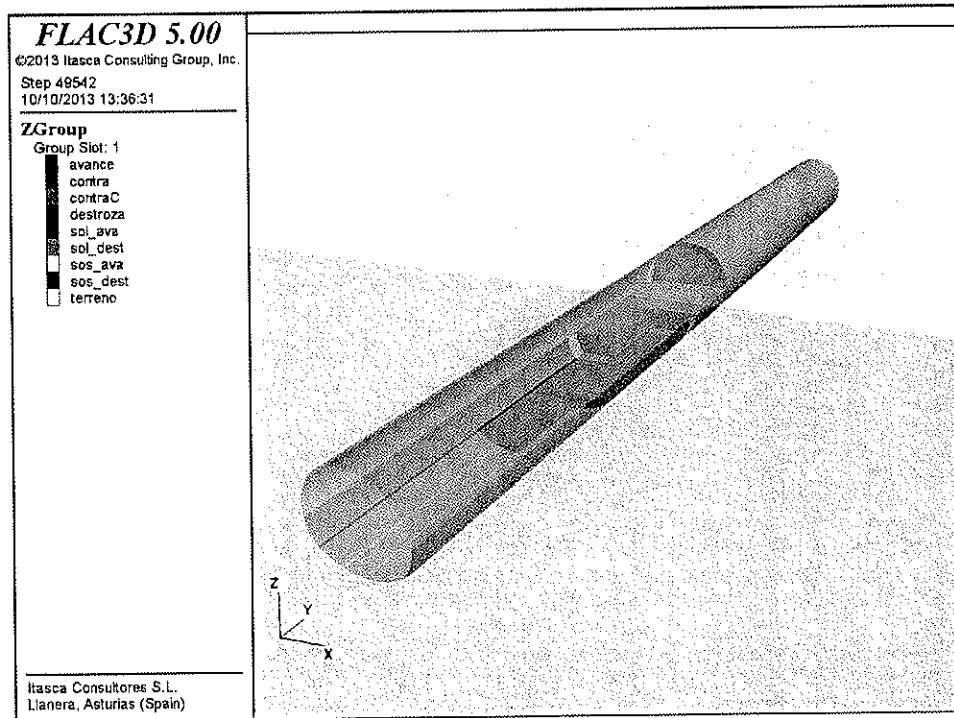


Figura 2.4-1. Sección tipo A. Secuencia de excavación reproducida en el modelo. Fase intermedia.

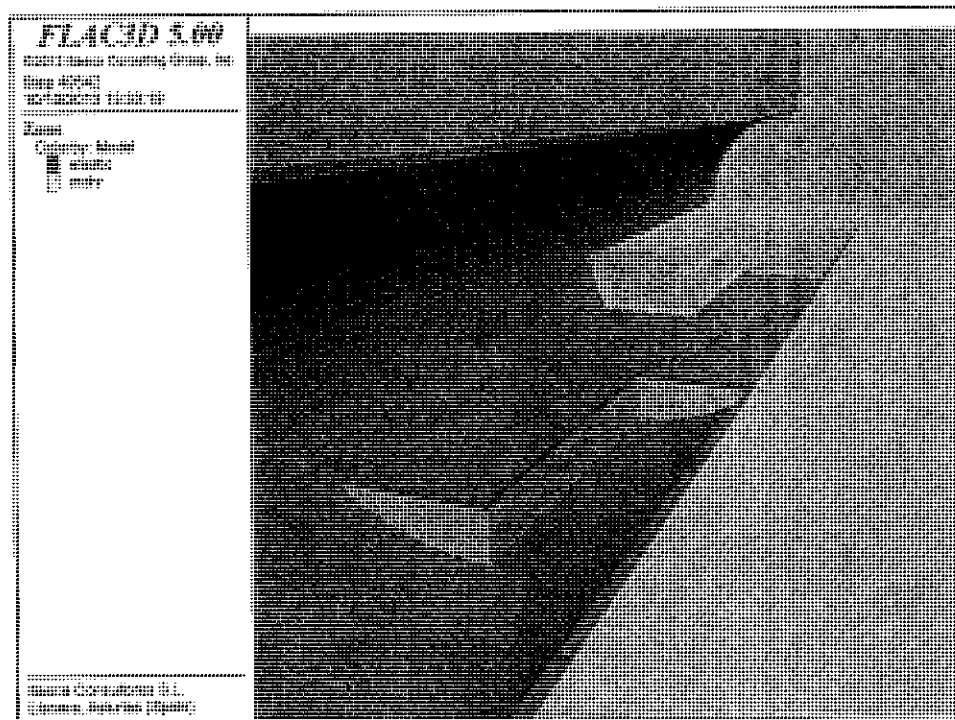


Figura 2.4-2. Sección tipo A. Detalle secuencia de cálculo. Fase intermedia.



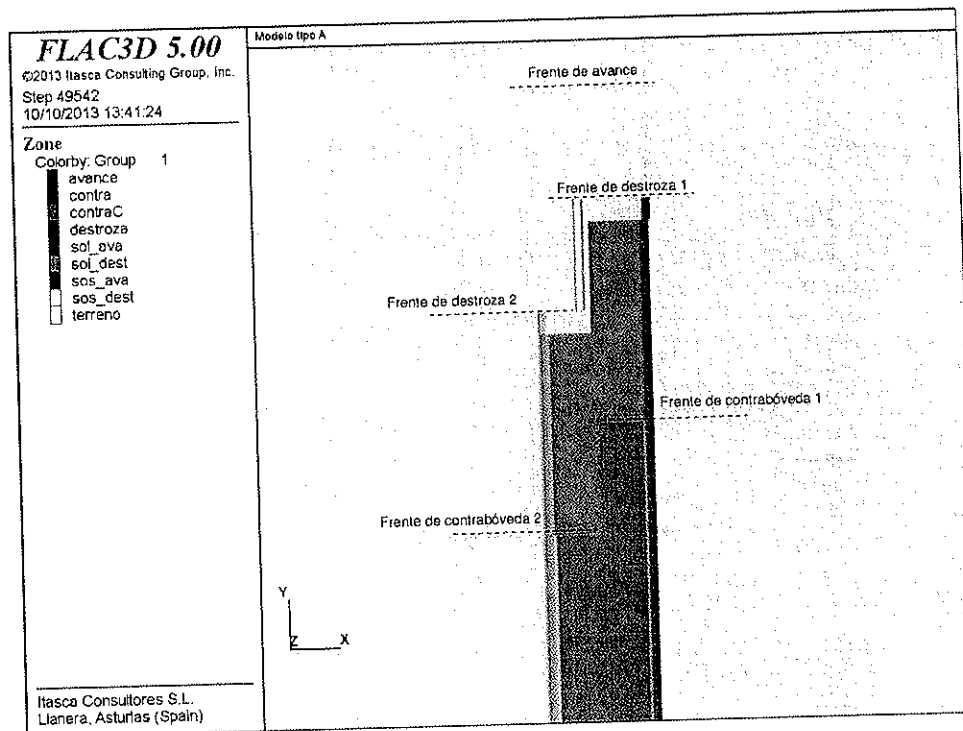


Figura 2.4-3. Sección tipo A. Detalle secuencia de cálculo. Vista en planta.

### 2.5 Sección tipo B: geometría

El modelo tiene unas dimensiones de 140 m en la dirección longitudinal del eje del túnel, 120 m en la dirección transversal y 60 m en la dirección vertical. La Figura 2.5-1 muestra una vista general del modelo de cálculo. Los contornos del modelo se han seleccionado lo suficientemente alejados de la zona de interés para minimizar su afección a la misma.

La clave del túnel se sitúa a una profundidad de 15 m. Se ha reproducido en la medida de lo posible la geometría del túnel, con una altura total de la sección de 9.47 m y una anchura de 10.24 m. El espesor de sostenimiento tiene un total de 25 cm, de los cuales 5 cm corresponden a una primera capa de sellado. La altura del avance es de 5.5 m, mientras que la de la destroza es de 2.5 m. El resto de sección corresponde a la contrabóveda. En esta sección, las soleras provisionales tanto en avance como en destroza, de 20 cm de canto, tienen una curvatura dada por una flecha de 0.5 m. Adicionalmente, en este caso el avance se excava con machón central, con un talud 1H:3V. Las Figuras 2.5-2 y 2.5-3 representan un alzado de la sección, con la geometría modelizada.

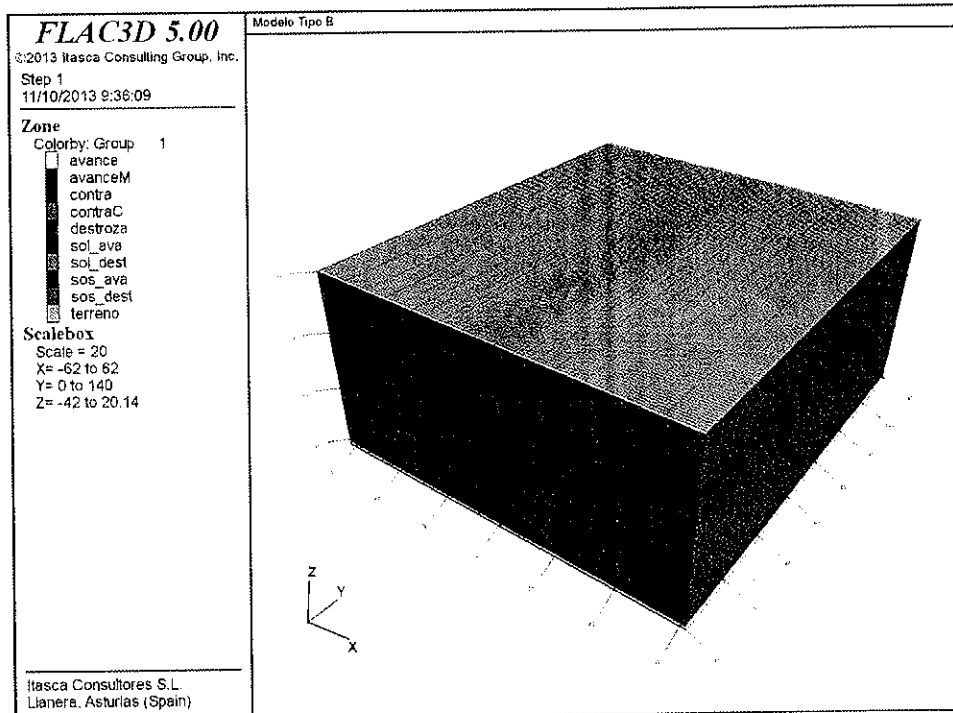


Figura 2.5-1. Sección tipo B. Modelo de cálculo. Vista general.

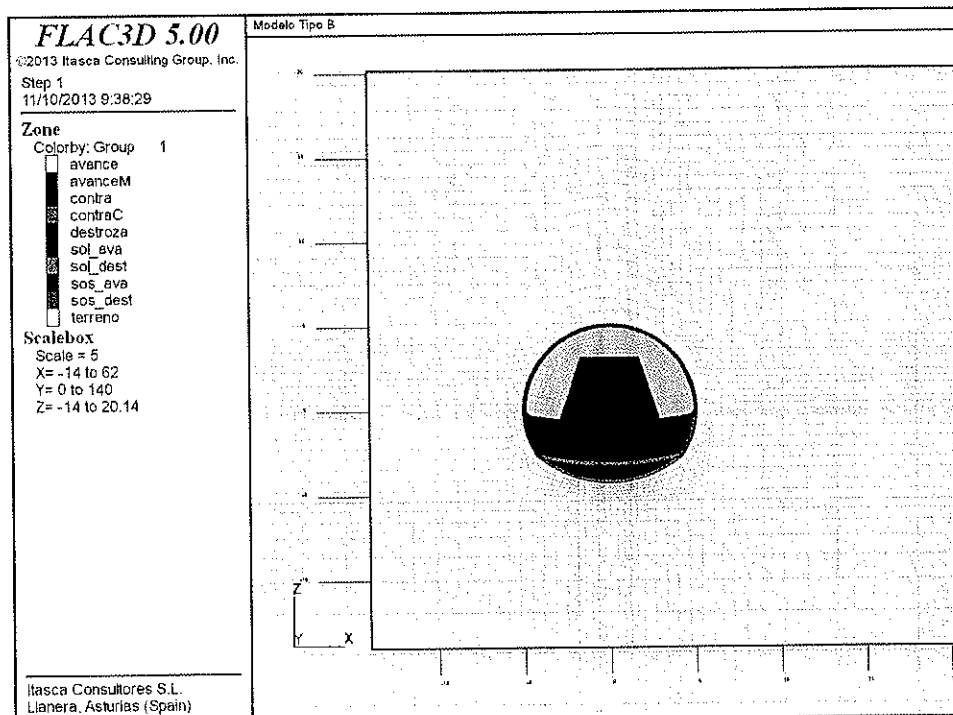
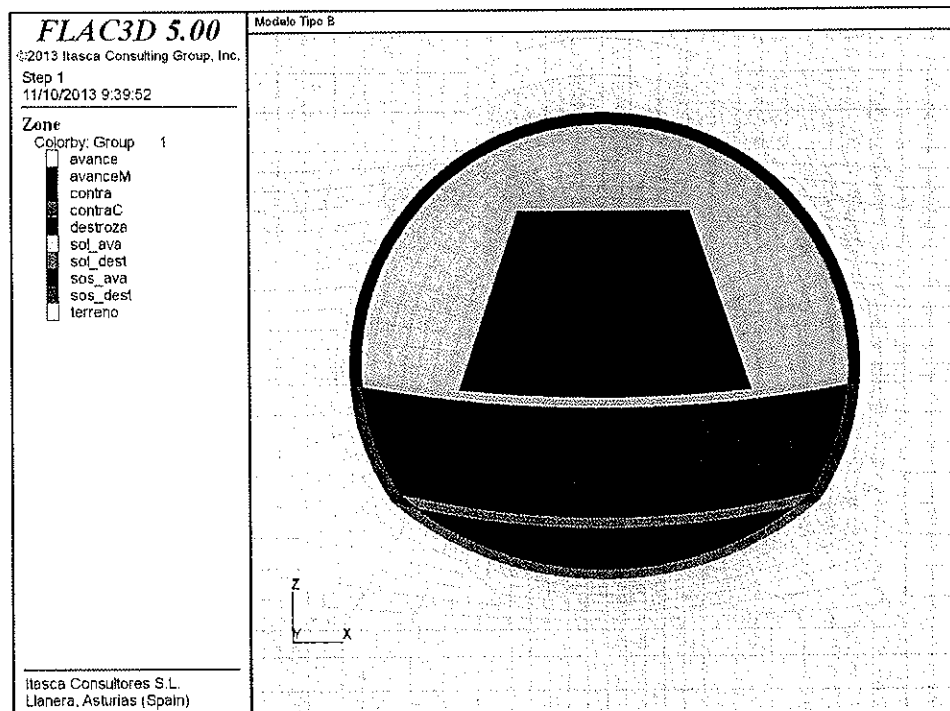


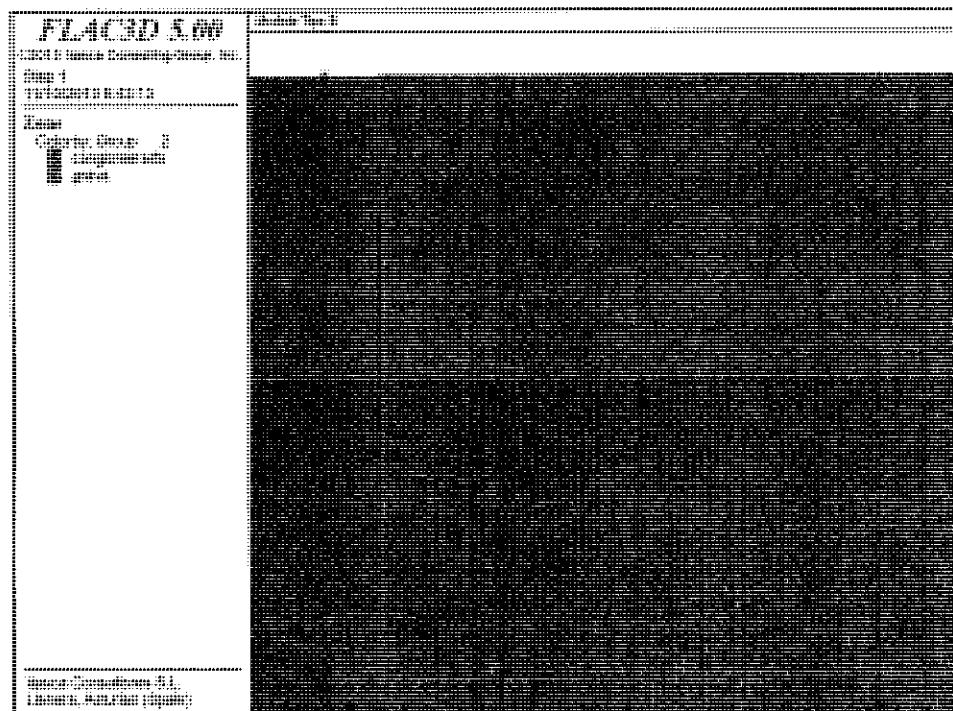
Figura 2.5-2. Sección tipo B. Modelo de cálculo. Geometría de la galería.



*Figura 2.5-3. Sección tipo B. Modelo de cálculo. Detalle sección tipo.*

### 2.6 Sección tipo B: geología

En esta sección, la clave del túnel se localiza también 15 m por debajo de la superficie. La grava suelta aparece en este caso hasta 1 m por debajo de la solera del túnel, y el resto corresponde a conglomerado. Es decir toda la sección será excavada en grava suelta (Figura 2.6-1).



**Figura 2.6-1. Sección tipo B. Distribución de litotipos.**

### 2.7 Sección tipo B: elementos de sostenimiento

De acuerdo con la información facilitada, la sección tipo B incluye los siguientes elementos de sostenimiento:

- 25 cm de hormigón HP-30 con fibras. Se divide en una primera capa de sellado de 5 cm y una segunda capa de HP-30 con fibras de 20 cm
- Cerchas reticuladas TE-130 cada 1 m

### 2.8 Sección tipo B: secuencia constructiva

Las fases de cálculo seguidas con el modelo de cálculo descrito han sido las siguientes:

1. Establecimiento del estado inicial de tensiones, en equilibrio con la profundidad de la sección analizada y con el ratio tensión horizontal/tensión vertical de proyecto (descritos en el epígrafe de propiedades).
2. Excavación secuencial del avance del túnel, en una longitud igual a un pase de 1 m de longitud, dejando el machón central sin excavar.



3. Hormigonado del pase anterior (de 1 m de longitud) y colocación de los marcos metálicos (1 marco).
4. Una vez excavado el machón central, hormigonado de la solera provisional del avance.
5. A una distancia de 10 m del frente de avance, excavación secuencial del hastial derecho en una longitud igual a un pase de 2 m de longitud.
6. Hormigonado del hastial en un pase inmediatamente anterior (de 2 m de longitud), con 20 cm de hormigón proyectado y recalce de los marcos metálicos. Se hormigona la contrabóveda provisional de destroza lado derecho.
7. A una distancia de 10 m del frente de destroza derecho, excavación secuencial del hastial izquierdo en una longitud igual a un pase de 2 m de longitud.
8. Hormigonado del hastial izquierdo en un pase inmediatamente anterior (de 2 m de longitud), con 20 cm de hormigón proyectado y recalce de los marcos metálicos. Se hormigona la contrabóveda provisional de destroza, lado izquierdo.
9. A una distancia de 20 m del frente del destroza derecho, se excava la mitad de la contrabóveda en un tramo de 10 m.
10. A una distancia de 20 m del frente del destroza izquierdo, se completa la contrabóveda excavando la otra mitad en un tramo de 10 m.

Tras cada uno de estos pases (sostenimiento de un pase de avance y excavación del siguiente) se permite el equilibrio mecánico del modelo. Las Figuras 2.8-1 a 2.8-3 muestran diferentes vistas y detalles del modelo, en una fase de cálculo intermedia, con la secuencia constructiva reproducida en el modelo.



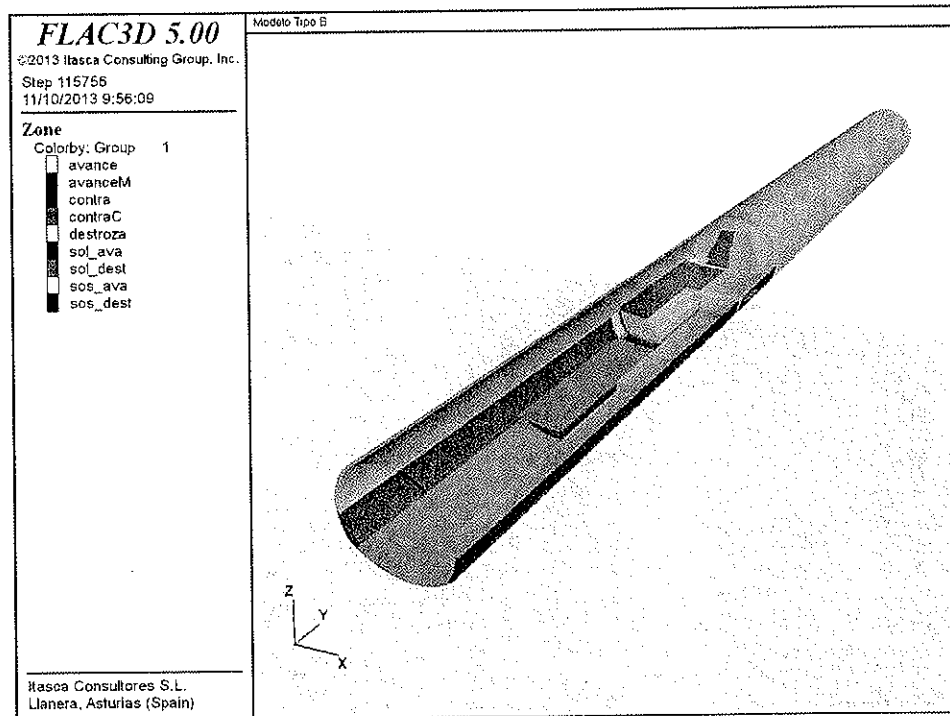


Figura 2.8-1. Sección tipo B. Secuencia de excavación reproducida en el modelo. Fase intermedia.

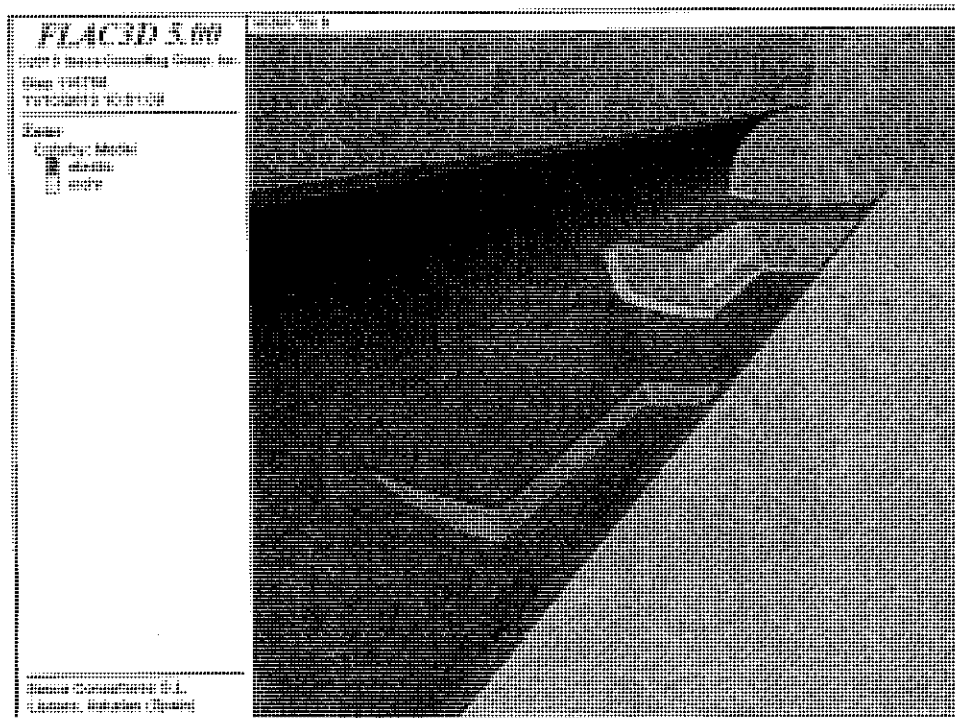
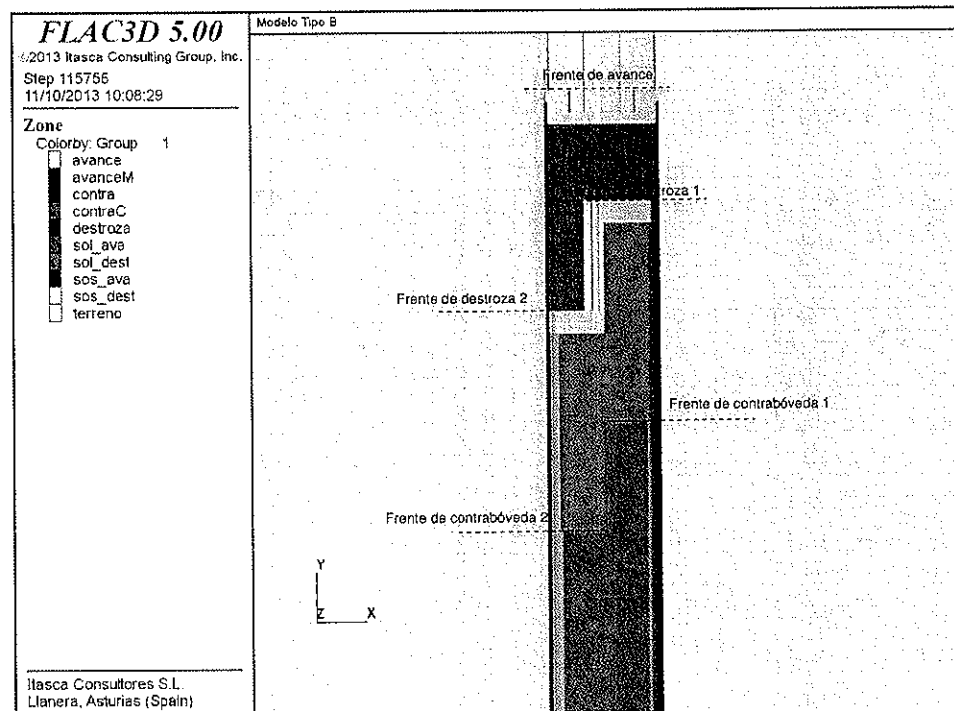


Figura 2.8-2. Sección tipo B. Detalle secuencia de cálculo. Fase intermedia.



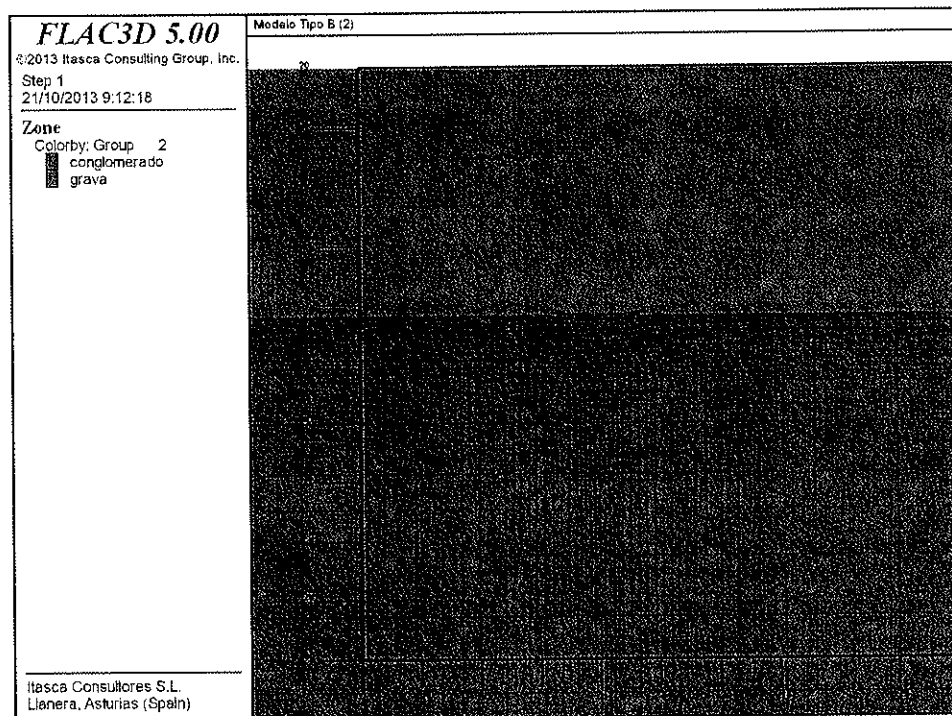
**Figura 2.8-3. Sección tipo B. Detalle secuencia de cálculo. Vista en planta.**

### 2.9 Sección tipo B2: geometría

La sección tipo B2 es idéntica a la sección tipo B salvo que no se considera solera provisional en avance, como era el caso de la anterior.

### 2.10 Sección tipo B: geología

En esta sección, la clave del túnel se localiza también 15 m por debajo de la superficie. En este caso el avance será excavado en grava suelta, y el resto del túnel hasta el fondo del modelo, se excavará en conglomerado (Figura 2.10-1).



**Figura 2.10-1. Sección tipo B2. Distribución de litotipos.**

### 2.11 Sección tipo B: elementos de sostenimiento

Los elementos de sostenimiento de la sección tipo B2 son idénticos a los de la sección tipo B:

- 25 cm de hormigón HP-30 con fibras. Se divide en una primera capa de sellado de 5 cm y una segunda capa de HP-30 con fibras de 20 cm
- Cerchas reticuladas TE-130 cada 1 m

### 2.12 Sección tipo B: secuencia constructiva

Las fases de cálculo seguidas con el modelo de cálculo de la sección tipo B2 son iguales a las descritas para la sección tipo B, salvo que no se activa la solera provisional en avance.

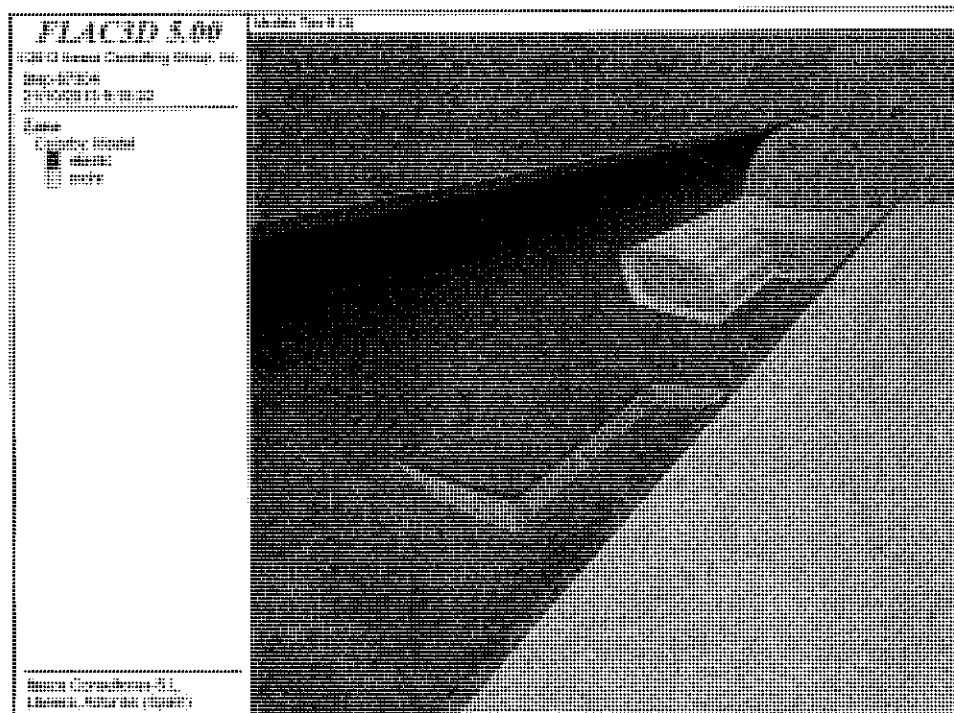


Figura 2.12-1. Sección tipo B2. Detalle secuencia de cálculo. Fase intermedia.

### 2.13 Sección tipo Caverna: geometría

El objetivo del análisis de la sección tipo de caverna ha sido determinar la estabilidad de la sección de avance, con objeto de determinar la posibilidad de excavarla a sección completa. Por dicho motivo, con el presente modelo no se analizó la excavación de la sección de destroza.

El modelo tiene unas dimensiones de 120 m en la dirección longitudinal del eje del túnel, 120 m en la dirección transversal y 150 m en la dirección vertical. Dado que tanto la geometría del avance como la secuencia constructiva lo permiten, a efectos de reducir el tamaño del modelo, y por tanto los tiempos de cálculo, se ha considera un modelo con media simetría por el eje de la caverna. La Figura 2.13-1 muestra una vista general del modelo de cálculo.

La clave del túnel se sitúa a una profundidad de 37 m. Se ha reproducido en la medida de lo posible la geometría del túnel, con una altura total de la sección de 13.4 m y una anchura de 18.9 m. El espesor de sostenimiento tiene un total de 30 cm, de los cuales 10 cm corresponden a una primera capa de sellado. La altura del avance es de 5.5 m. Las Figuras 2.13-2 y 2.13-3 representan un alzado de la sección, con la geometría modelizada.



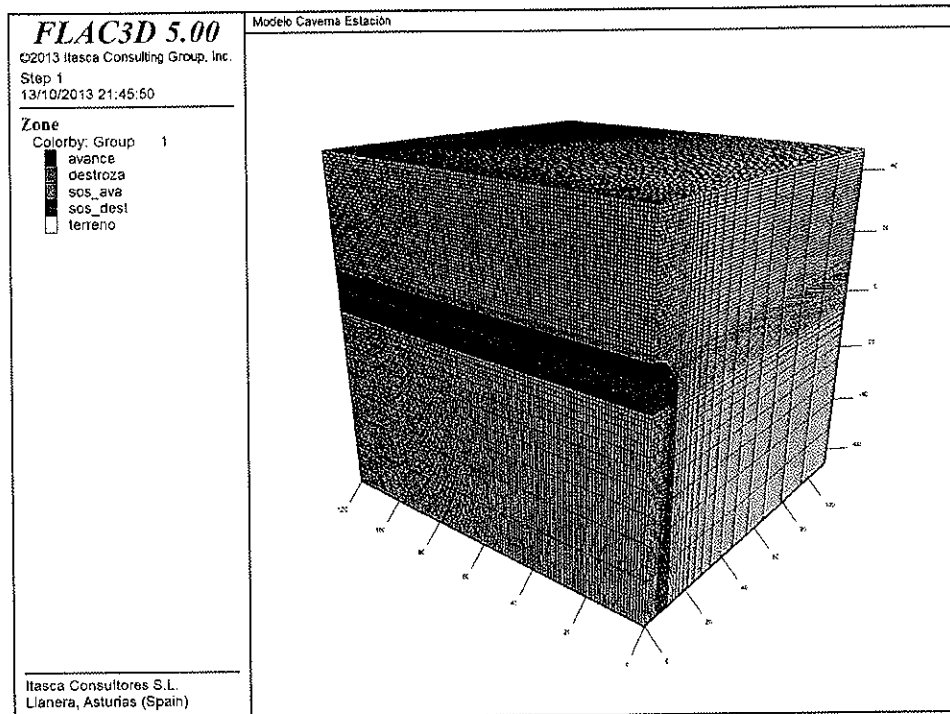


Figura 2.13-1. Sección tipo Caverna. Modelo de cálculo. Vista general.

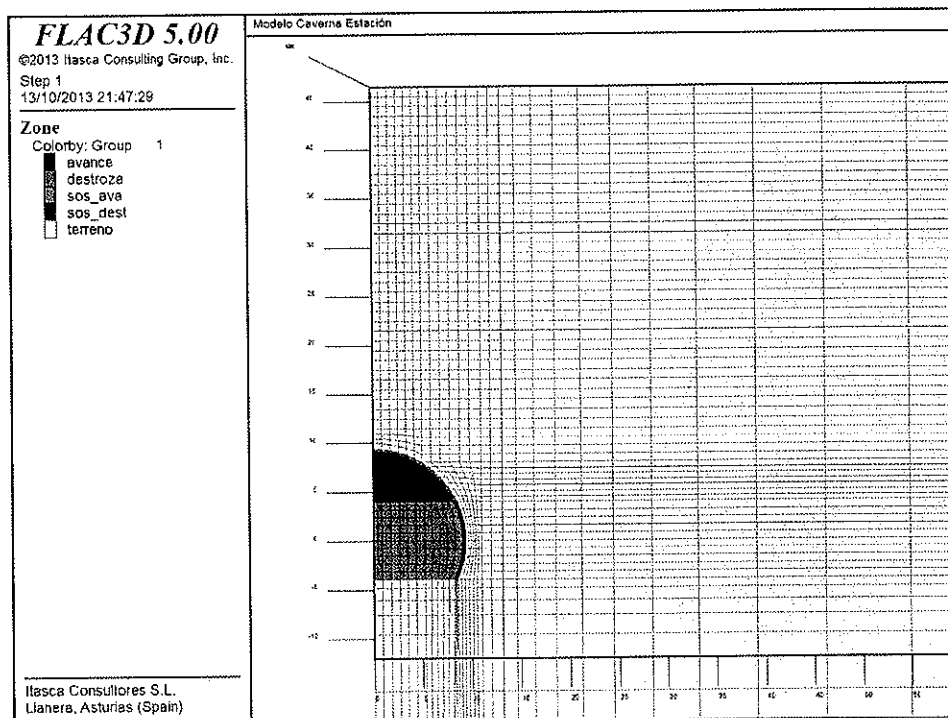
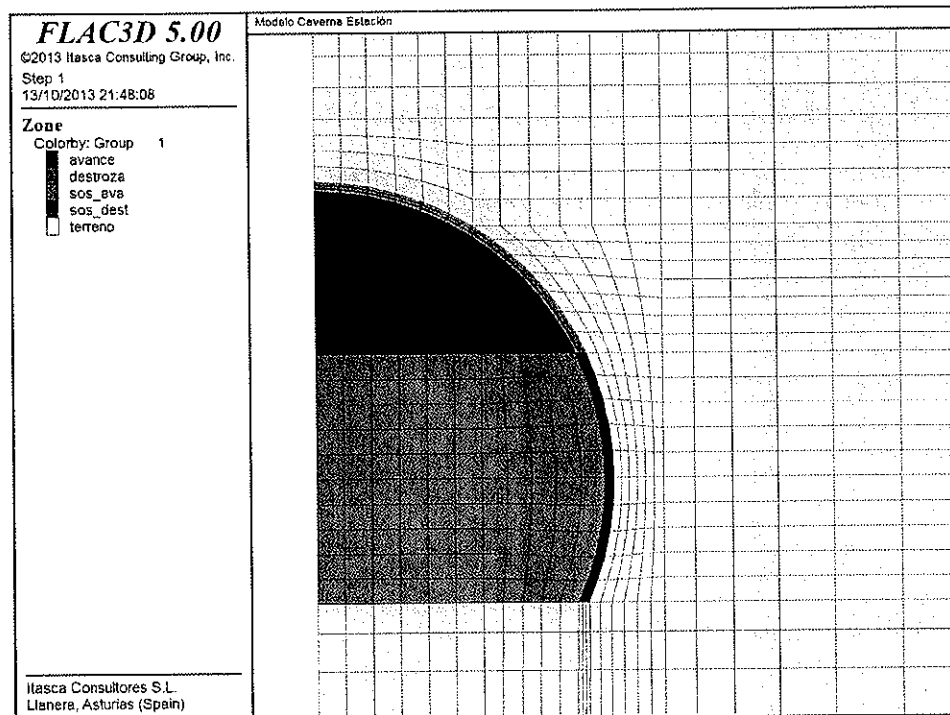


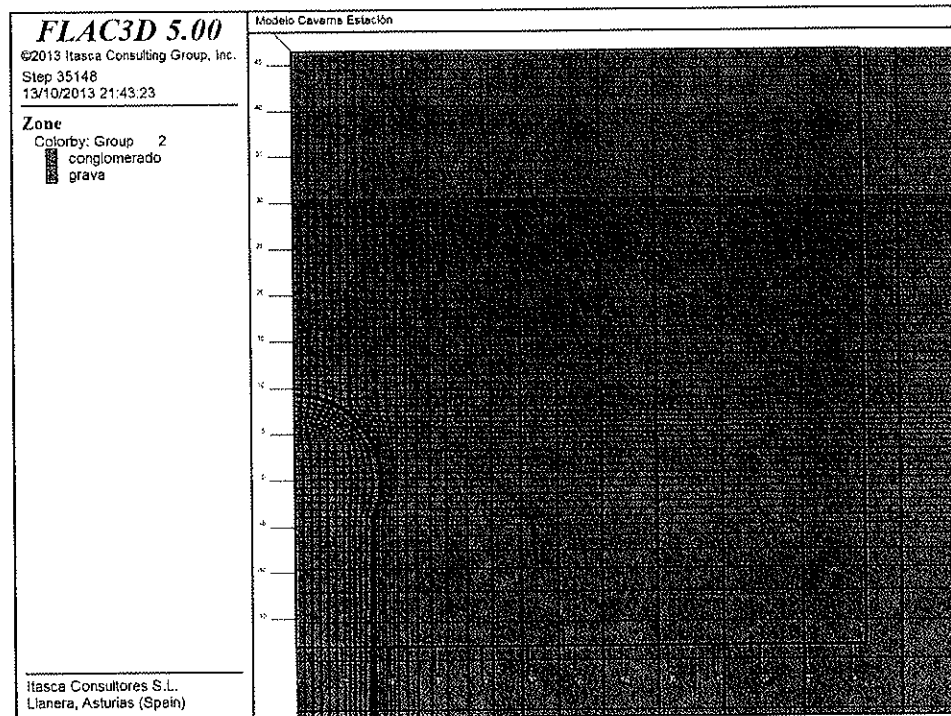
Figura 2.13-2. Sección tipo Caverna. Modelo de cálculo. Geometría de la galería.



*Figura 2.1-3. Sección tipo A. Modelo de cálculo. Detalle sección tipo.*

#### **2.14 Sección tipo Caverna: geología**

En la sección en Caverna, la clave se localiza 37 m por debajo de la superficie, de los cuales los 16 m superiores corresponden a grava suelta y el resto a conglomerado. Es decir toda la sección de la caverna será excavada en conglomerado (Figura 2.14-1).



**Figura 2.14-1. Sección tipo Caverna. Distribución de litotipos.**

### 2.15 Sección tipo Caverna: elementos de sostenimiento

De acuerdo con la información facilitada, la sección en caverna incluye los siguientes elementos de sostenimiento:

- 30 cm de hormigón HP-30 con fibras. Se divide en una primera capa de sellado de 10 cm y una segunda capa de HP-30 con fibras de 20 cm
- Cerchas reticuladas TE-130 cada 1 m

### 2.16 Sección tipo Caverna: secuencia constructiva

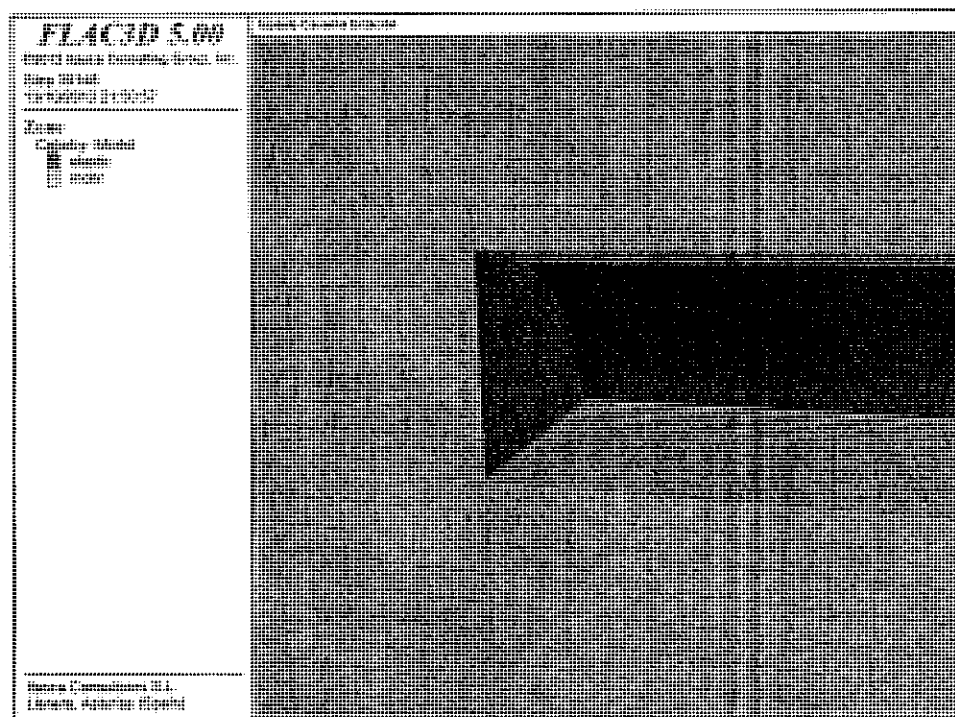
Como ya se ha comentado, en este caso sólo se ha analizado la excavación del avance. Las fases de cálculo seguidas por tanto en este caso han sido las siguientes:

1. Establecimiento del estado inicial de tensiones, en equilibrio con la profundidad de la sección analizada y con el ratio tensión horizontal/tensión vertical de proyecto (descritos en el epígrafe de propiedades).
2. Excavación secuencial del avance del túnel, en una longitud igual a un pase de 1 m de longitud.



3. Hormigonado del pase anterior (de 1 m de longitud) y colocación de los marcos metálicos (1 marco).

Tras cada uno de estos pases (sostenimiento de un pase de avance y excavación del siguiente) se permite el equilibrio mecánico del modelo. La Figura 2.16-1 muestran un detalle del modelo en una fase de cálculo intermedia con la secuencia constructiva reproducida.



**Figura 2.16-1. Sección tipo Caverna. Secuencia de excavación reproducida en el modelo. Fase intermedia.**

### 2.17 Propiedades de cálculo de los terrenos

En todos los modelos, a los elementos que conforman el terreno se les ha asignado un modelo constitutivo tipo Mohr-Coulomb, y se les han asignado las propiedades de cálculo mostradas en la Tabla 2.17-1.

Terreno	Elásticas		Plásticas			$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
	E (MPa)	$\nu$	c (MPa)	$\phi$ (°)	$\delta$ (°)	
Grava suelta	83	0.30	0.015	34	23	2.0
Conglomerado	366	0.30	0.032	39	26	2.2

**Tabla 2.17-1. Características de los terrenos analizados.**

El lo que respecta al estado tensional de partida, de acuerdo con la información facilitada, se ha considerado un coeficiente de empuje horizontal  $K_0 = 1$  para los dos tipos de terrenos.

### 2.18 Propiedades de cálculo de los elementos de sostenimiento

Los elementos de hormigón de sostenimiento del túnel se han modelizado con elementos volumétricos a los que se ha asignado un modelo constitutivo elástico. Dado que se ha modelizado la excavación secuencial del túnel, se ha tenido en cuenta el fraguado del mismo. La evolución de la resistencia del hormigón con el tiempo es bastante conocida, y viene definida en la norma EHE para hormigones de endurecimiento normal y rápido. La Figura 2.18-1 muestra en un gráfico dichas definiciones, comparándolas con los resultados de una serie de ensayos en probetas de hormigón, obteniéndose un buen ajuste entre éstos y la curva de endurecimiento rápido.

Por el contrario, la variación del módulo elástico con el tiempo no está tan clara. La Figura 2.18-2 presenta los resultados de varios ensayos, según los cuales se puede asumir una relación entre la resistencia del hormigón proyectado y su módulo tal que  $E \approx 500 \cdot \text{resistencia}$ . Se han añadido en el gráfico las fórmulas dadas por la EHE y la EH-91, mostrando una considerable diferencia entre dichas fórmulas y los resultados de los ensayos.

De acuerdo con esto, se ha introducido en el modelo la ley de fraguado dada por la evolución de la resistencia de hormigones de endurecimiento rápido de la EHE y la relación entre dicha resistencia y el módulo elástico dada por los ensayos. Para tener en cuenta este fraguado, se debe además relacionar en el modelo el tiempo con la distancia al frente para lo que se ha considerado una velocidad de avance media de 2 pases por día. Se ha considerado un hormigón de 30 MPa de resistencia, con un coeficiente de Poisson de 0.2 y un peso específico de 2.5 t/m<sup>3</sup>.



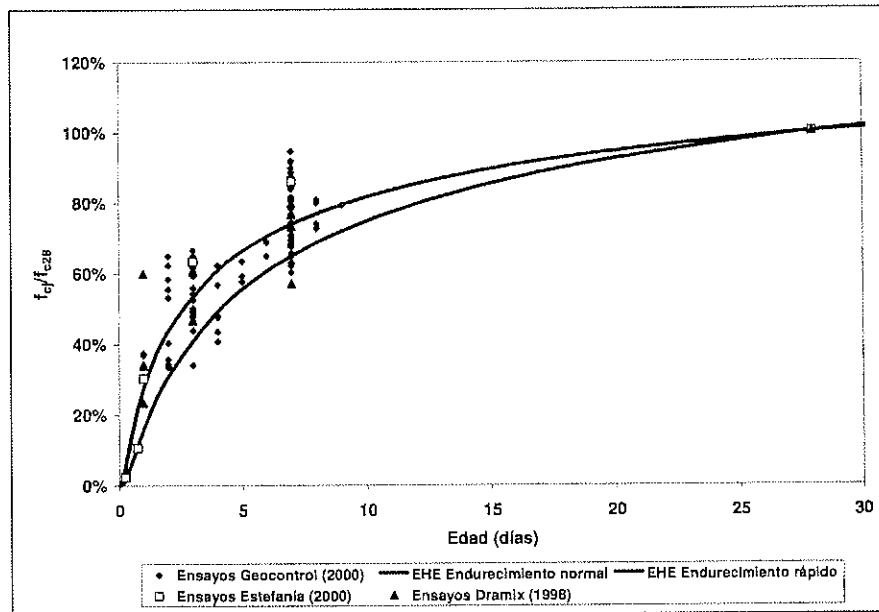


Figura 2.18-1. Evolución de la resistencia del hormigón con el tiempo.

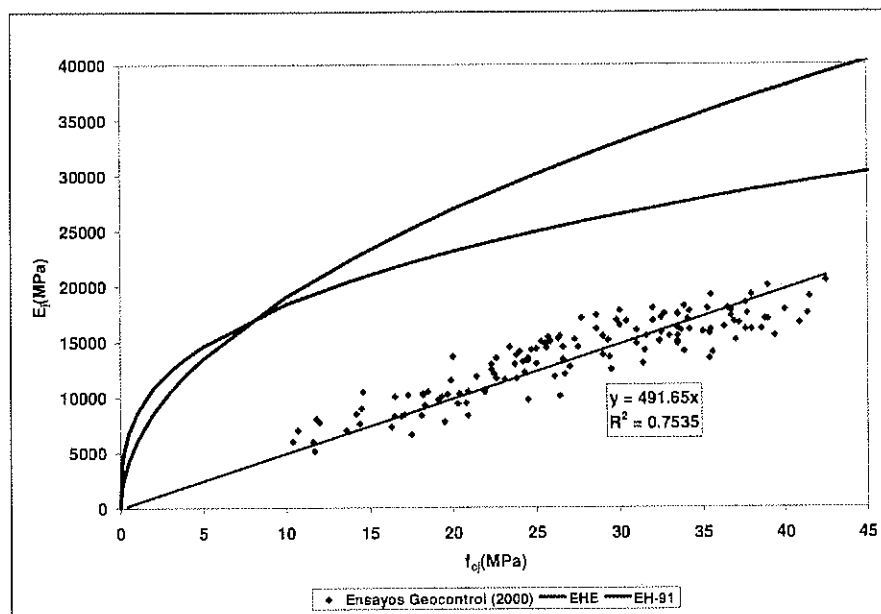


Figura 2.18-2. Relación entre el módulo elástico y la resistencia del hormigón.

Las cerchas se han modelizado con elementos estructurales tipo pile de FLAC3D, que son elementos unidimensionales de dos nodos con 6 grados de libertad por nodo (3 desplazamientos y 3 rotaciones), con un comportamiento elástico lineal y un acoplamiento elastoplástico al mallado. Se han considerado dos tipos de cerchas en función de la sección tipo: cerchas reticuladas TE-70 y TE-130. Las propiedades asignadas, en función del tipo, se muestran en la Tabla 2.18-1.

Tipo	Área (cm <sup>2</sup> )	Momento y (cm <sup>4</sup> )	Momento z (cm <sup>4</sup> )	E (GPa)	$\nu$
TE-70	14.32	332	240	210	0.2
TE-130	14.32	865	635	210	0.2

**Tabla 2.18-1. Propiedades asignadas a las cerchas.**

### 2.19 Metodología para el cálculo de la estabilidad del frente

De cara a validar la geometría de las secciones estudiadas, en el caso de la sección tipo B y de la caverna, se ha realizado no sólo una comprobación del sostenimiento planteado sino también el análisis de la estabilidad del frente, dada la presencia de grava suelta en la sección.

El factor de seguridad global se ha calculado utilizando la técnica de reducción de la resistencia al corte, descrita entre otros autores por Varona & Ferrer (1998), que consiste en reducir progresivamente la resistencia al corte de los terrenos hasta que se produce la rotura, estando el factor de seguridad definido por el ratio entre la resistencia al corte original del material y la resistencia al corte para la que se ha producido la rotura.

La gran ventaja de esta técnica es que no es necesario presuponer ninguna geometría potencial de rotura (como ocurre con algunos métodos de equilibrio límite), por lo que es aplicable a cualquier tipo de problemas, incluidos aquellos en los que la superficie potencial de deslizamiento puede ser una superficie compleja.

La estabilidad se ha analizado considerando un pase de avance abierto.

### 3.0 RESULTADOS OBTENIDOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en las secciones tipo analizadas.

Para cada caso, se presenta una tabla resumen de los principales resultados obtenidos (en términos de deformaciones y esfuerzos) y se hace referencia a la figura correspondiente en la que se puede comprobar dicho resultado. Además, se incluyen una serie de comentarios y conclusiones sobre los resultados obtenidos.

Respecto a los marcos reticulados, para el cálculo del factor de seguridad a flexo-compresión se considera un límite elástico  $f_{yk}=355$  MPa (minorado por 1.15), con lo que su capacidad de cálculo es de:

- Cerchas TE-70:  $N_{max}=44.2$  ton y  $M_{max}=1.61$  m·ton.
- Cerchas TE-130:  $N_{max}=44.2$  ton y  $M_{max}=2.75$  m·ton

#### 3.1 Sección tipo A

			Máximo	Figura N°	Observaciones
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	10.5	3.1-1/3.1-4	Localizados sobre clave
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	10.3	3.1-2/3.1-5	Localizados en el hastial de destroza
		Desp. Vertical en superficie (mm)	4.1	3.1-4	Máximo sobre clave
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	2.7	3.1-5	Máximo a 13 m del eje del túnel
		Plastificación	1-1.5 m	3.1-6/3.1-7	Alededor de la excavación
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5	3.1-14/3.1-15	Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales en la unión bóveda-solera provisional en avance
		Compresiones (MPa)	3.25	3.1-12/3.1-13	Máximo localizado en la unión hastial-contrabóveda En la bóveda máximos de 2.6 MPa
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	8	3.1-10	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
		Bajada de clave medible (mm)	8	3.1-9	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
	Cerchas TE-70	Axil (T)	13.7	3.1-16/3.1-17	Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes
		Flector (m*T)	0.04	3.1-18/3.1-19	En diagrama de interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=3.18

Tabla 3.1-1. Sección tipo A. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.

Teniendo en cuenta las hipótesis consideradas en este modelo numérico (propiedades del terreno, geometría, cuantías de sostenimiento, longitud del pase de excavación, etc.), del cálculo realizado se concluye lo siguiente:

- El desplazamiento vertical máximo en la sección es de 10.5 mm sobre clave
- El desplazamiento horizontal máximo es de 10.3 mm en el hastial de destroza.

- El desplazamiento del frente de avance medio es de 7.8 mm.
- En superficie, estas deformaciones se traducen en un asiento máximo de 4 mm y un desplazamiento horizontal máximo de 2.7 mm.
- La bajada de clave máxima en el sostenimiento es de 8 mm. La semi-convergencia medible máxima en el avance es de 8 mm. En el modelo, se considera que la lectura de los puntos de monitoreo comienzan a una distancia de 0 m del frente. Obviamente, este valor es un límite superior, dado que en la realidad la lectura de datos comenzará más tarde por motivos técnicos, el valor real será en todo caso inferior a éste.
- Las compresiones máximas en el sostenimiento son de 3.25 MPa en la unión hastial-contrabóveda. En la bóveda, el máximo que se registra es de 2.6 MPa
- Las tracciones son prácticamente nulas en toda la sección, salvo en la unión entre la bóveda y la solera provisional de avance, con máximos de 0.4 MPa.
- Representando los axiles y flectores concomitantes de todos los elementos de cercha en un diagrama de interacción y teniendo en cuenta la resistencia de la cercha, se obtienen factores de seguridad mínimos de  $FS=3.18$ .



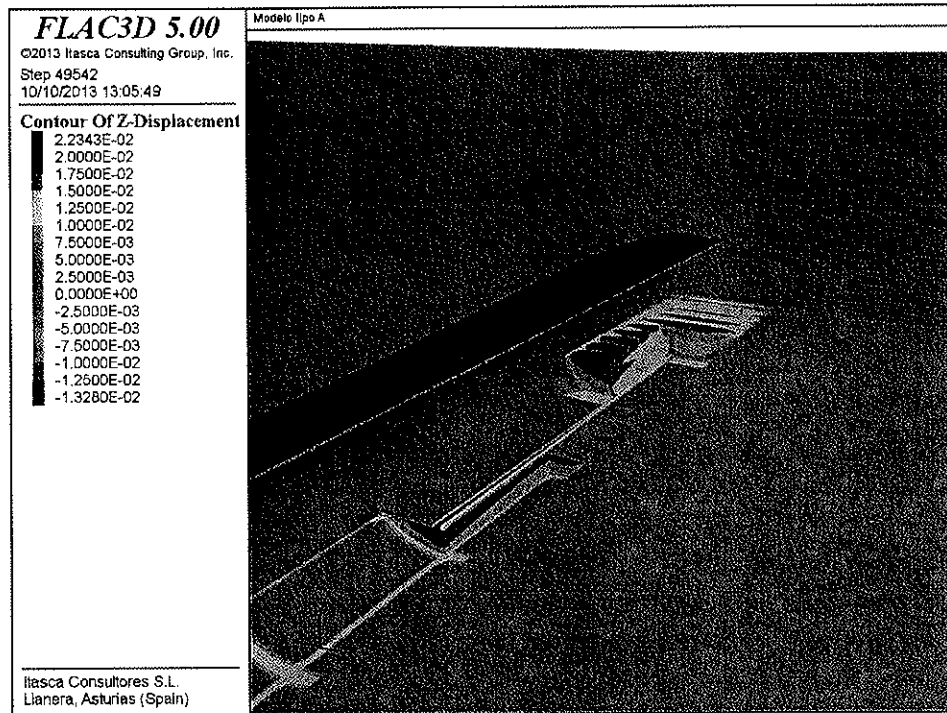


Figura 3.1-1. Sección tipo A. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Fase intermedia

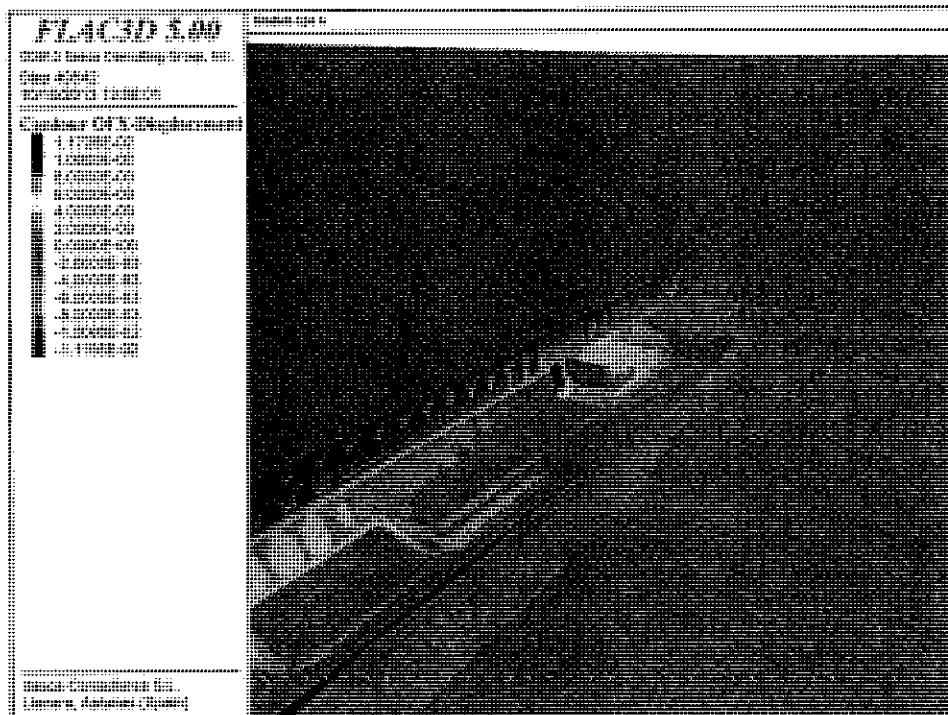


Figura 3.1-2. Sección tipo A. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Fase intermedia.

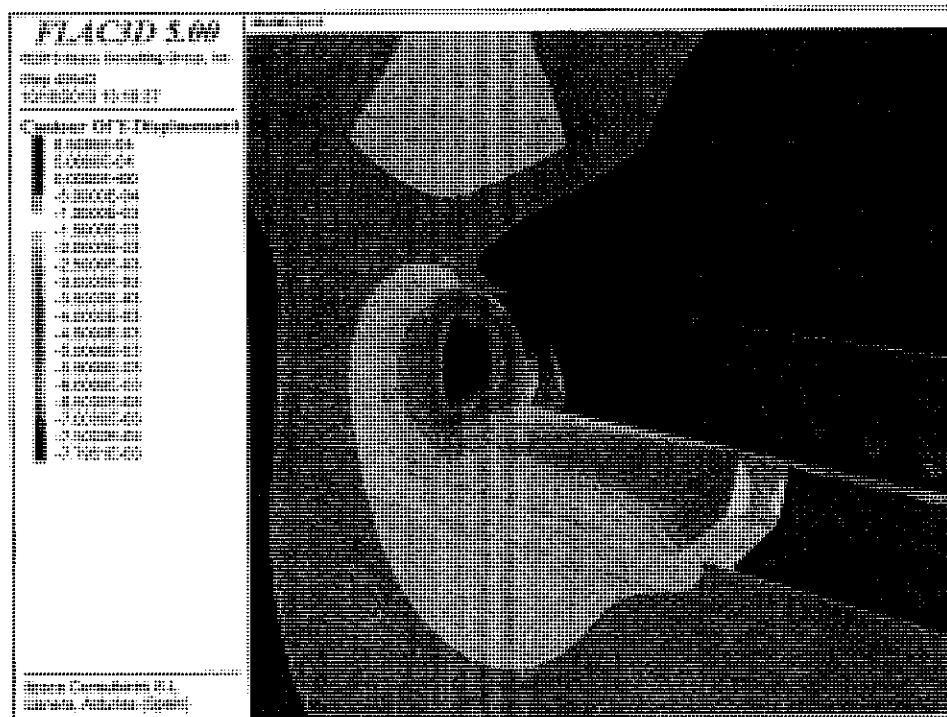


Figura 3.1-3. Sección tipo A. Desplazamiento horizontal longitudinal del terreno (en m). Fase intermedia.

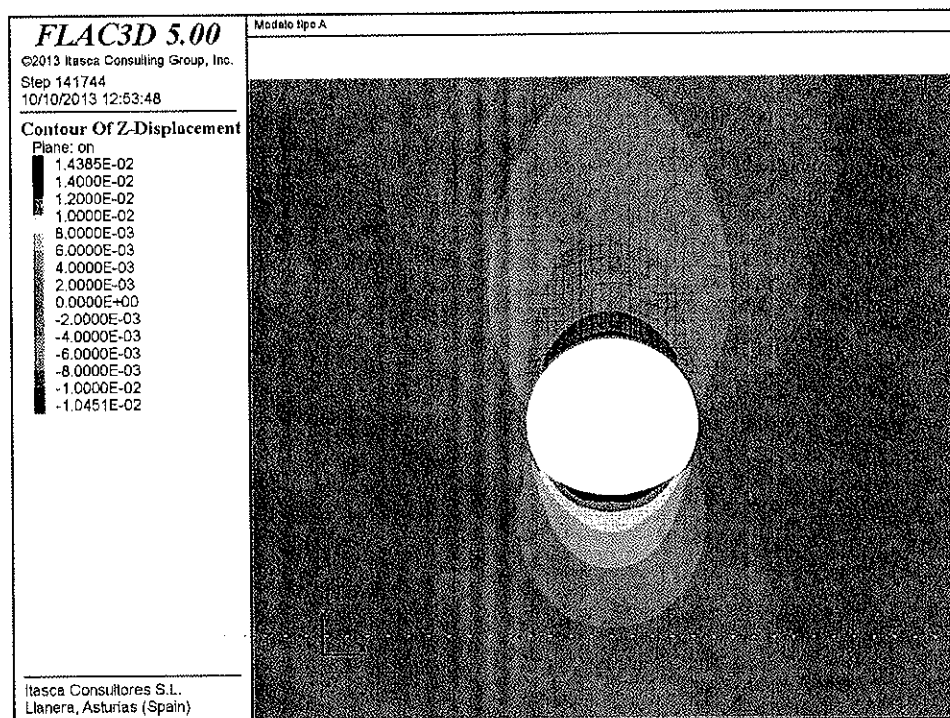


Figura 3.1-4. Sección tipo A. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.



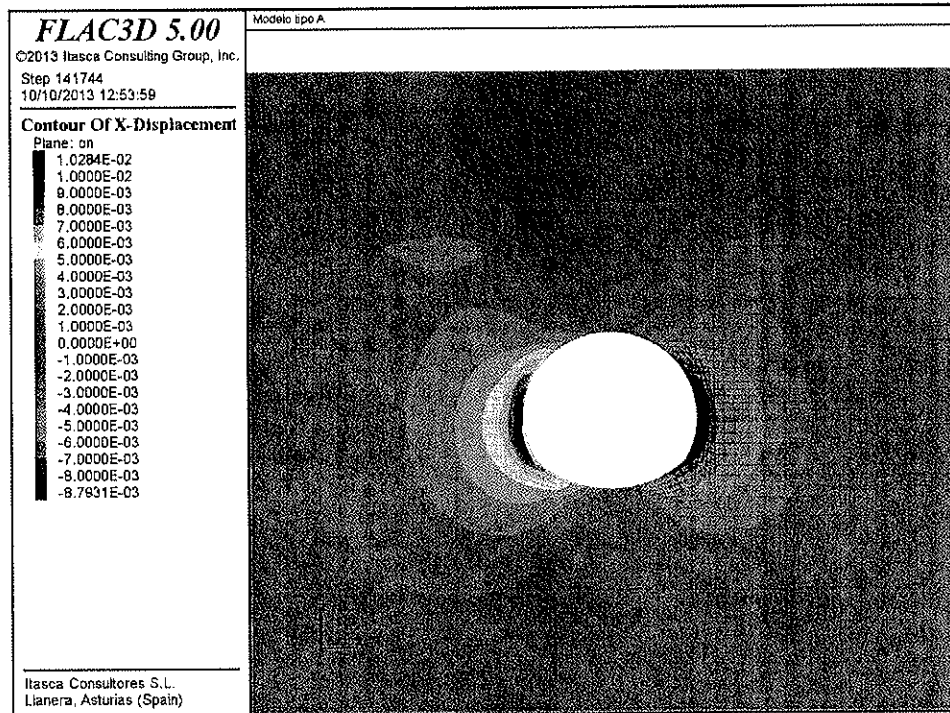


Figura 3.1-5. Sección tipo A. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.

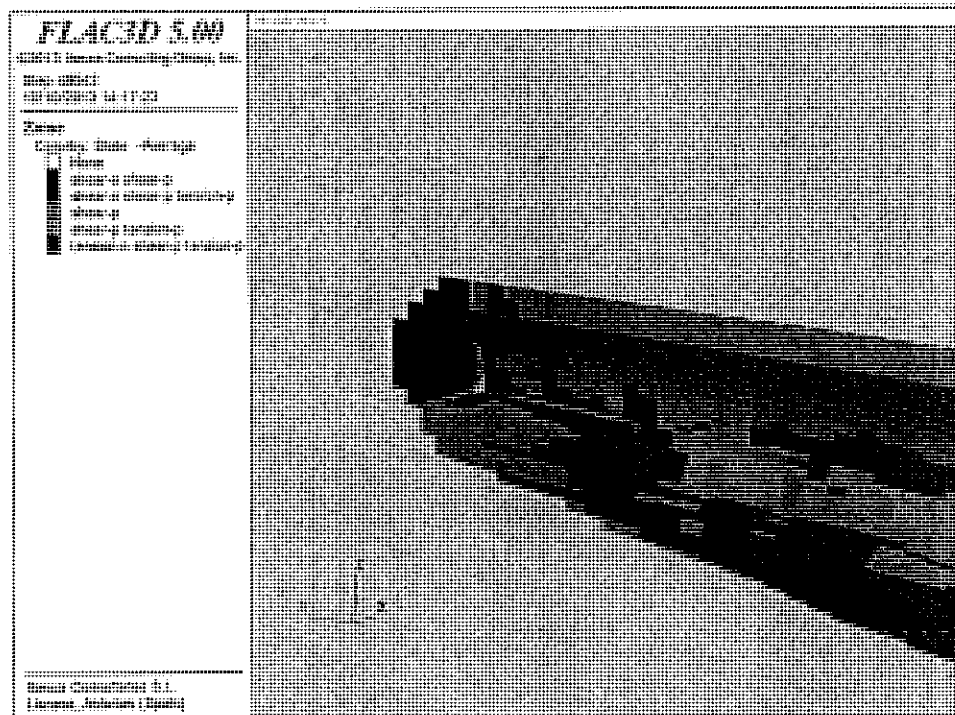


Figura 3.1-6. Sección tipo A. Elementos plastificados en el terreno. Fase intermedia.

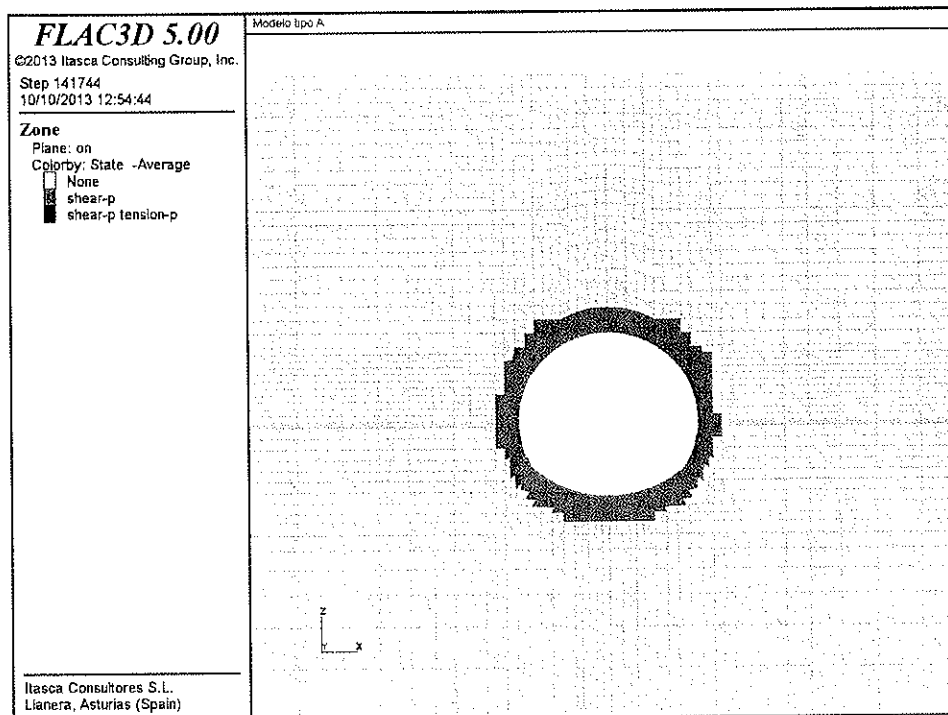


Figura 3.1-7. Sección tipo A. Elementos plastificados en el terreno. Fase final.

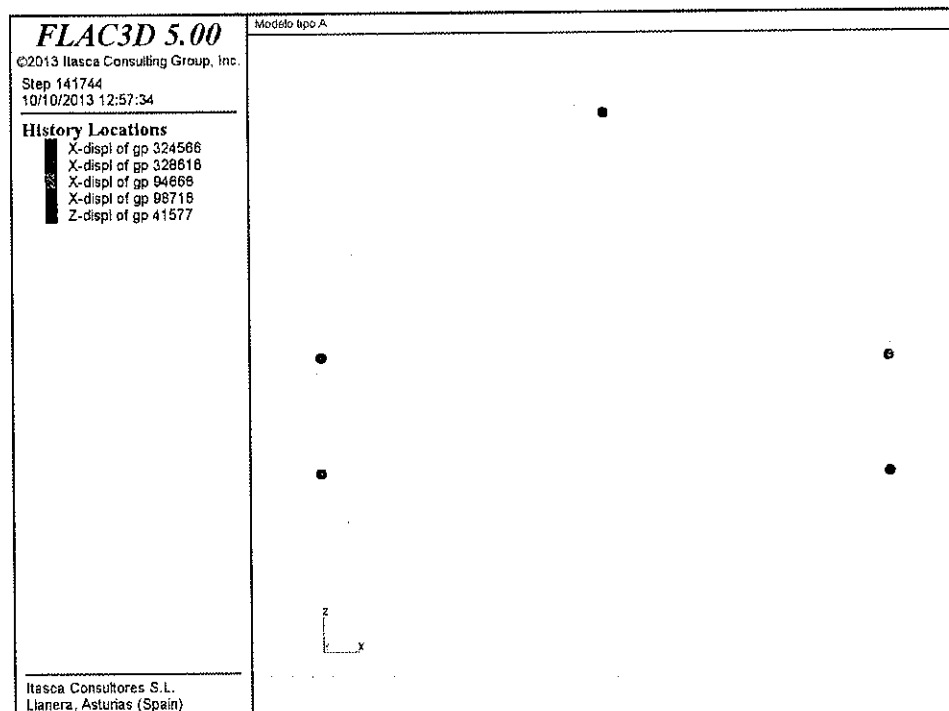


Figura 3.1-8. Sección tipo A. Localización puntos de control en el sostenimiento.



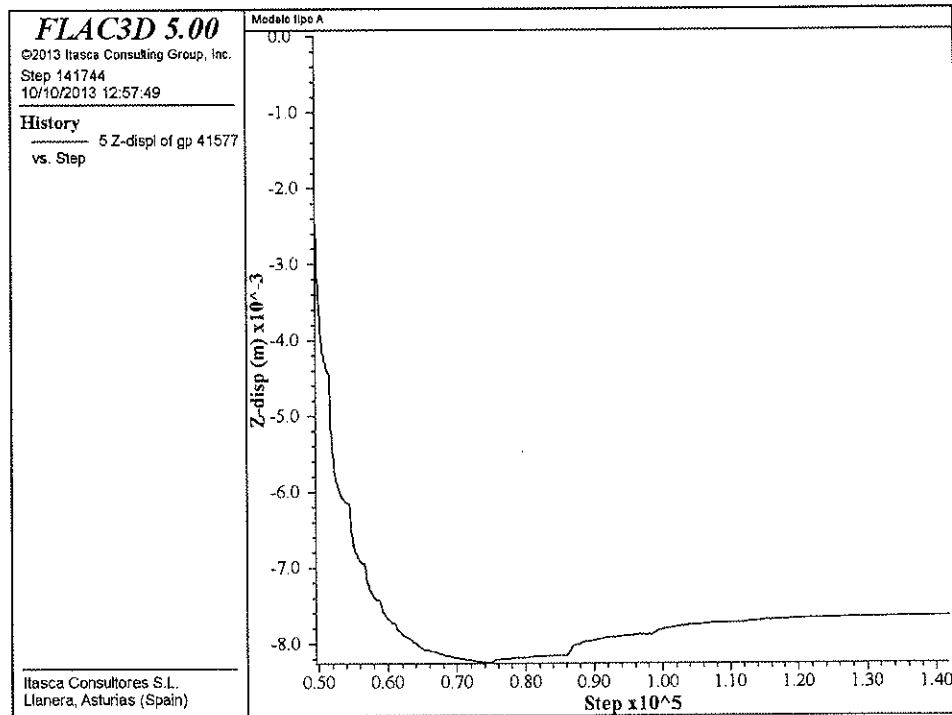


Figura 3.1-9. Sección tipo A. Evolución monitoreo bajada de clave

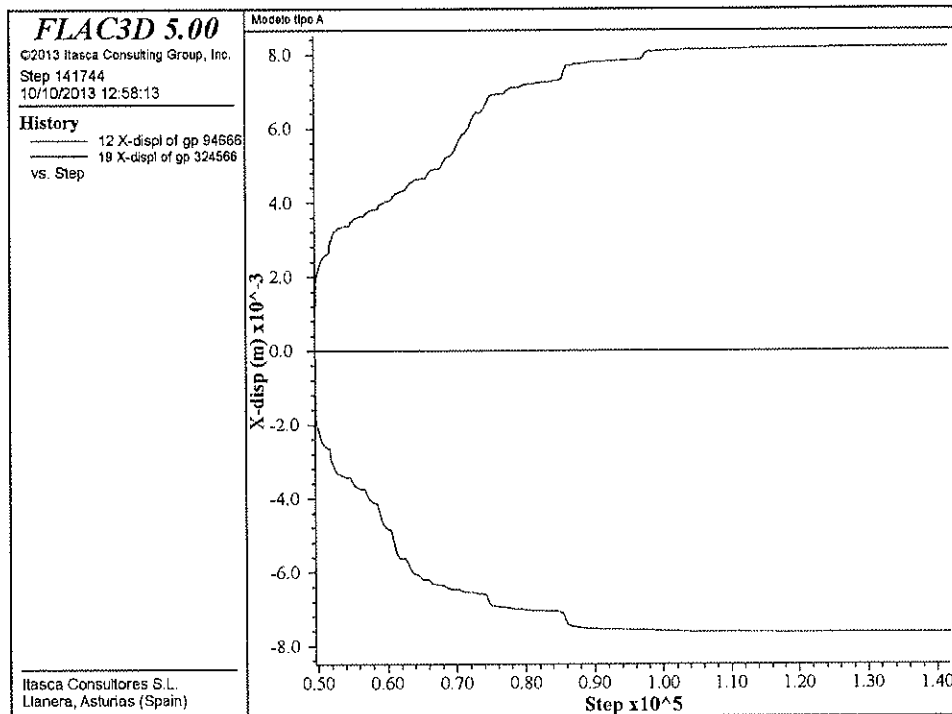


Figura 3.1-10. Sección tipo A. Evolución monitoreo bóveda en hombros.

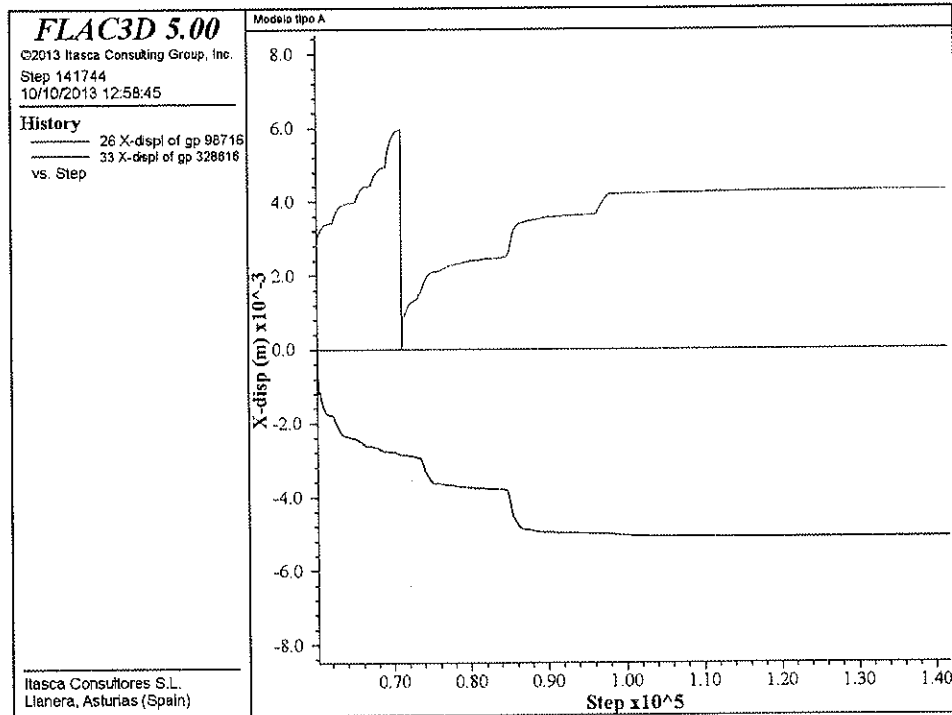


Figura 3.1-11. Sección tipo A. Evolución monitoreo hastiales.

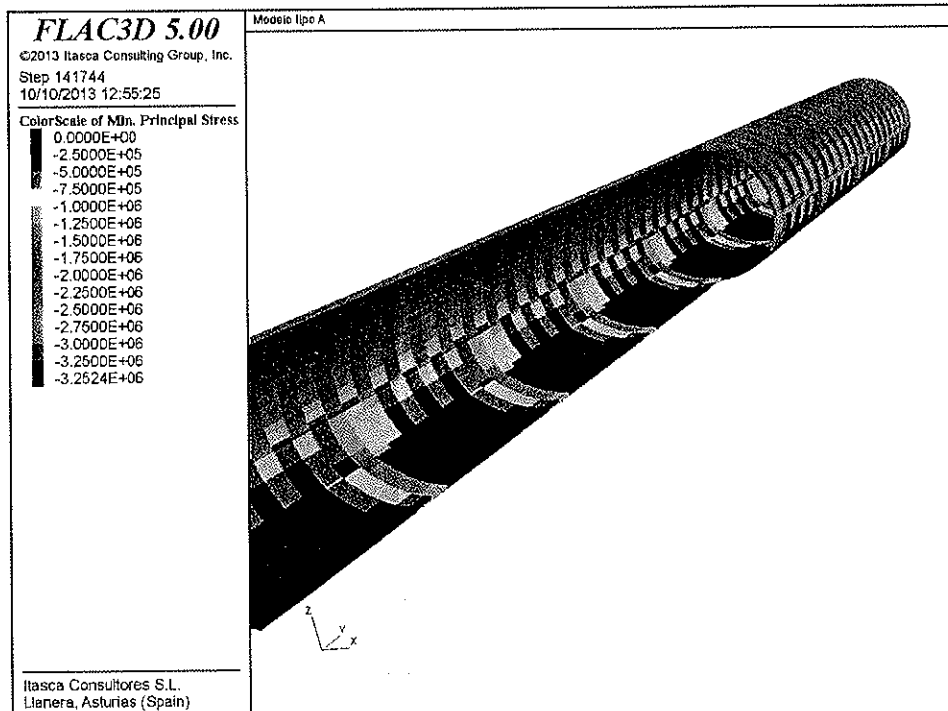


Figura 3.1-12. Sección tipo A. Compresiones en el hormigón (en Pa).

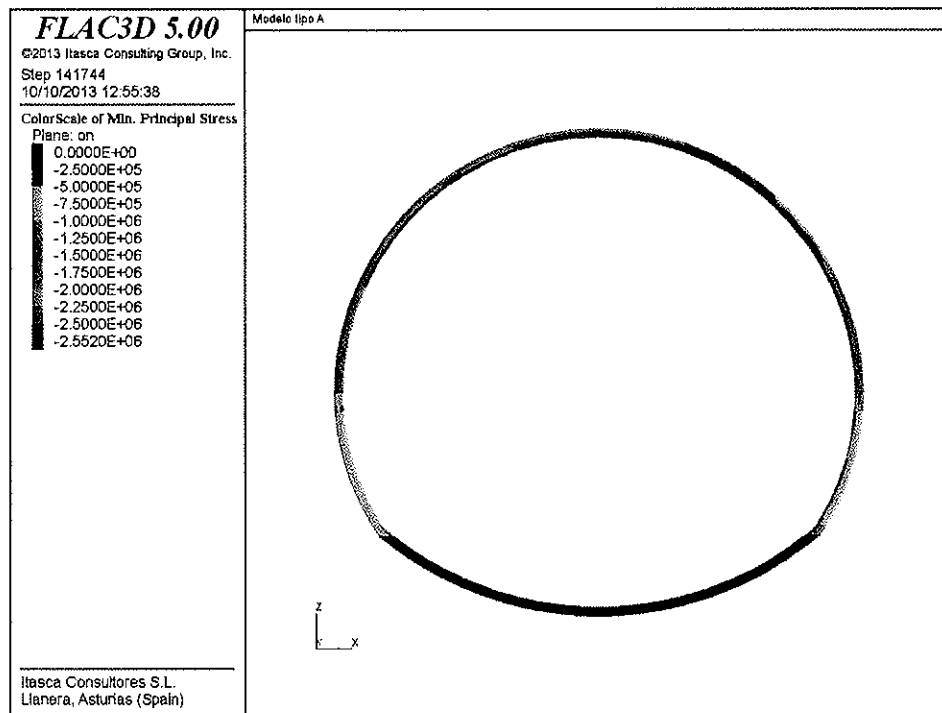


Figura 3.1-13. Sección tipo A. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central.

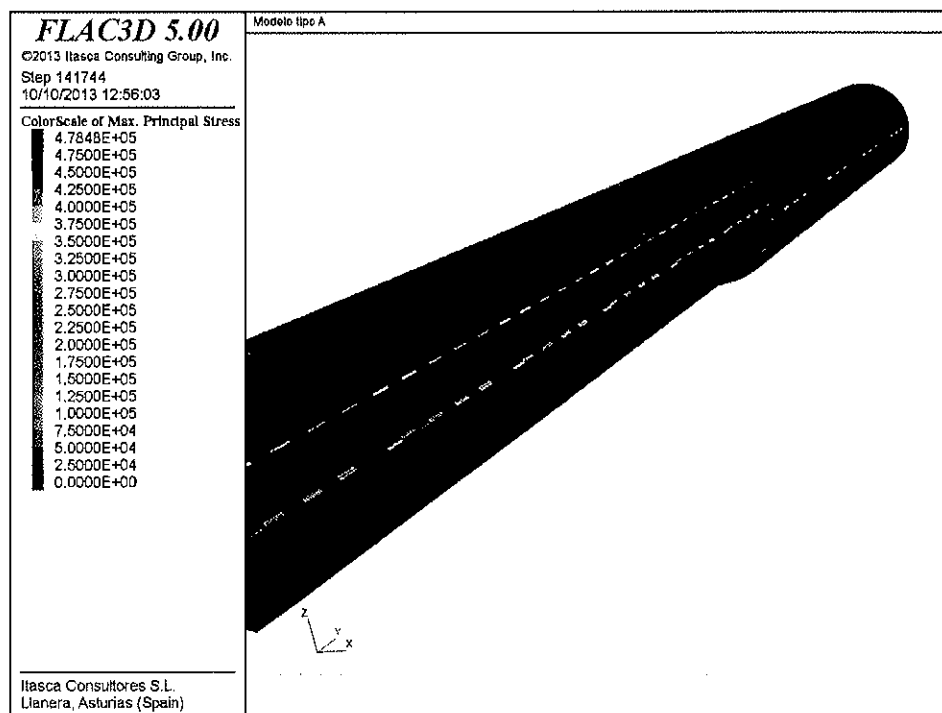


Figura 3.1-14. Sección tipo A. Tracciones en el hormigón (en Pa).

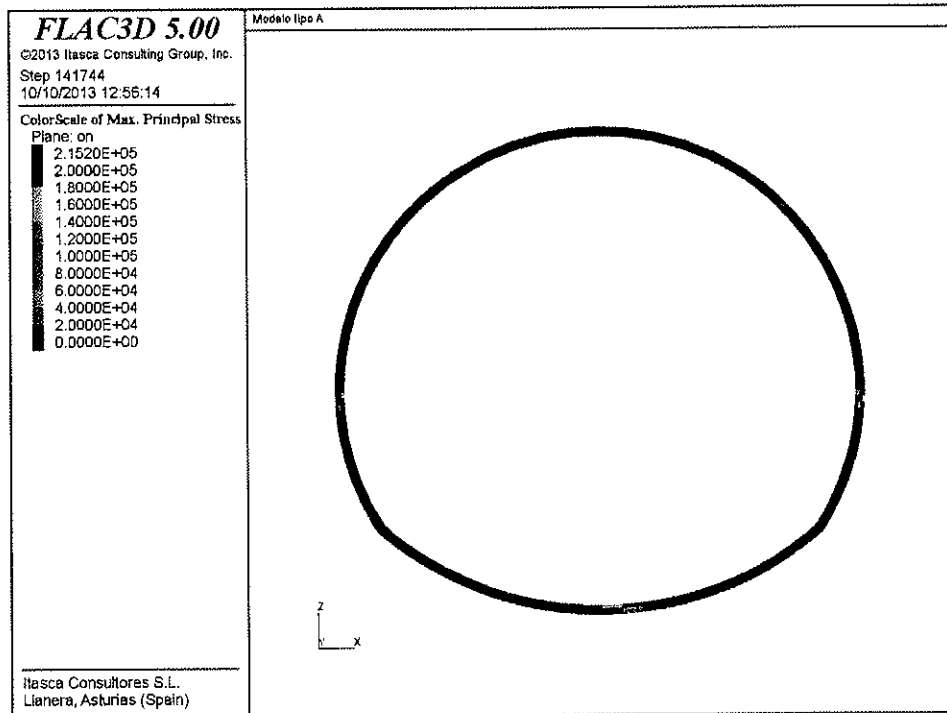


Figura 3.1-15. Sección tipo A. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central.

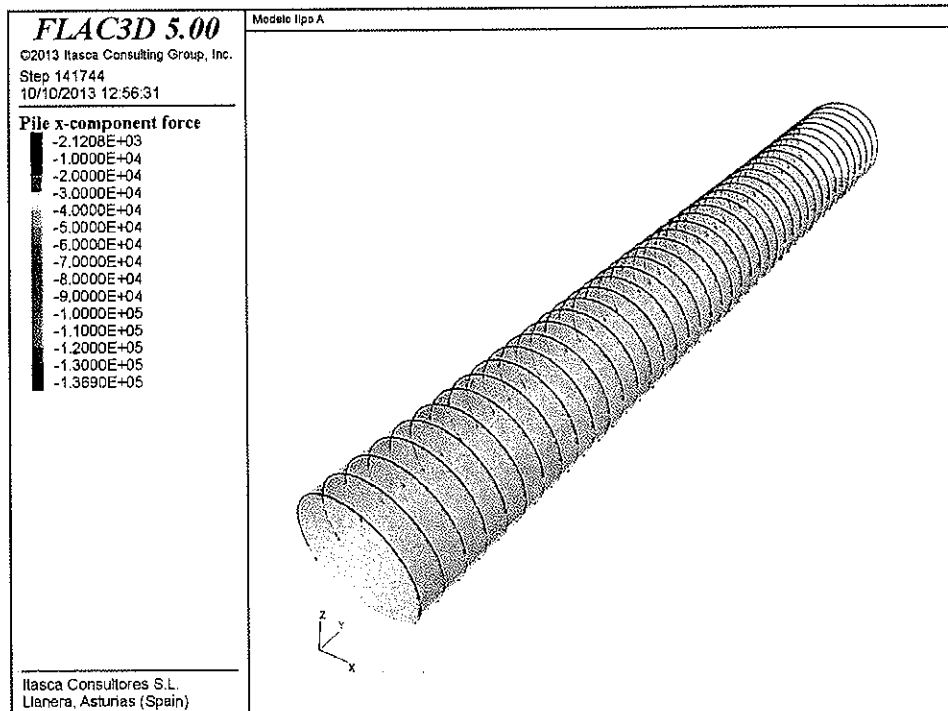


Figura 3.1-16. Sección tipo A. Distribución de axiles en las cerchas (en N).

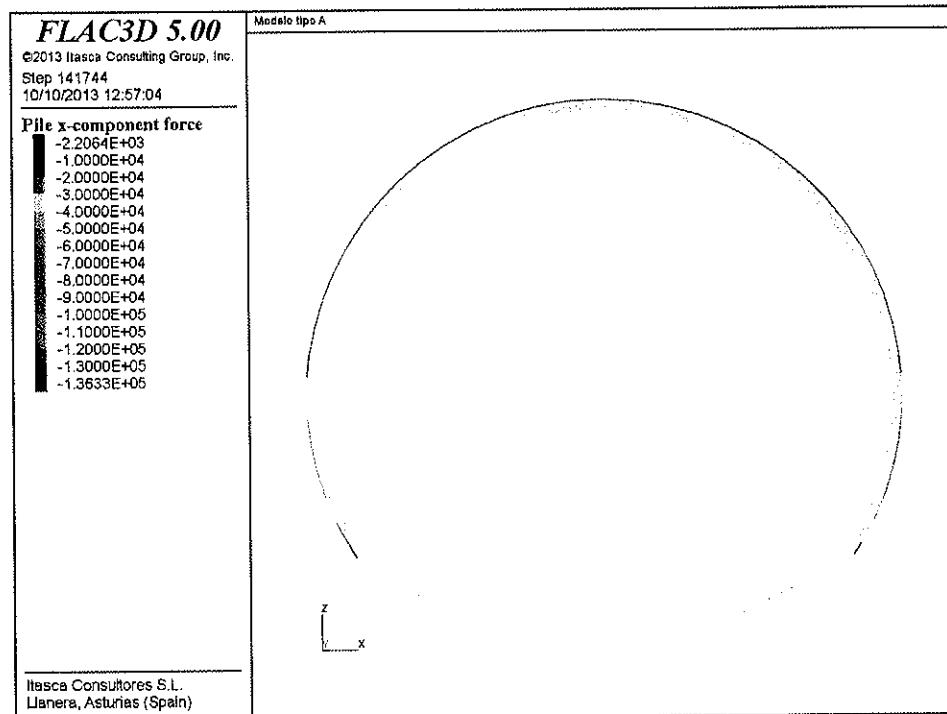


Figura 3.1-17. Sección tipo A. Distribución de axiles en las cerchas (en N). Sección central.

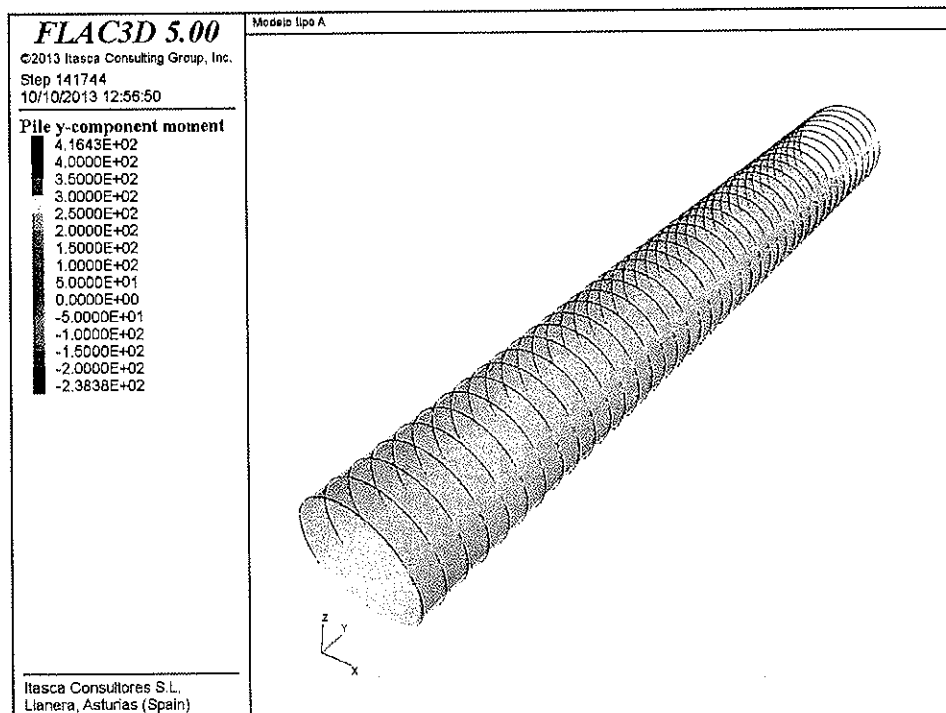


Figura 3.1-18. Sección tipo A. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N).

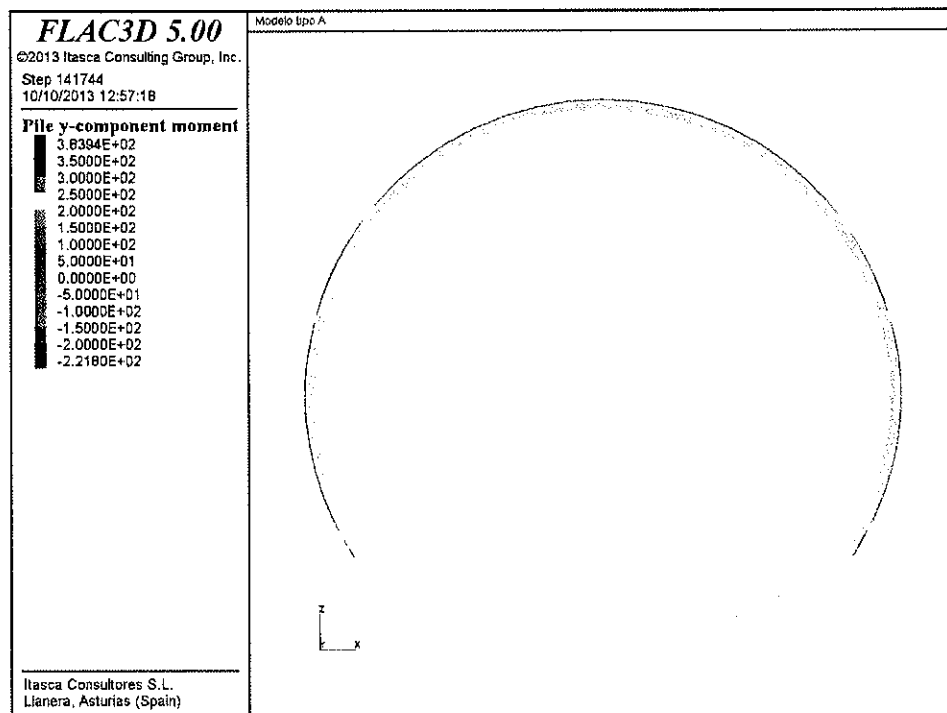


Figura 3.1-19. Sección tipo A. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N). Sección central.

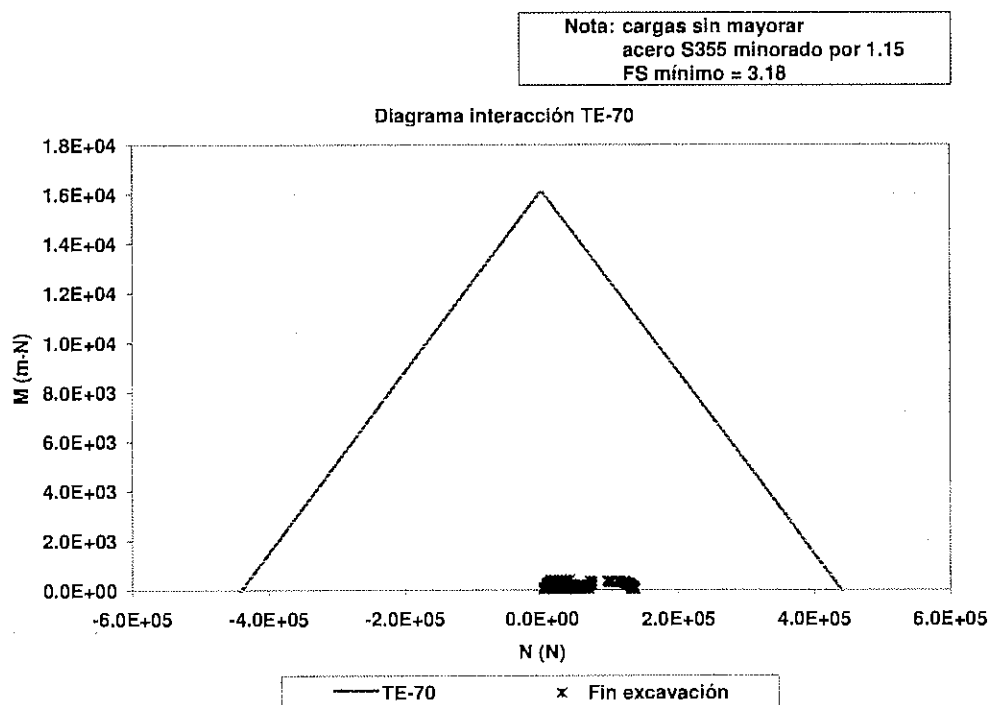


Figura 3.1-20. Sección tipo A. Diagrama de interacción de las cerchas.



### 3.2 Sección tipo B

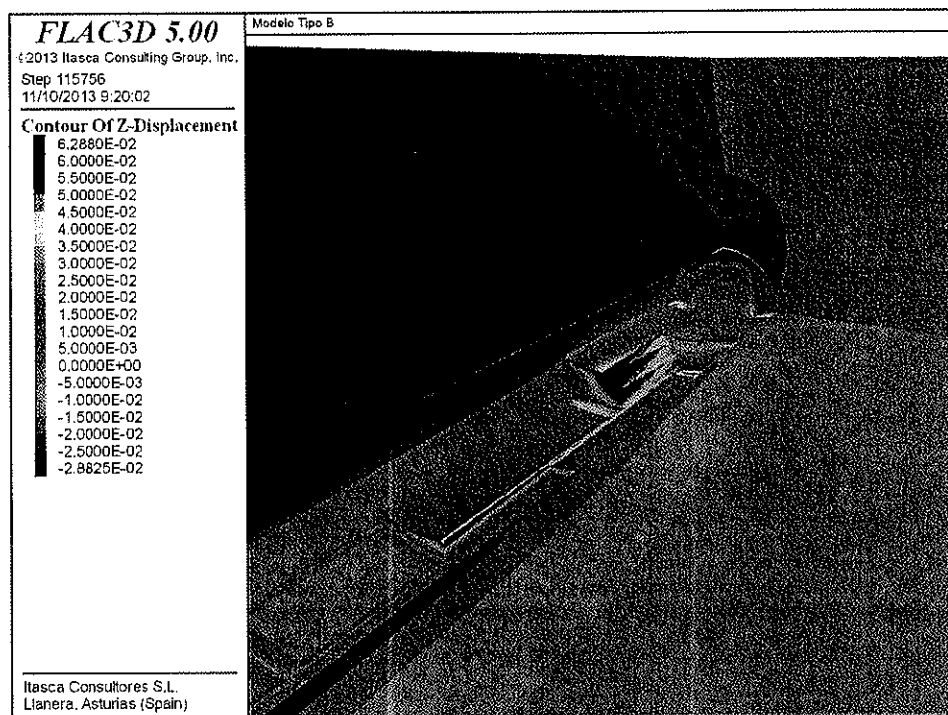
			Máximo	Figura Nº	Observaciones
Fase Finel	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	29.7	3.2-1/3.2-4	Localizados sobre clave
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	39.9	3.2-2/3.2-5	Localizados en el hastial de destroza
		Desp. Vertical en superficie (mm)	16.0	3.2-4	Máximo sobre clave
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	7.4	3.2-5	Máximo a 17 m del eje del túnel
		Plastificación	1-1.5 m	3.2-6/3.2-7	Alrededor de la excavación
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5	3.2-14/3.2-15	Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales (0.7 MPa) en la unión hastial-contrabóveda
		Compresiones (MPa)	5.8	3.2-11/3.2-12	Máximo localizado en la unión hastial-contrabóveda En la bóveda máximos de 3.7 MPa
		Semiconvergencia Horíz. medible (mm)	25	3.2-10	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
		Bajada de clave medible (mm)	15	3.2-9	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
	Cerchas TE-130	Axil (T)	19.2	3.2-17/3.2-18	Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes En diagrama de Interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=2.13
		Flector (m*T)	0.26	3.2-19/3.2-20	
Factor de seguridad del frente			1.25	3.2-21/3.2-22	Se considera una fase intermedia con el pase de avance abierto (1 m)

**Tabla 3.2-1. Sección tipo B. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

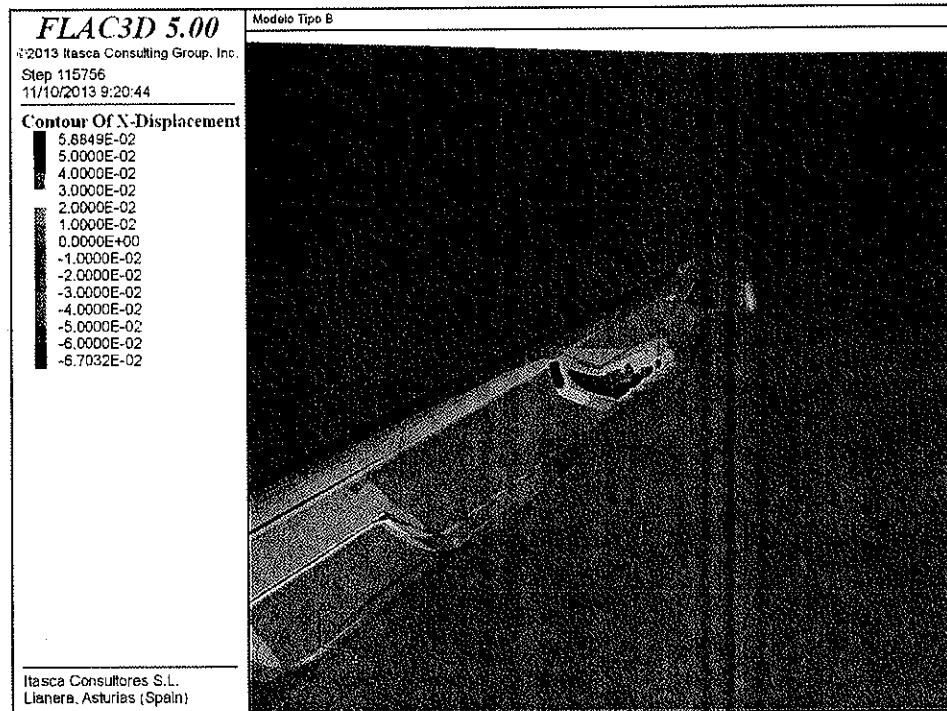
Teniendo en cuenta las hipótesis consideradas en este modelo numérico (propiedades del terreno, geometría, cuantías de sostenimiento, longitud del pase de excavación, etc.), del cálculo realizado se concluye lo siguiente:

- El desplazamiento vertical máximo en la sección es de 29.7 mm sobre clave
- El desplazamiento horizontal máximo es de 39.9 mm en el hastial de destroza.
- El desplazamiento del frente de avance medio es de 40-50 mm.
- En superficie, estas deformaciones se traducen en un asiento máximo de 16 mm y un desplazamiento horizontal máximo de 7.4 mm.
- La bajada de clave máxima en el sostenimiento es de 15 mm. La semi-convergencia medible máxima en el avance es de 25 mm. En el modelo, se considera que la lectura de los puntos de monitoreo comienzan a una distancia de 0 m del frente.
- Las compresiones máximas en el sostenimiento son de 5.8 MPa en la unión hastial-contrabóveda. En la bóveda, el máximo calculado es de 3.7 MPa.
- Las tracciones son prácticamente nulas en toda la sección, salvo en la unión entre el hastial y la contrabóveda, con máximos de 0.7 MPa.

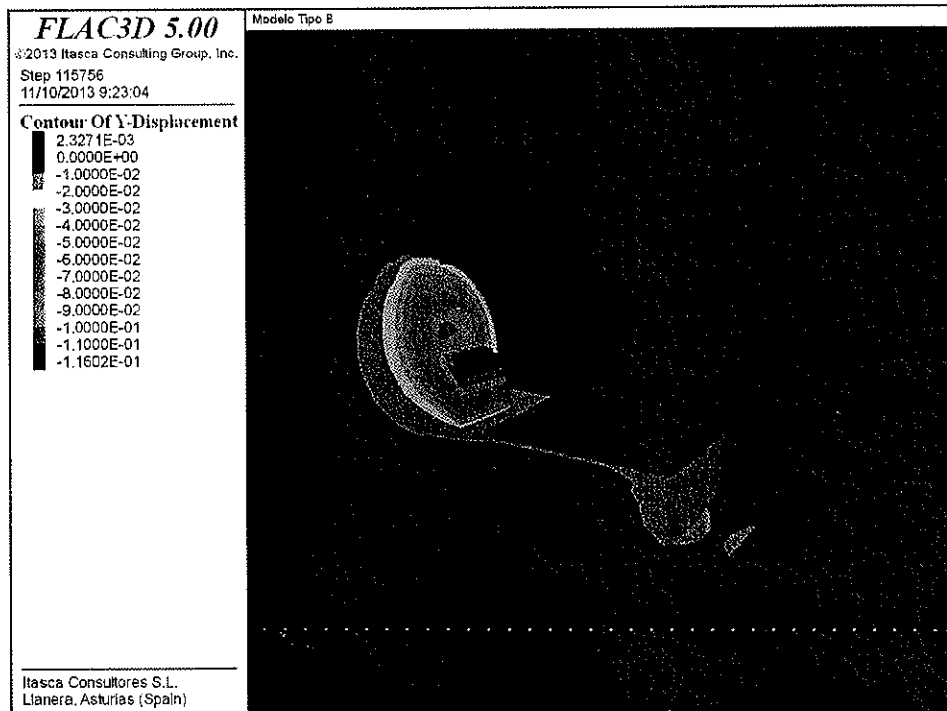
- En la solera provisional del avance, se obtiene una compresión media de 7 MPa, con un pico máximo de hasta 15 MPa en el entronque bóveda-solera. Las tracciones son prácticamente nulas en la solera, salvo en los apoyos de las esquinas con un máximo de 1.2 MPa.
- Representando los axiles y flectores concomitantes de todos los elementos de cercha en un diagrama de interacción y teniendo en cuenta la resistencia de la cercha, se obtienen factores de seguridad mínimos de  $FS=2.13$ .
- El análisis de la estabilidad del frente da como resultado un FS mínimo en el frente de 1.25



**Figura 3.2-1. Sección tipo B. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Fase intermedia**



*Figura 3.2-2. Sección tipo B. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Fase intermedia.*



*Figura 3.2-3. Sección tipo B. Desplazamiento horizontal longitudinal del terreno (en m). Fase intermedia.*

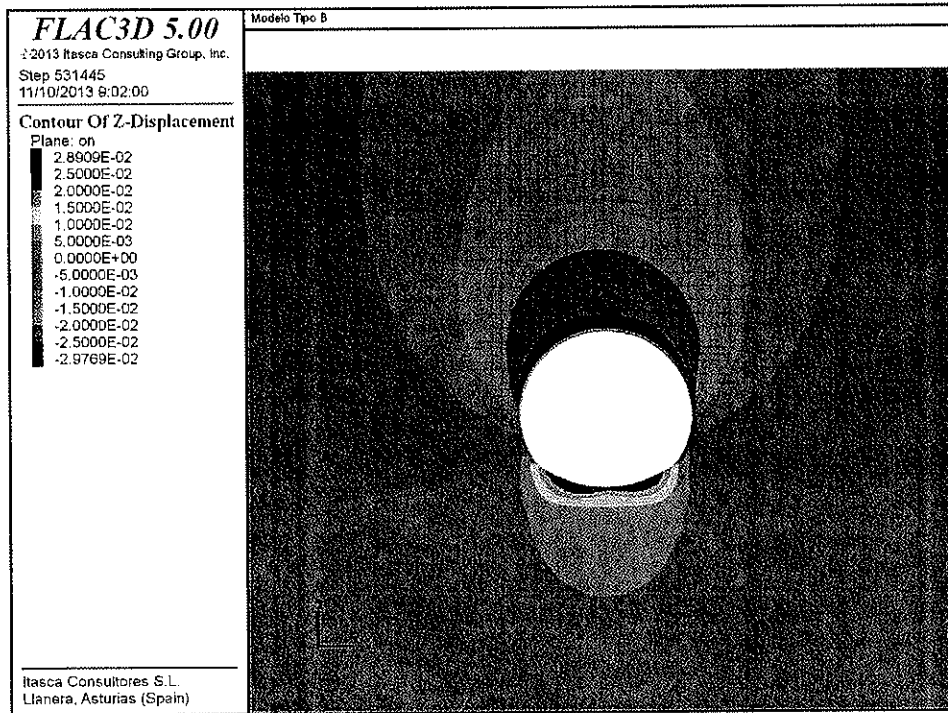


Figura 3.2-4. Sección tipo B. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.

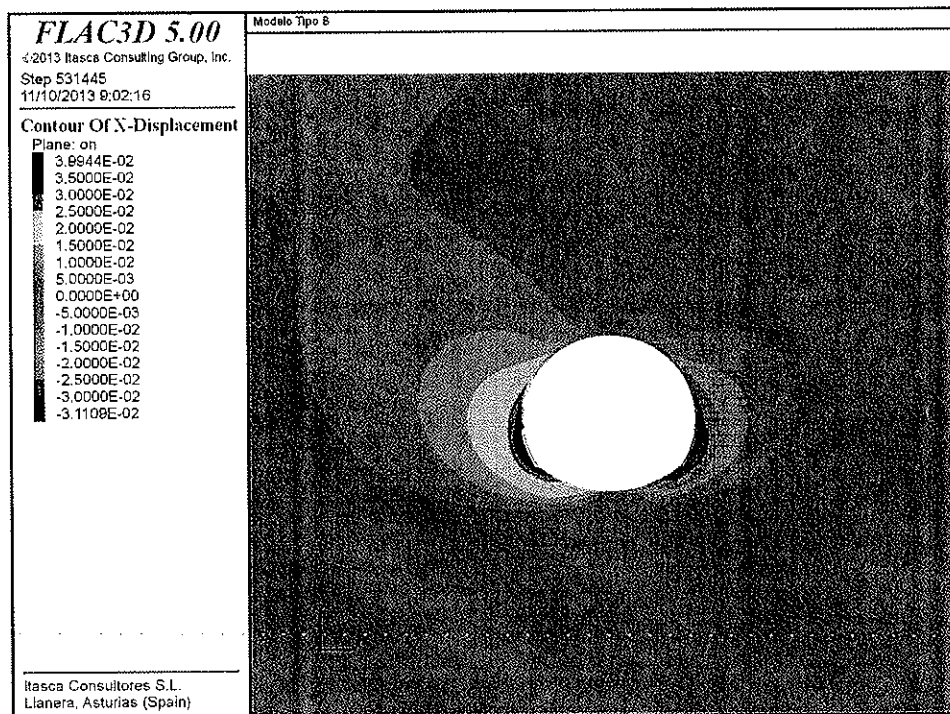


Figura 3.2-5. Sección tipo B. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.

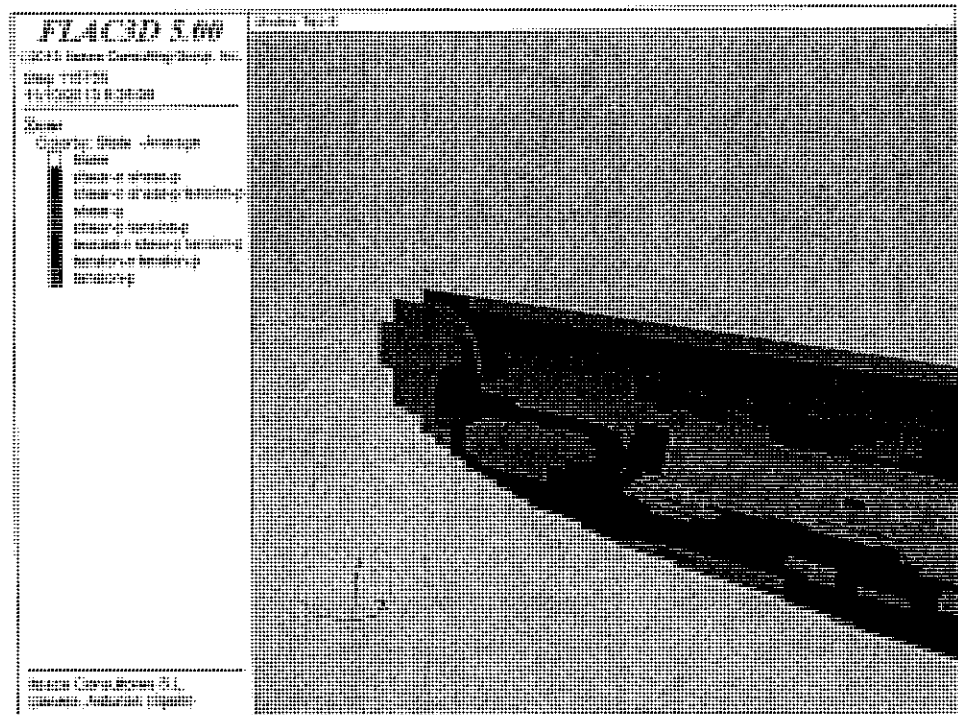


Figura 3.2-6. Sección tipo B. Elementos plastificados en el terreno. Fase intermedia.

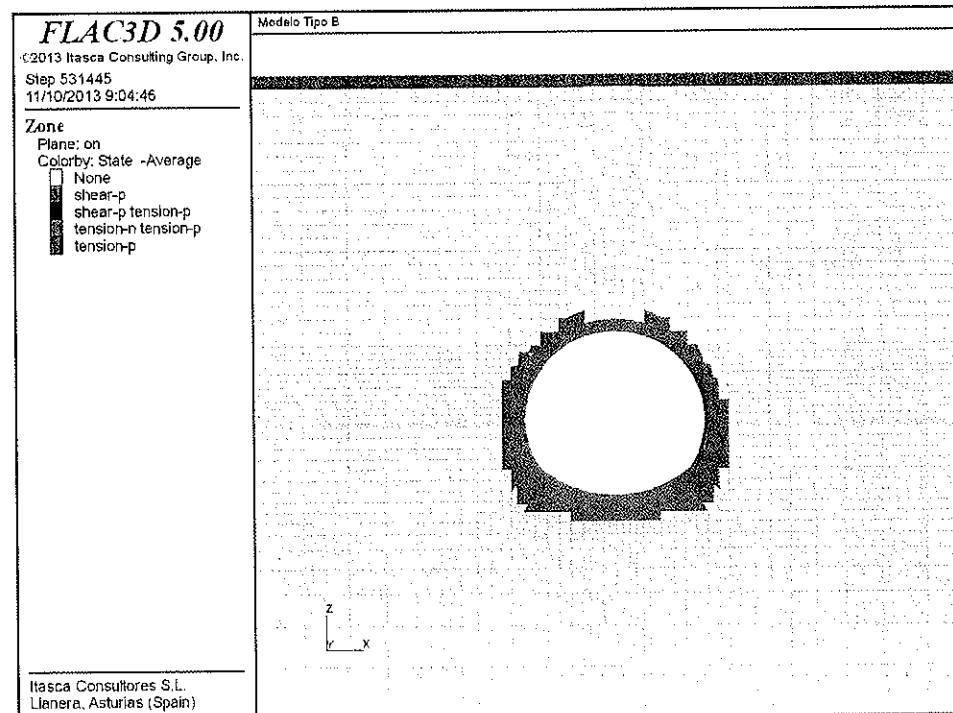


Figura 3.2-7. Sección tipo B. Elementos plastificados en el terreno. Fase final.

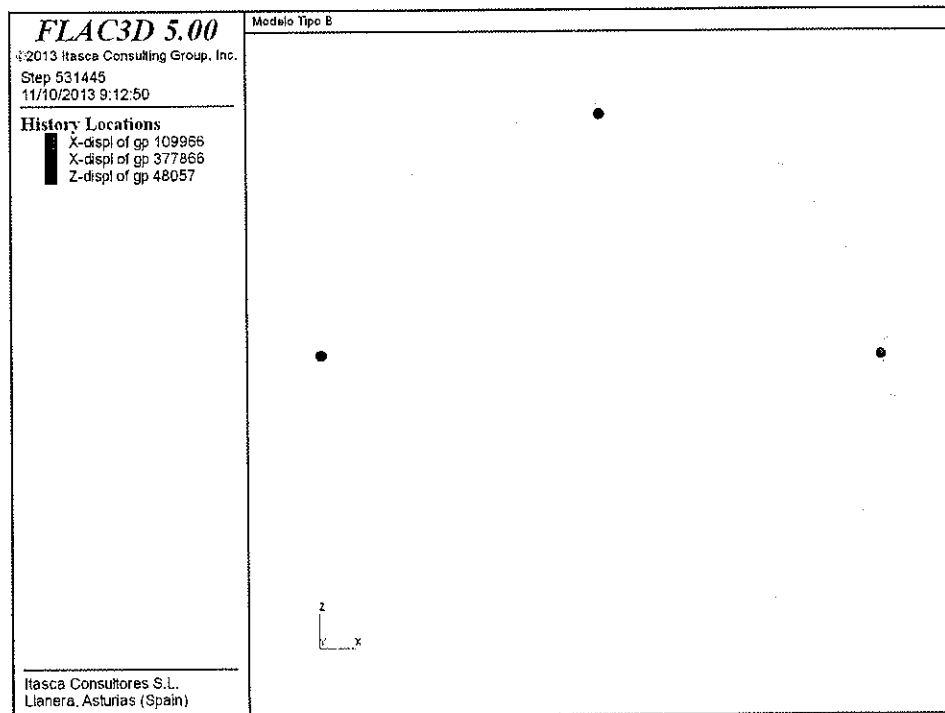


Figura 3.2-8. Sección tipo B. Localización puntos de control en el sostenimiento.

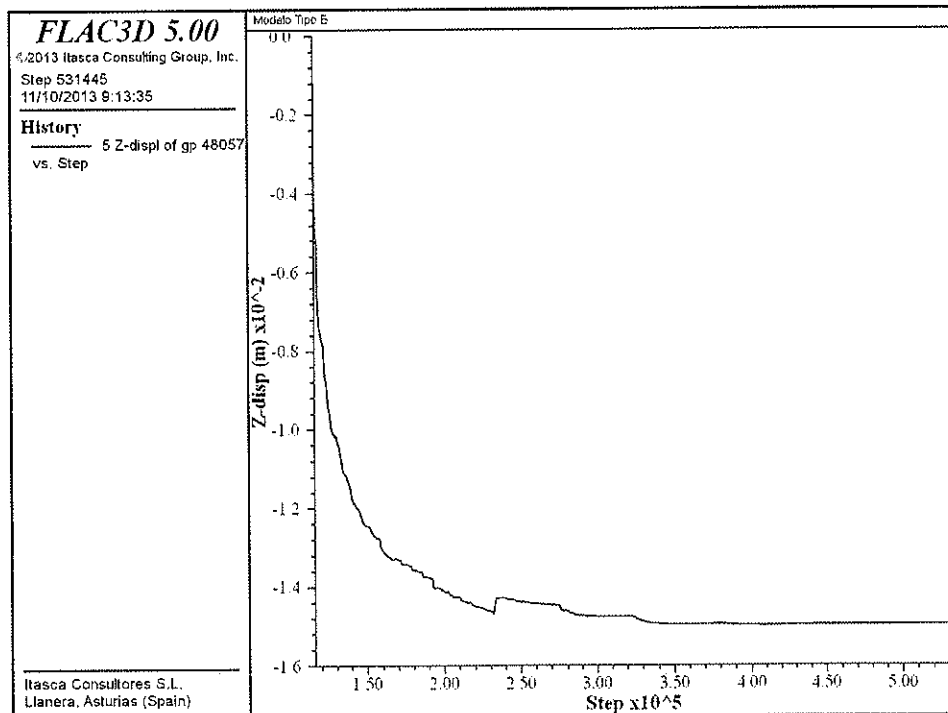


Figura 3.2-9. Sección tipo B. Evolución monitoreo bajada de clave



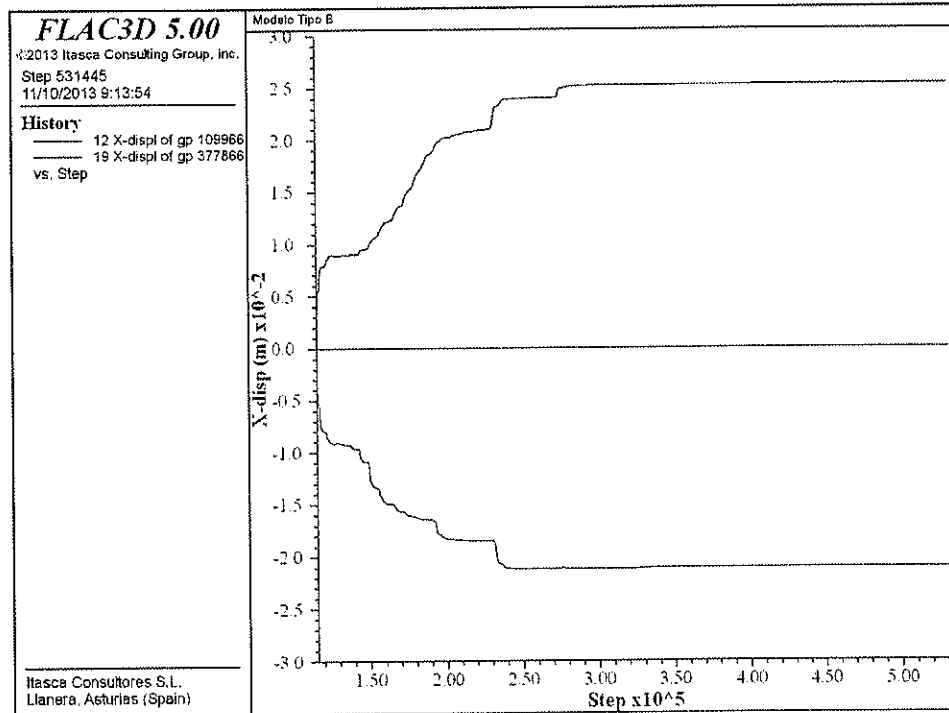


Figura 3.2-10. Sección tipo B. Evolución monitoreo bóveda en hombros.

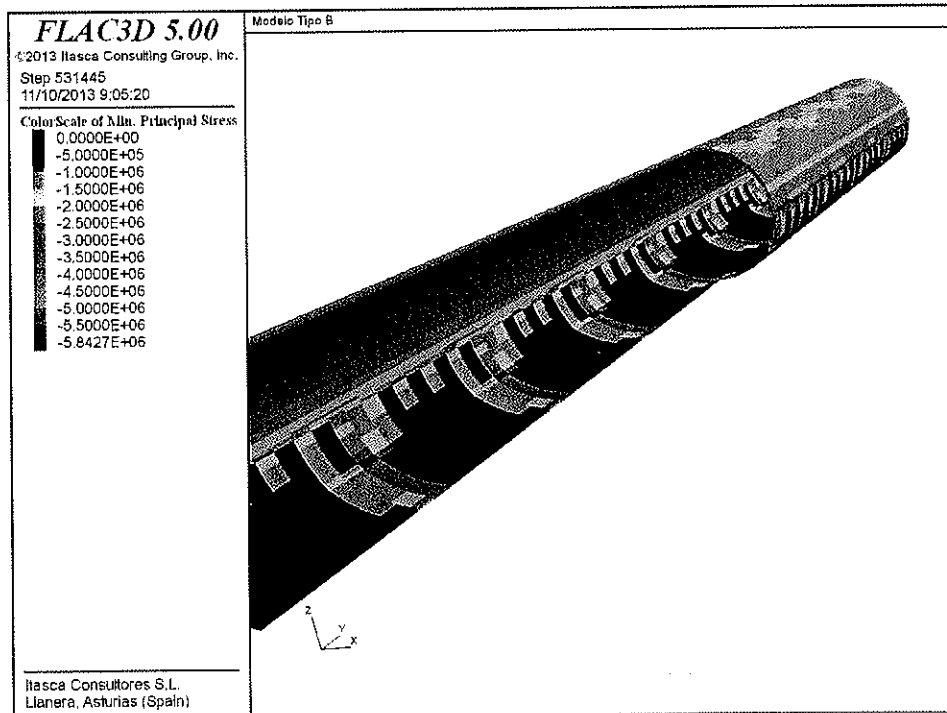


Figura 3.2-11. Sección tipo B. Compresiones en el hormigón (en Pa).

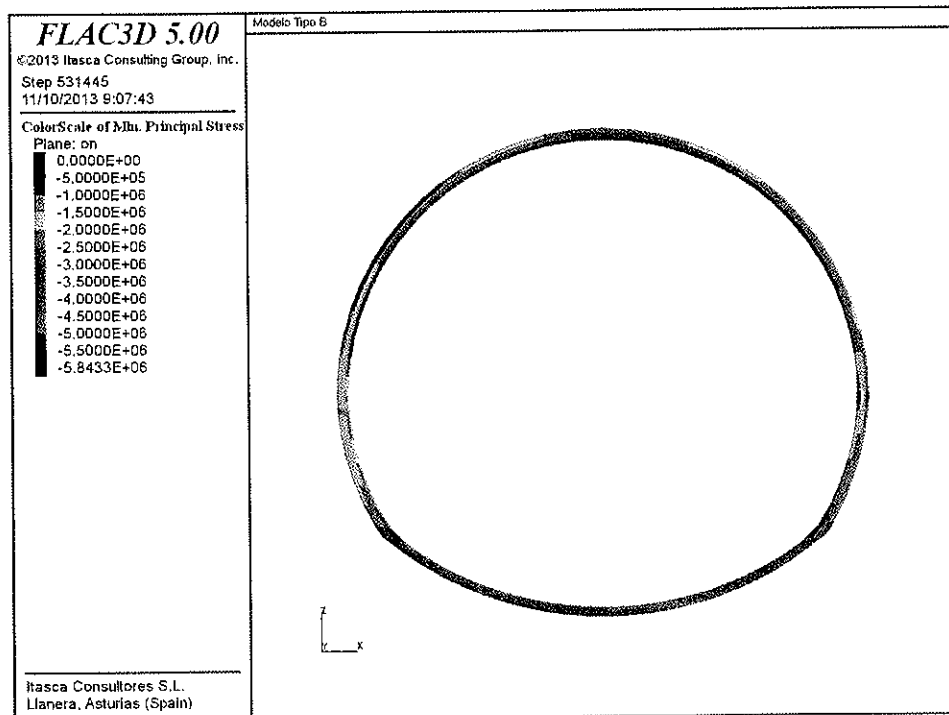


Figura 3.2-12. Sección tipo B. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central.

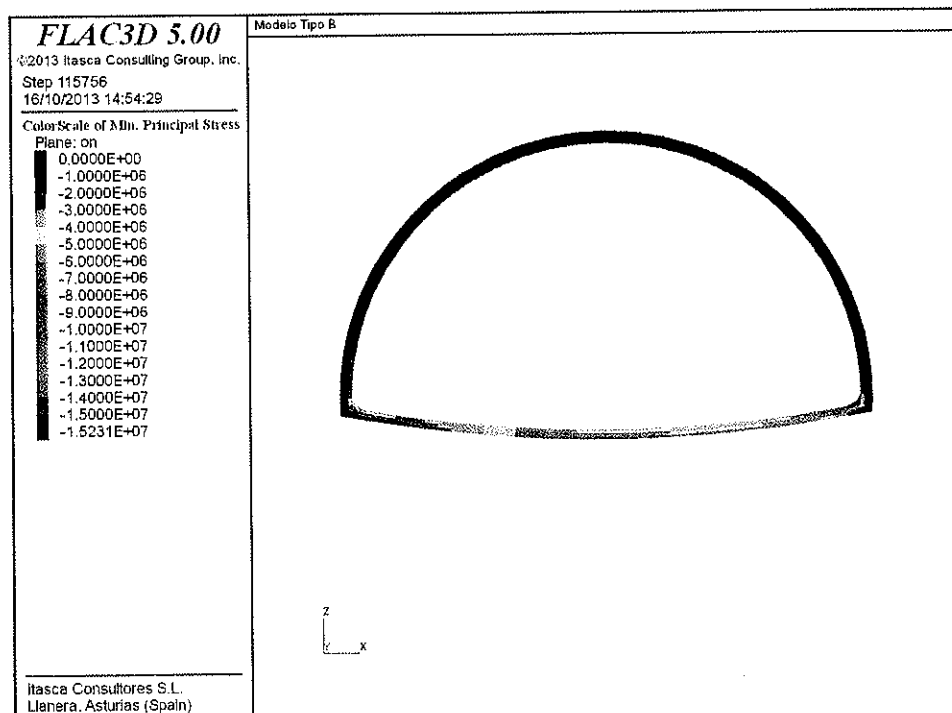


Figura 3.2-13. Sección tipo B. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central. Fase intermedia del avance.



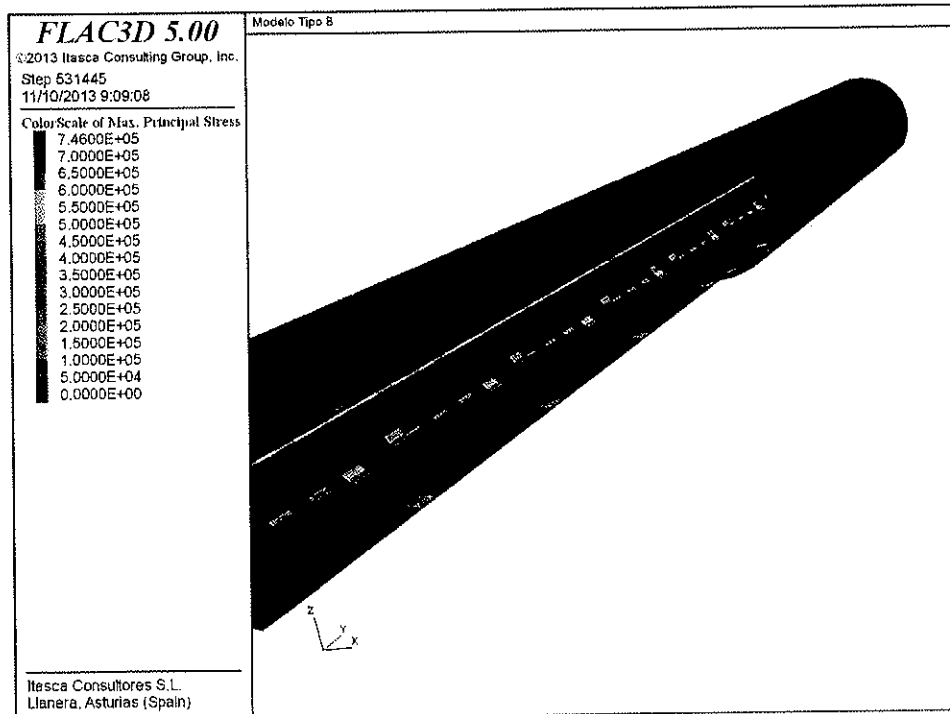


Figura 3.2-14. Sección tipo B. Tracciones en el hormigón (en Pa).

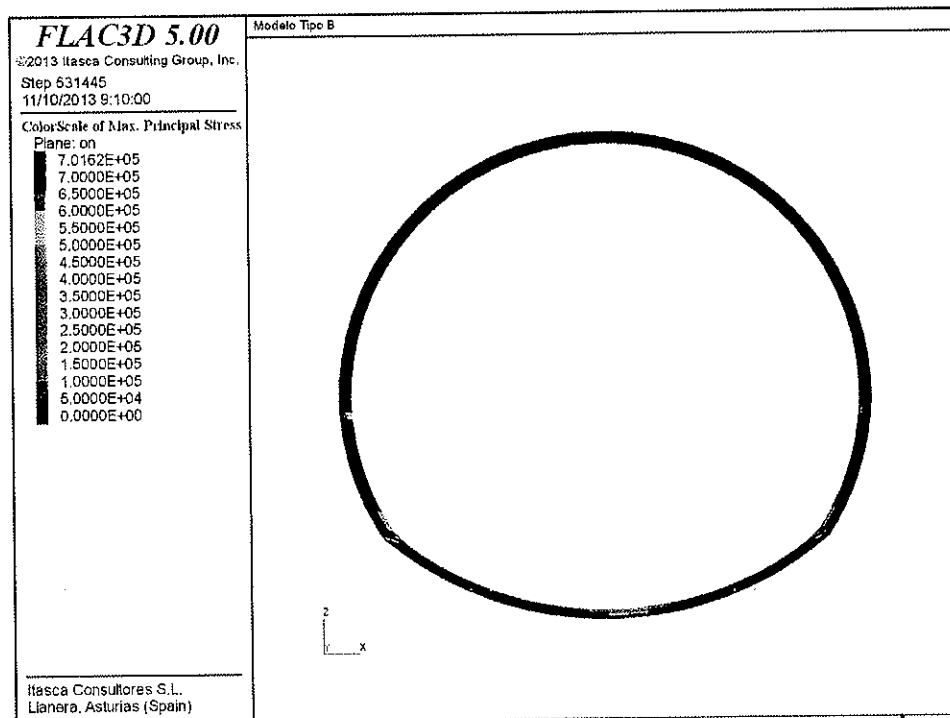


Figura 3.2-15. Sección tipo B. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central.

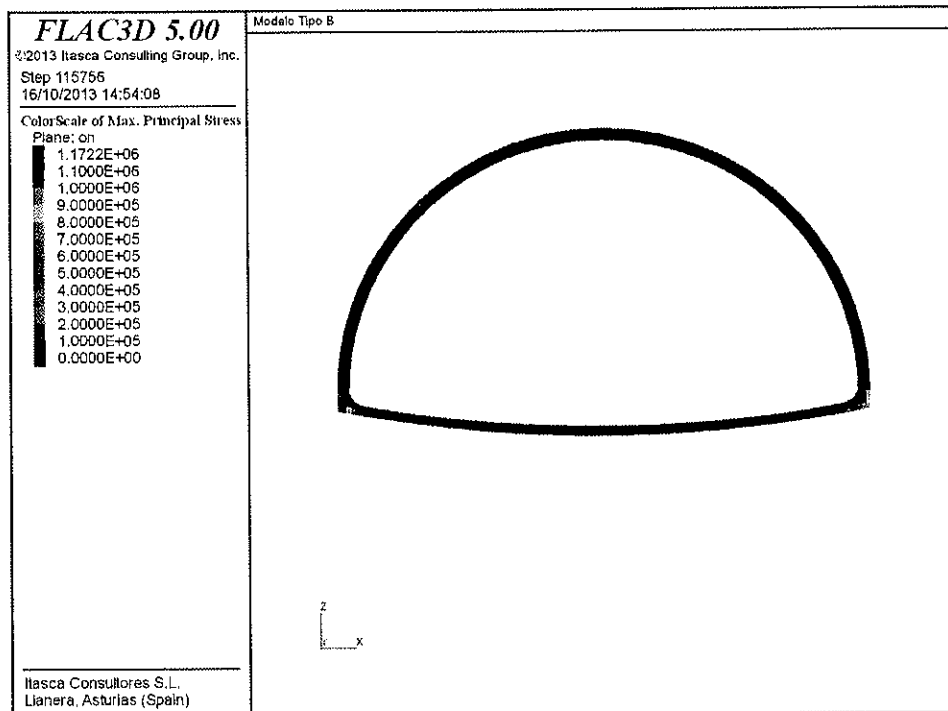


Figura 3.2-16. Sección tipo B. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central. Fase intermedia del avance.

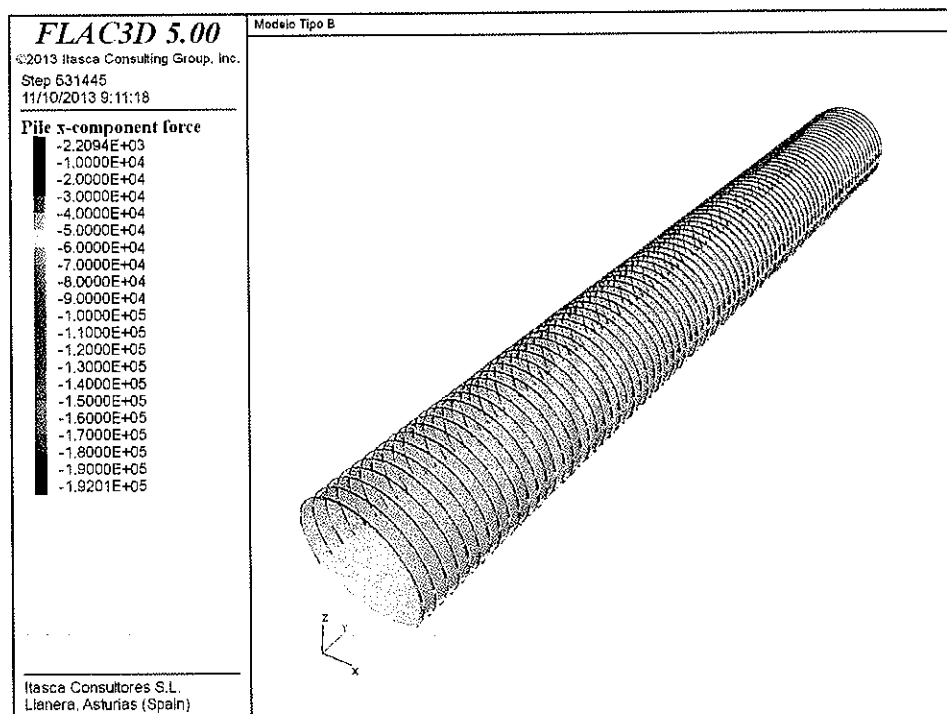


Figura 3.2-17. Sección tipo B. Distribución de axiles en las cerchas (en N).

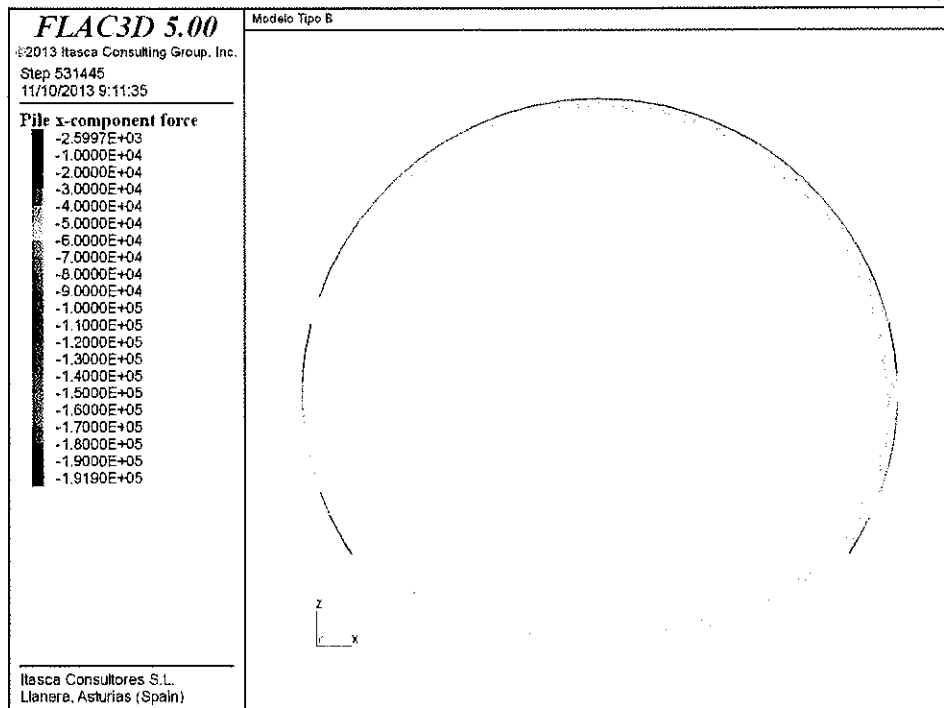


Figura 3.2-18. Sección tipo B. Distribución de axiles en las cerchas (en N). Sección central.

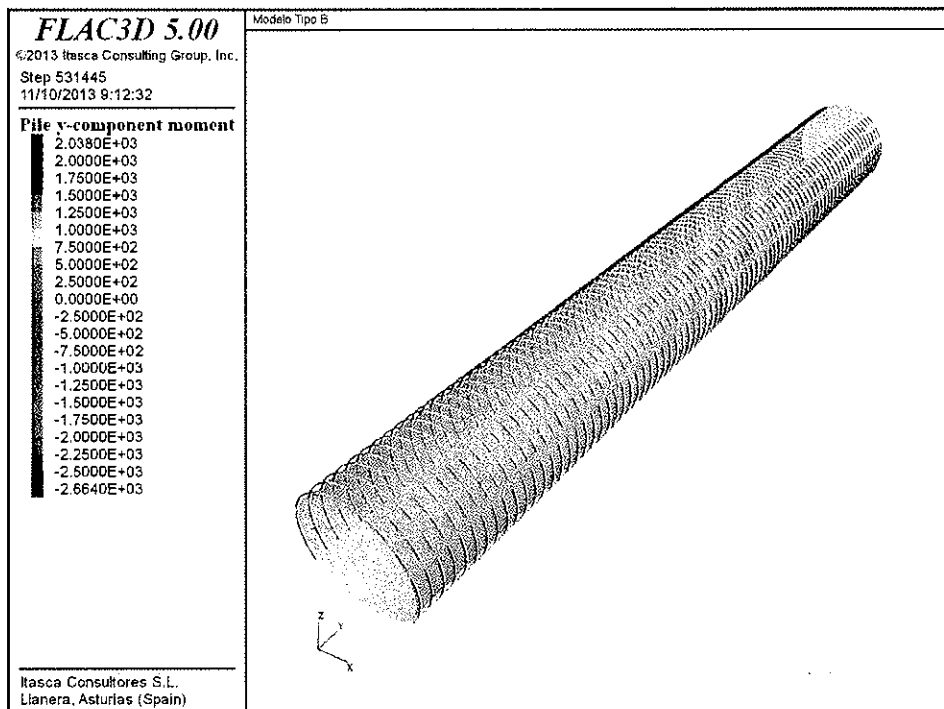


Figura 3.2-19. Sección tipo B. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N).

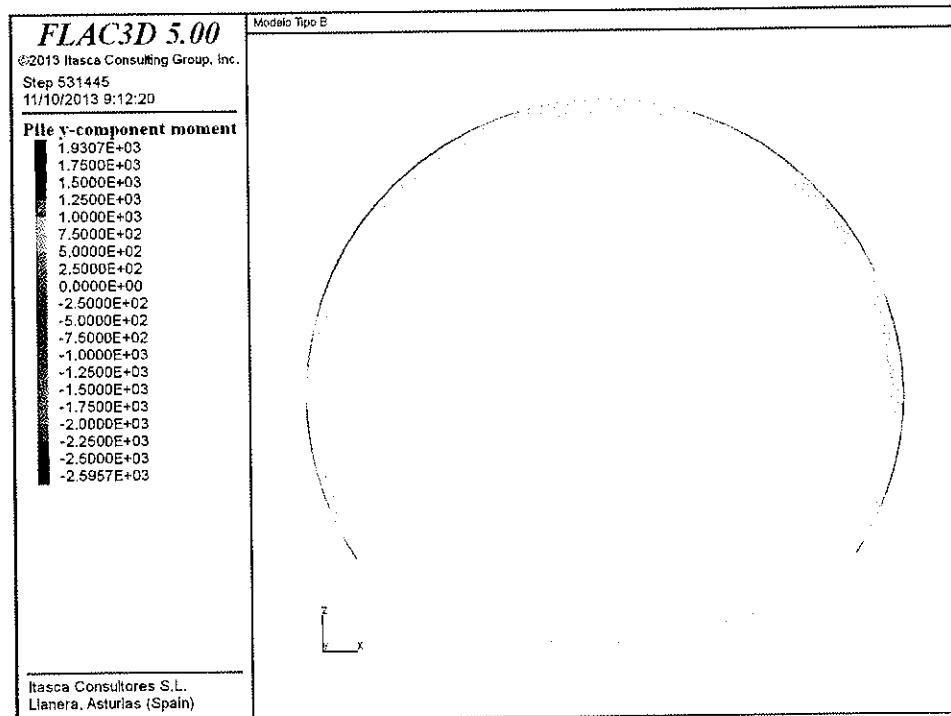


Figura 3.2-20. Sección tipo B. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N). Sección central.

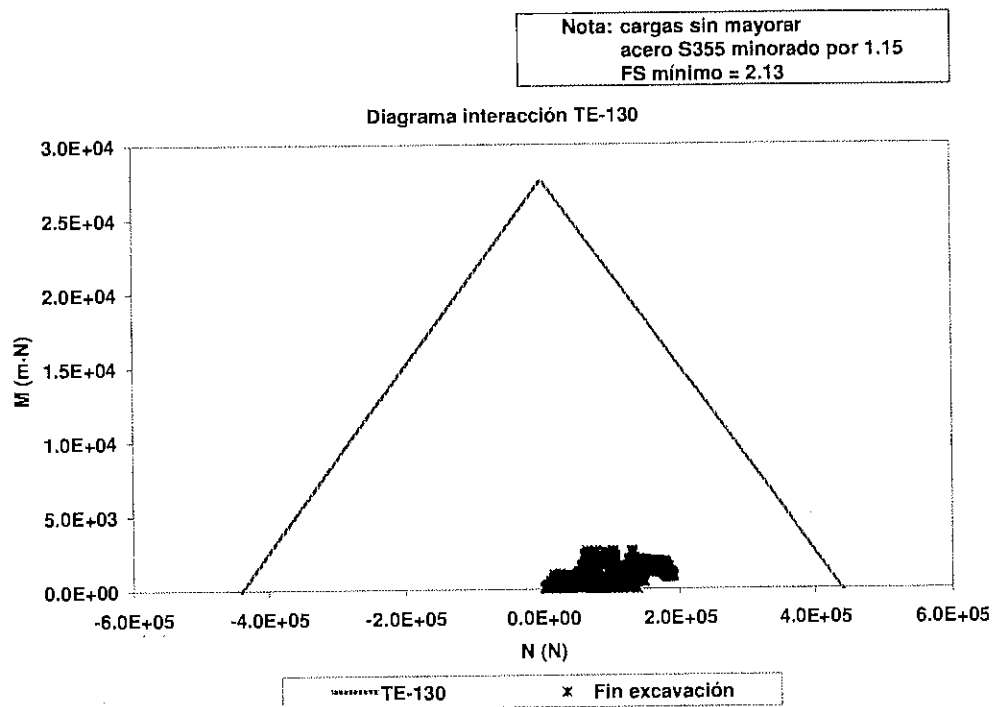


Figura 3.2-21. Sección tipo B. Diagrama de interacción de las cerchas.

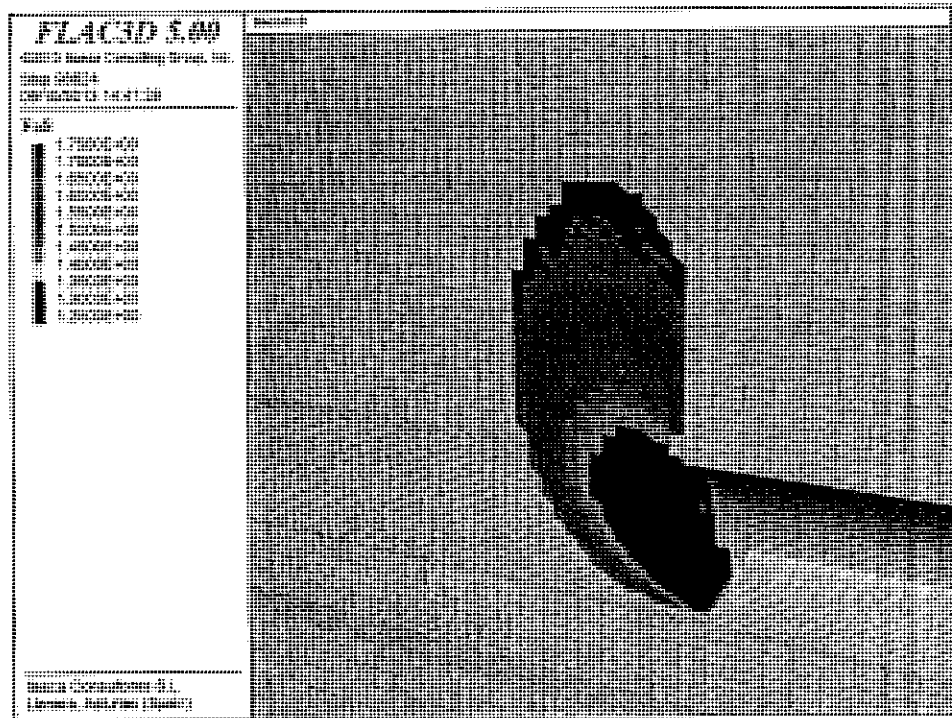


Figura 3.2-22. Sección tipo B. Factor de seguridad del frente de avance.

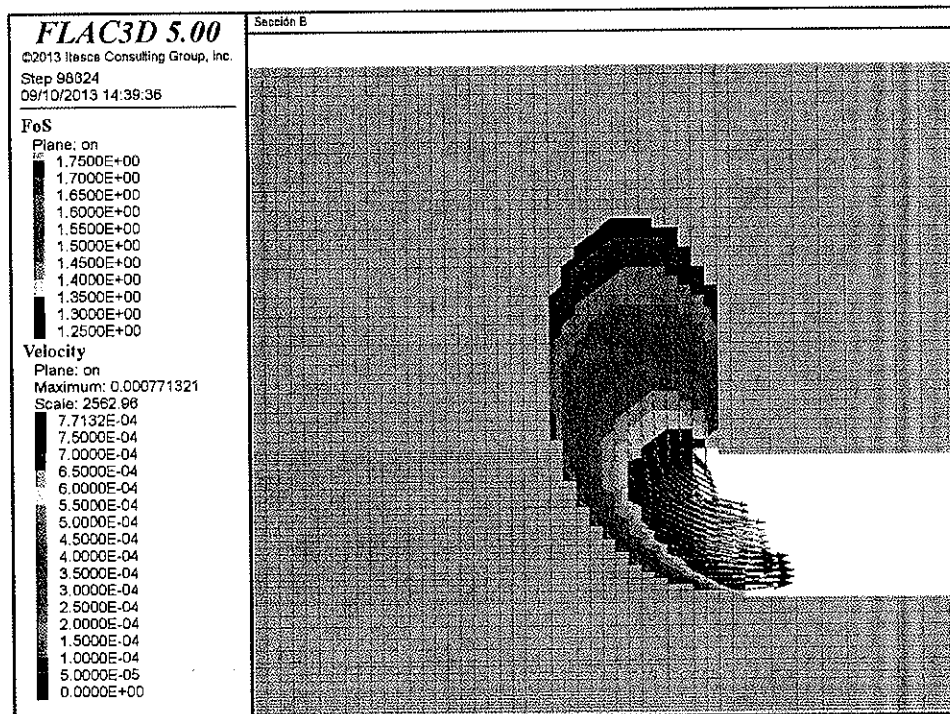


Figura 3.2-23. Sección tipo B. Factor de seguridad del frente de avance. Superficie potencial de rotura.

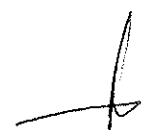
### 3.3 Sección tipo B2

			Máximo	Figura Nº	Observaciones
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	26.0	3.3-1/3.3-4	Localizados sobre clave
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	25.5	3.3-2/3.3-5	Localizados en el hastial de destroza
		Desp. Vertical en superficie (mm)	12.3	3.3-4	Máximo sobre clave
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	5.7	3.3-5	Máximo a 13 m del eje del túnel
		Plastificación	1-1.5 m	3.3-6/3.3-7	Alrededor de la excavación
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5	3.3-14/3.3-15	Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales (0.7 MPa) en la unión hastial-contrabóveda
		Compresiones (MPa)	3.9	3.3-11/3.3-12	Máximo localizado en la unión hastial-contrabóveda En la bóveda máximos de 3.5 MPa
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	20	3.3-10	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
		Bajada de clave medible (mm)	12.5	3.3-9	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
	Cerchas TE-130	Axil (T)	18.0	3.3-17/3.3-18	Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes En diagrama de Interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=2.33
Flector (m*T)		0.24	3.3-19/3.3-20		

**Tabla 3.3-1. Sección tipo B2. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

Teniendo en cuenta las hipótesis consideradas en este modelo numérico (propiedades del terreno, geometría, cuantías de sostenimiento, longitud del pase de excavación, etc.), del cálculo realizado se concluye lo siguiente:

- El desplazamiento vertical máximo en la sección es de 26 mm sobre clave
- El desplazamiento horizontal máximo es de 25.5 mm en el hastial de destroza.
- El desplazamiento del frente de avance medio es de 40-50 mm.
- En superficie, estas deformaciones se traducen en un asiento máximo de 12.3 mm y un desplazamiento horizontal máximo de 5.7 mm.
- La bajada de clave máxima en el sostenimiento es de 12.5 mm. La semi-convergencia medible máxima en el avance es de 20 mm. En el modelo, se considera que la lectura de los puntos de monitoreo comienzan a una distancia de 0 m del frente.
- Las compresiones máximas en el sostenimiento son de 3.9 MPa en la unión hastial-contrabóveda. En los hombros de la bóveda, el máximo calculado es de 3.5 MPa.
- Las tracciones son prácticamente nulas en toda la sección, salvo en la unión entre el hastial y la contrabóveda, con máximos de 0.65 MPa.



- Representando los axiles y flectores concomitantes de todos los elementos de cercha en un diagrama de interacción y teniendo en cuenta la resistencia de la cercha, se obtienen factores de seguridad mínimos de  $FS=2.33$ .

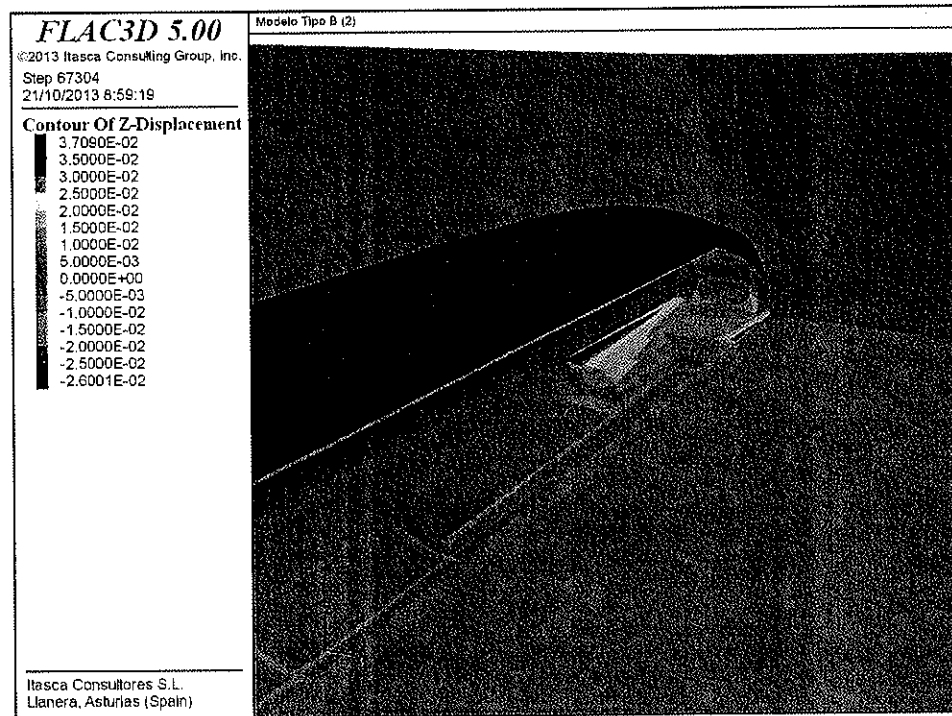
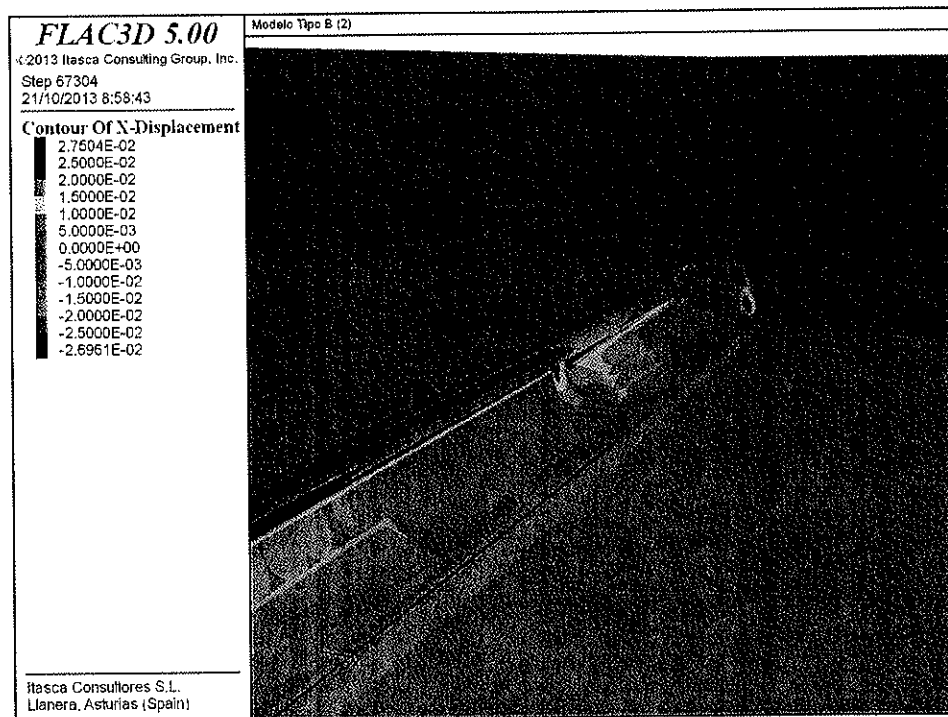
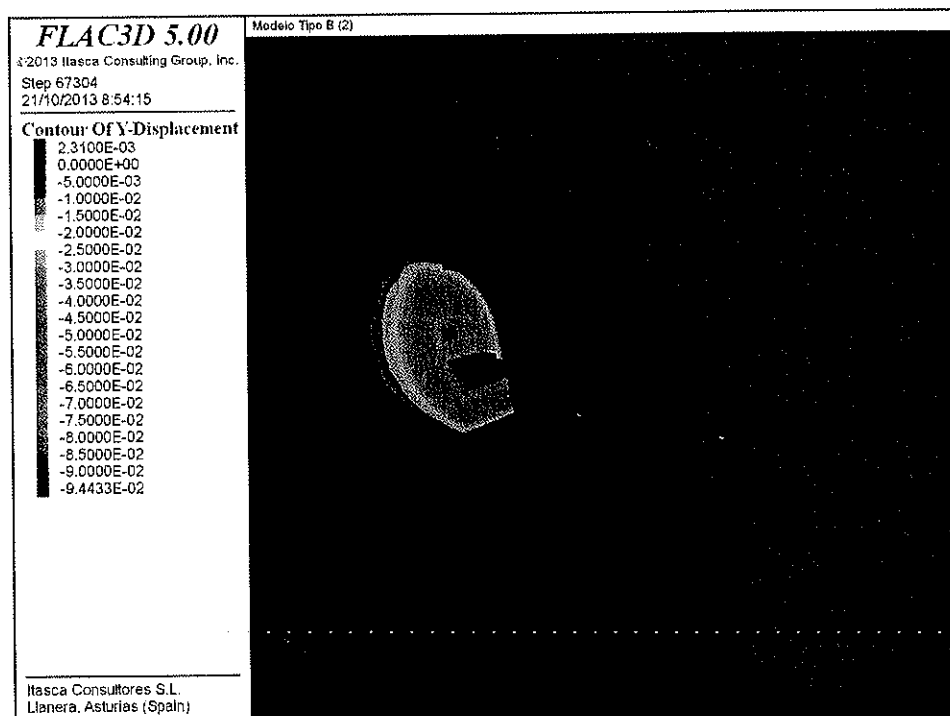


Figura 3.3-1. Sección tipo B2. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Fase intermedia

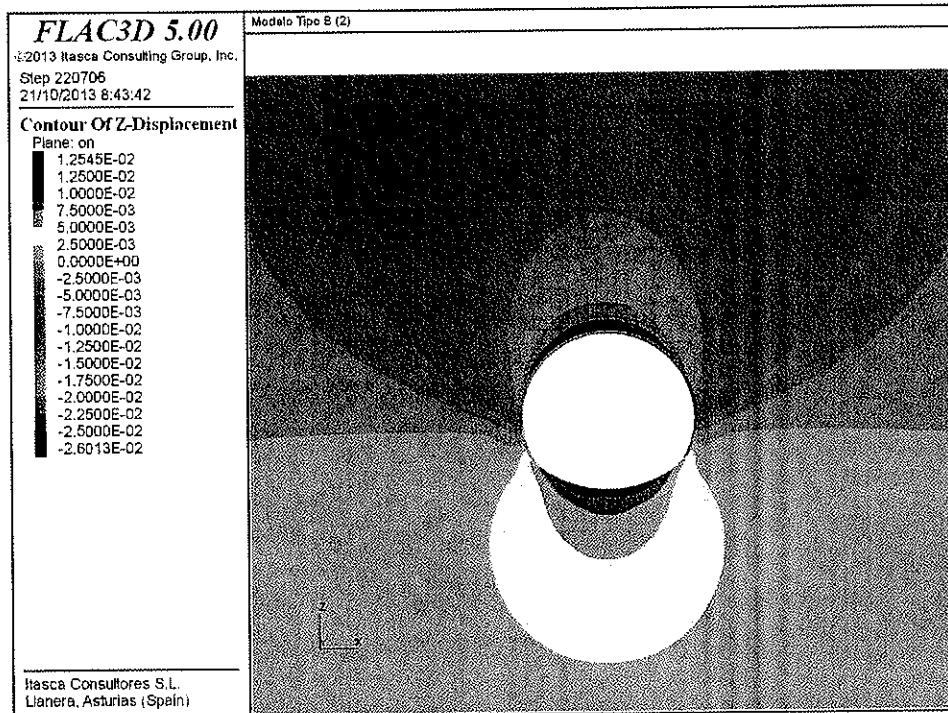


**Figura 3.3-2. Sección tipo B2. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Fase intermedia.**

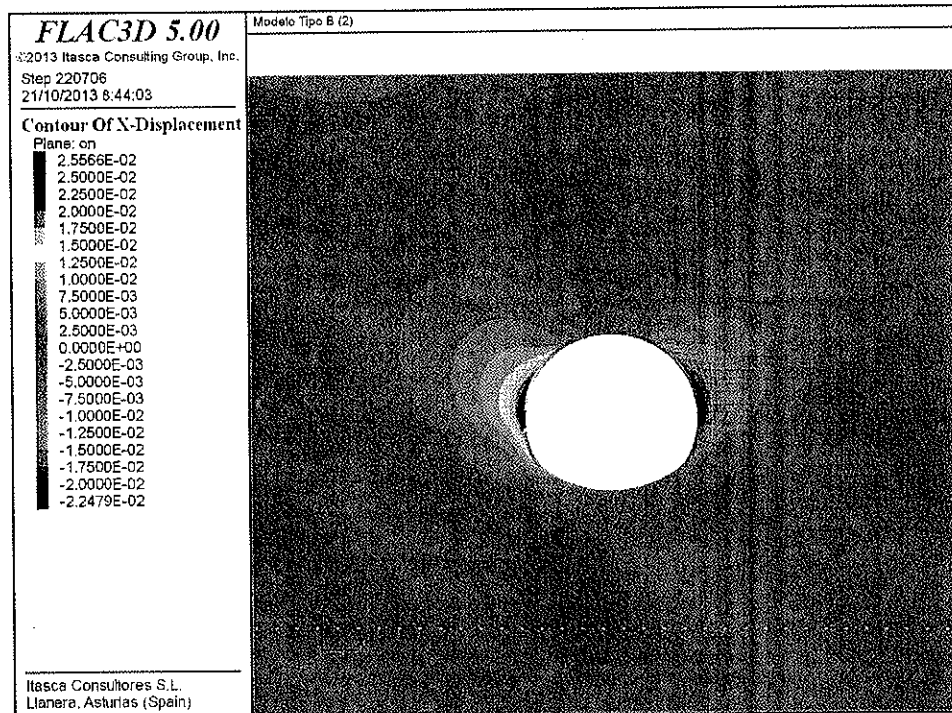


**Figura 3.3-3. Sección tipo B2. Desplazamiento horizontal longitudinal del terreno (en m). Fase intermedia.**





*Figura 3.3-4. Sección tipo B2. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.*



*Figura 3.3-5. Sección tipo B2. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.*



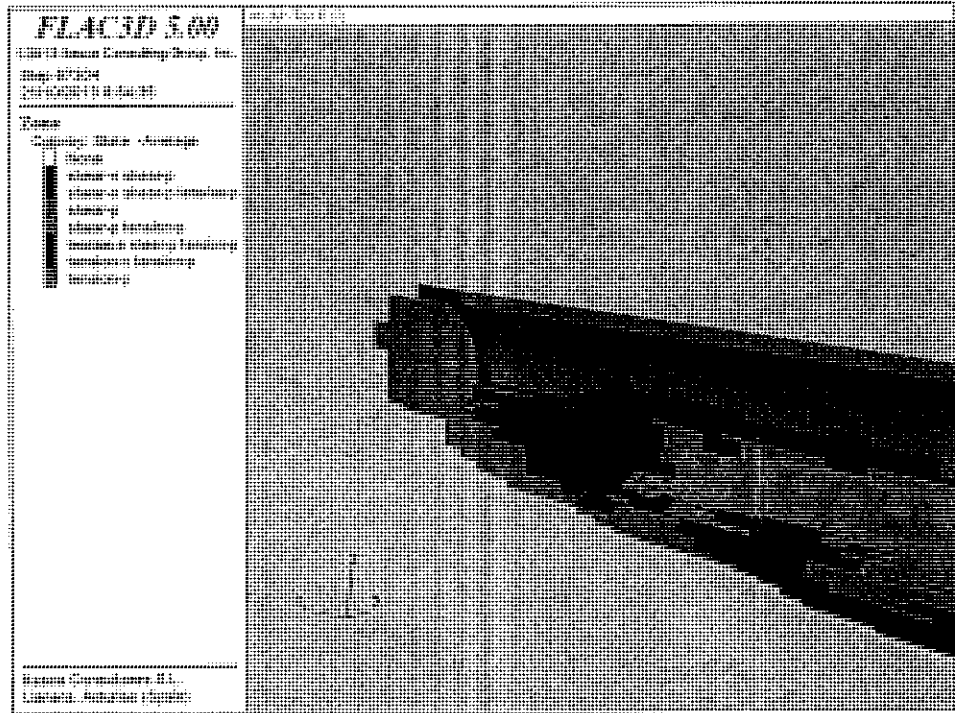


Figura 3.3-6. Sección tipo B2. Elementos plastificados en el terreno. Fase intermedia.

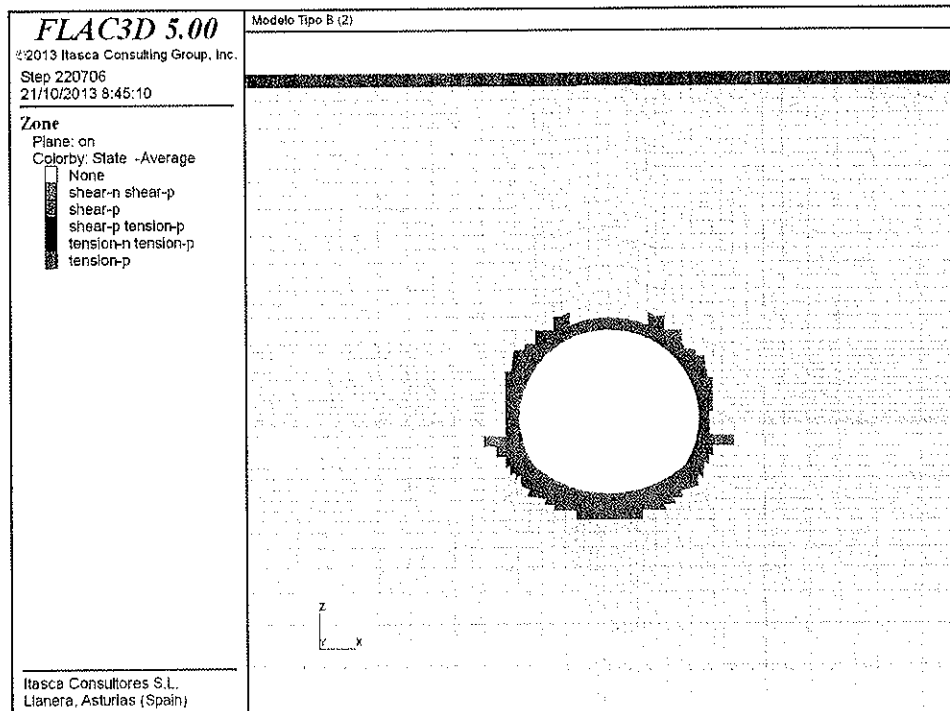


Figura 3.3-7. Sección tipo B2. Elementos plastificados en el terreno. Fase final.

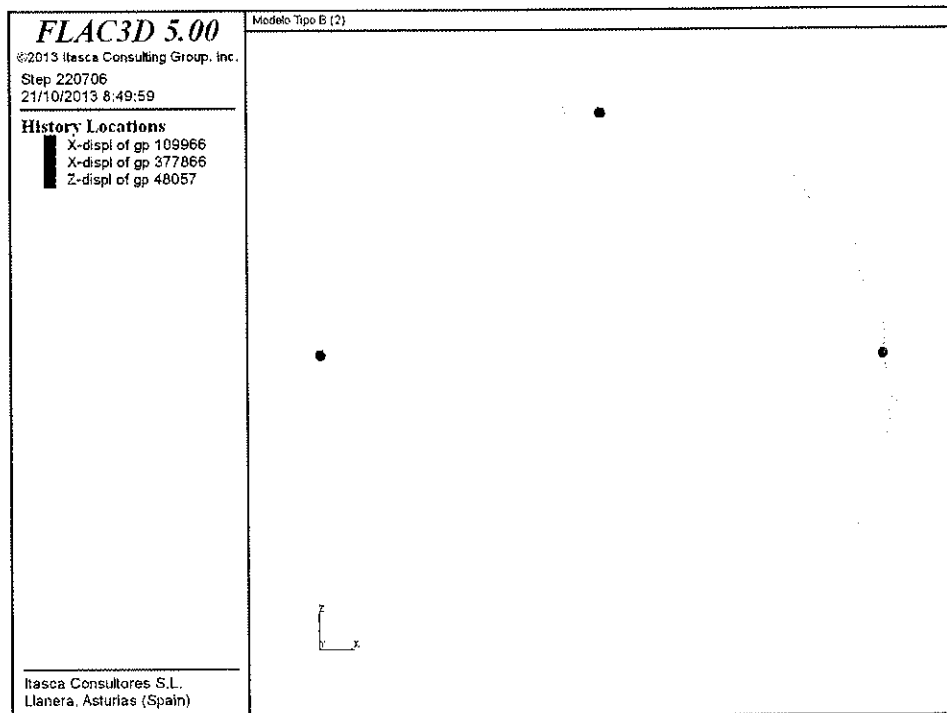


Figura 3.3-8. Sección tipo B2. Localización puntos de control en el sostenimiento.

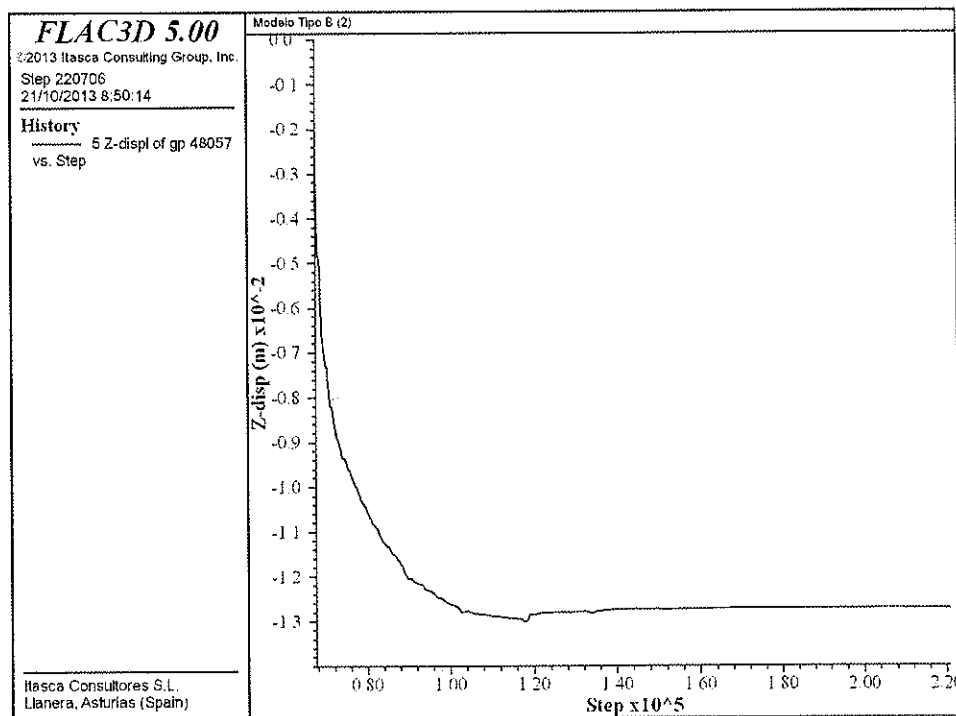




Figura 3.3-9. Sección tipo B2. Evolución monitoreo bajada de clave

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

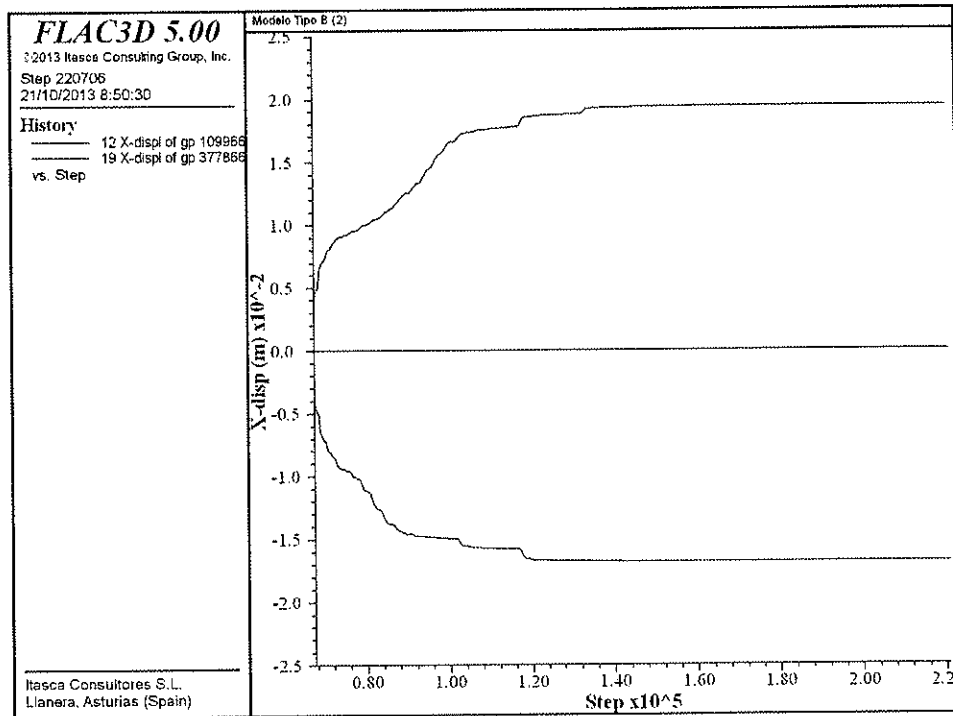


Figura 3.3-10. Sección tipo B2. Evolución monitoreo bóveda en hombros.

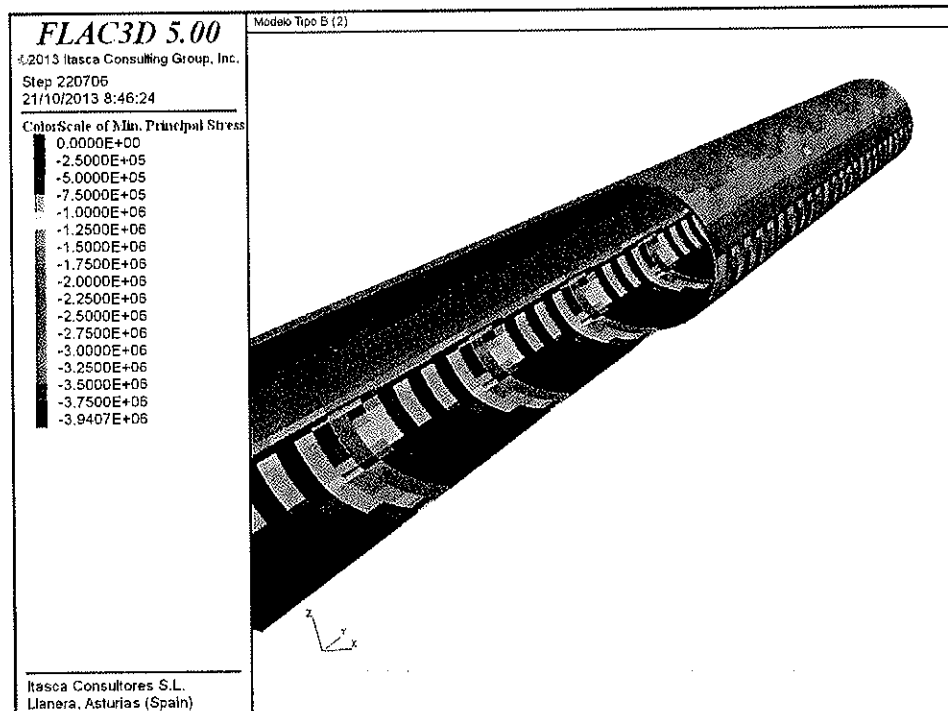


Figura 3.3-11. Sección tipo B2. Compresiones en el hormigón (en Pa).

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



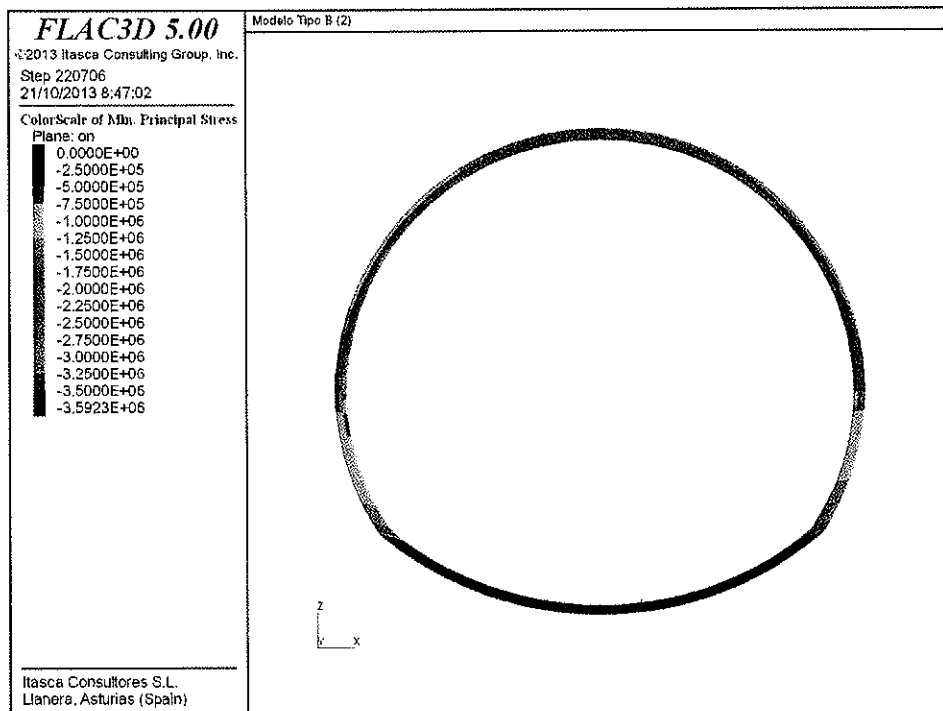


Figura 3.3-12. Sección tipo B2. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central.

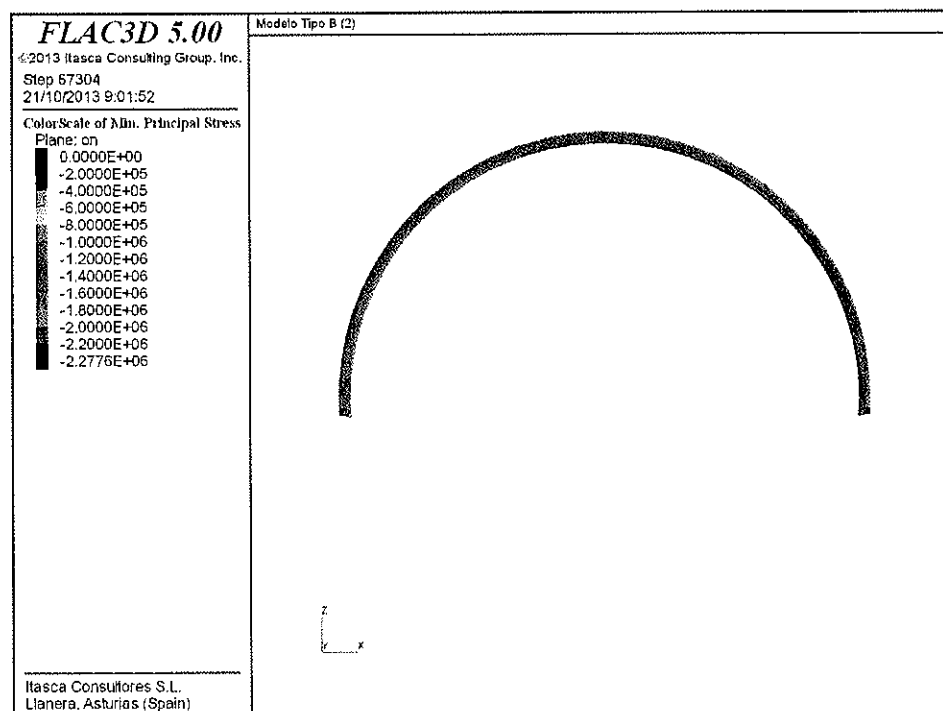


Figura 3.3-13. Sección tipo B2. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central.  
Fase intermedia del avance.

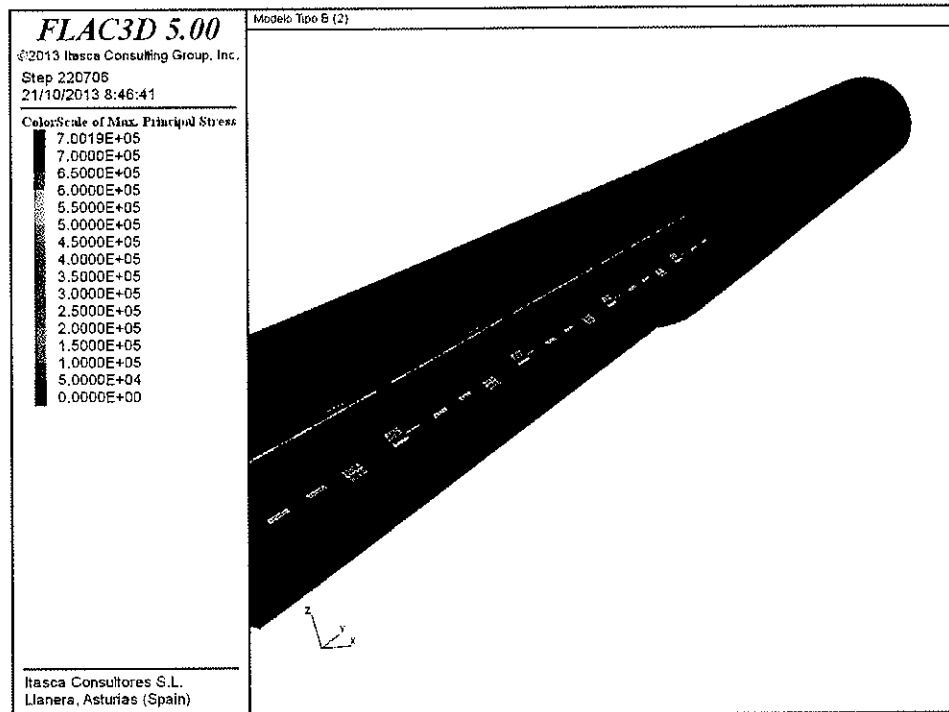


Figura 3.3-14. Sección tipo B2. Tracciones en el hormigón (en Pa).

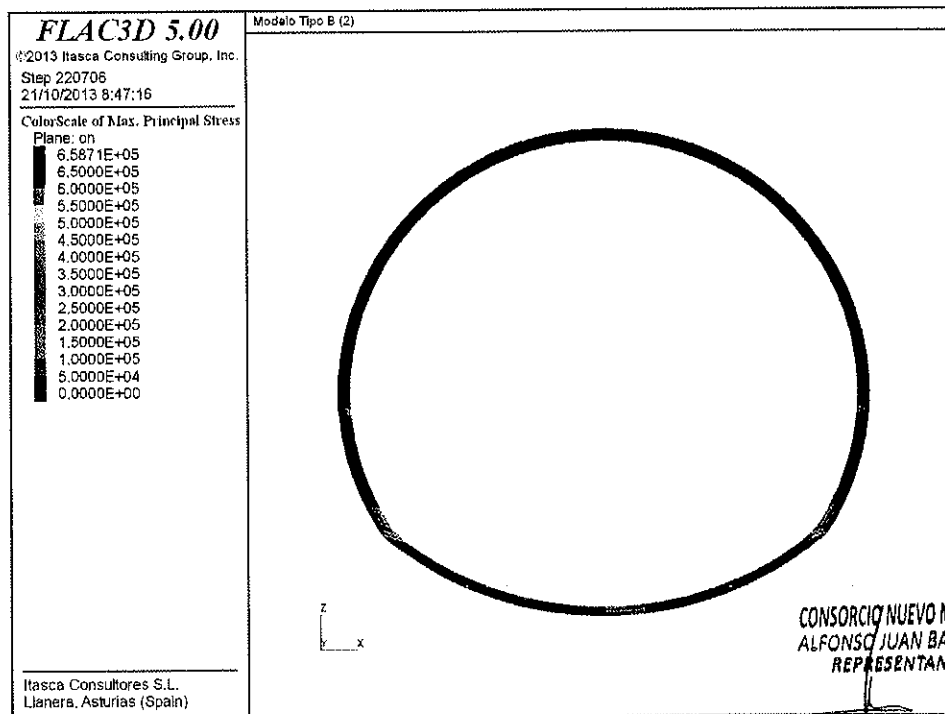


Figura 3.3-15. Sección tipo B2. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central.

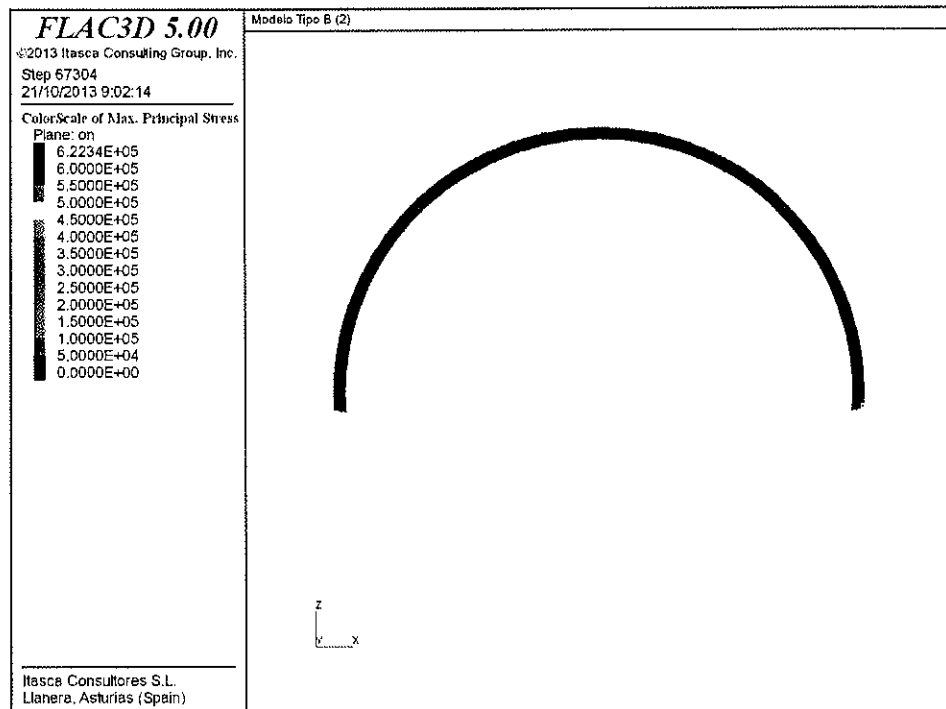


Figura 3.3-16. Sección tipo B2. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central. Fase intermedia del avance.

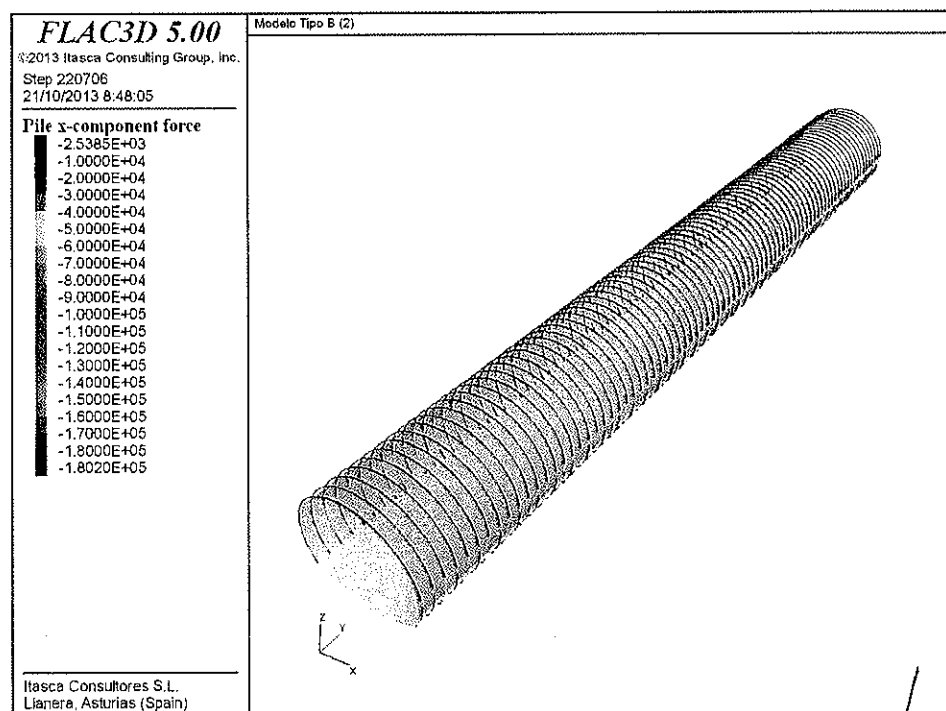


Figura 3.3-17. Sección tipo B2. Distribución de axiles en las cerchas (en N).



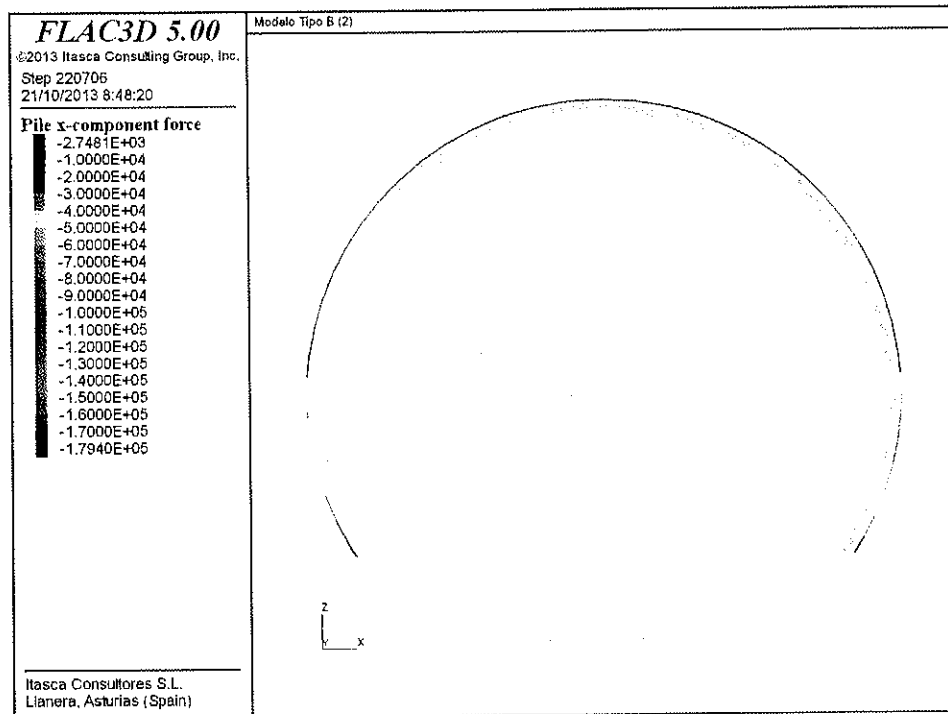


Figura 3.3-18. Sección tipo B2. Distribución de axiles en las cerchas (en N). Sección central.

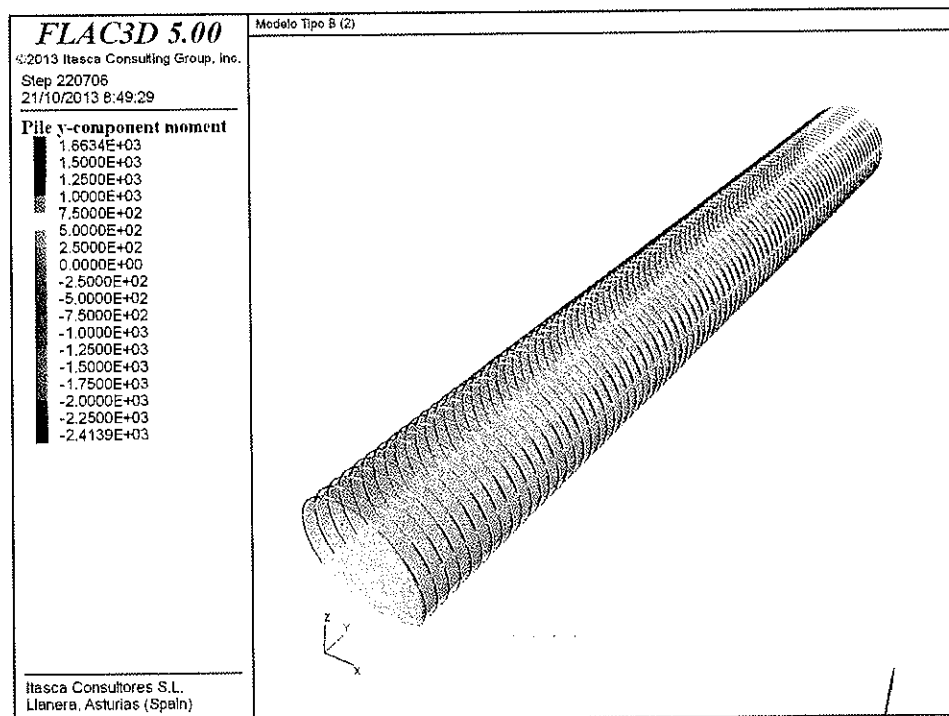


Figura 3.3-19. Sección tipo B2. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N).



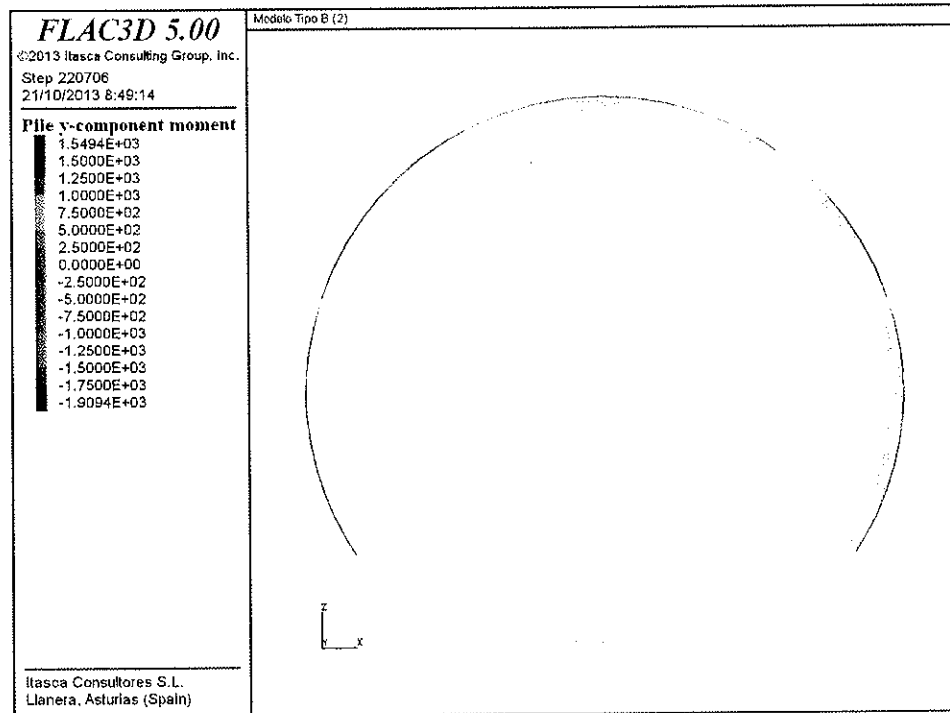


Figura 3.3-20. Sección tipo B2. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N). Sección central.

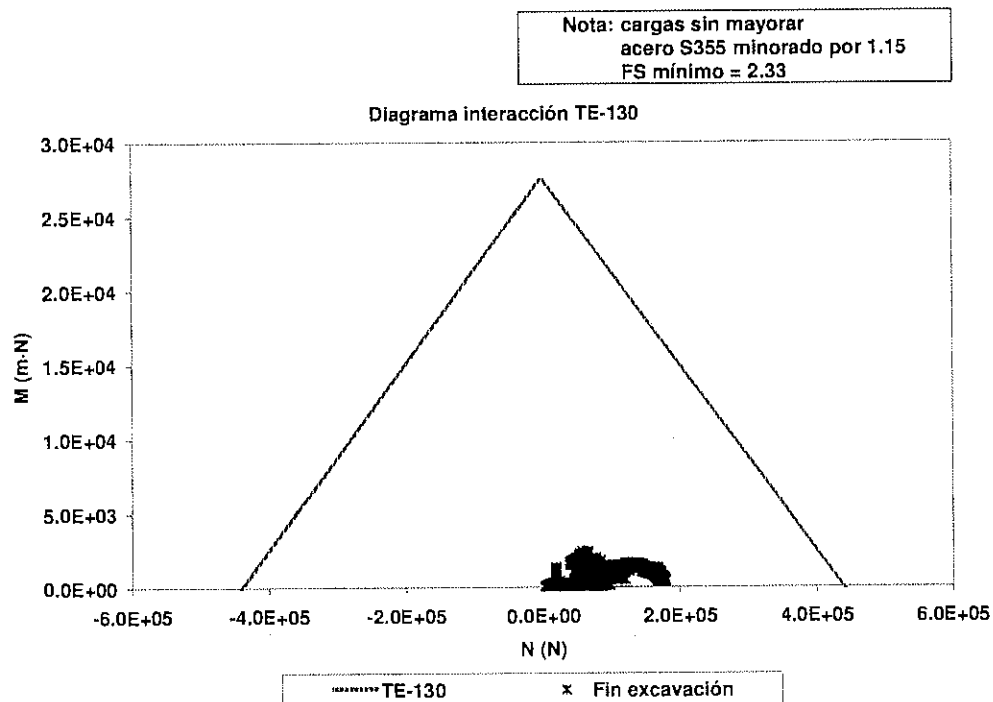


Figura 3.3-21. Sección tipo B2. Diagrama de interacción de las cerchas.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 3.4 Sección tipo Caverna

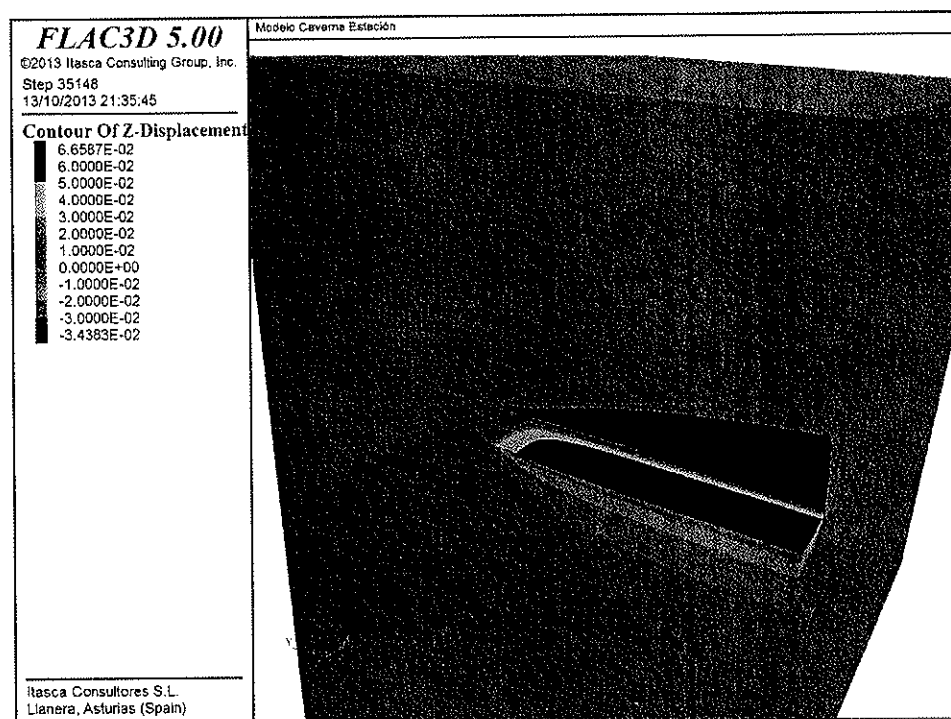
			Máximo	Figura Nº	Observaciones
Fase Final Avance	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	35.7	3.4-1/3.4-4	Localizados sobre clave
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	11.3	3.4-2/3.4-5	Localizados sobre el hombro de la bóveda
		Desp. Vertical en superficie (mm)	12.2	3.4-4	Descenso bastante homogéneo de todo el terreno sobre la bóveda, parece indicar un cierto hincamiento de la bóveda en el terreno
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	5.6	3.4-5	Máximo a 24 m del eje del túnel
		Plastificación	1.5 m	3.4-7/3.4-8	Sobre clave, 5 m bajo la solera del avance
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.03	3.4-14/3.4-15	Las tracciones son nulas en prácticamente toda la sección Máximos puntuales cara interior del hombro Máximo localizado en la base de la bóveda En la bóveda máximos de 3.8 MPa
		Compresiones (MPa)	4.9	3.4-12/3.4-13	
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	6.9	3.4-11	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
		Bajada de clave medible (mm)	23.5	3.4-10	Lectura tomada a una distancia de 0 m del frente de avance
	Cerchas TE-130	Axil (T)	25.6	3.4-16/3.4-17	Estos valores corresponden a los máximos, no tienen porque ser concomitantes
		Flector (m*T)	0.15	3.4-18/3.4-19	En diagrama de Interacción, con valores concomitantes, se obtiene un FS=1.60
Factor de seguridad del frente		1.4	3.4-21/3.4-22	Se considera una fase intermedia con el pase de avance abierto (1 m)	

**Tabla 3.4-1. Sección tipo caverna. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

Teniendo en cuenta las hipótesis consideradas en este modelo numérico (propiedades del terreno, geometría, cuantías de sostenimiento, longitud del pase de excavación, etc.), del cálculo realizado se concluye lo siguiente:

- El desplazamiento vertical máximo, al final del avance, en la sección es de 35.7 mm sobre clave
- El desplazamiento horizontal máximo es de 11.3 mm en hombro de la bóveda.
- El desplazamiento del frente de avance medio es de 54 mm.
- En superficie, estas deformaciones se traducen en un asiento máximo de 12.2 mm y un desplazamiento horizontal máximo de 5.6 mm.
- La bajada de clave máxima en el sostenimiento es de 23.5 mm. La semi-convergencia medible máxima en el avance es de 7 mm. En el modelo, se considera que la lectura de los puntos de monitoreo comienzan a una distancia de 0 m del frente.
- Se produce cierto hincamiento de la bóveda en el terreno, que se refleja en un desplazamiento vertical en la base de apoyo de la misma.
- Las compresiones máximas en el sostenimiento son de 4.9 MPa en la base de apoyo de la bóveda. En la bóveda, el máximo calculado es de 3.8 MPa.

- Las tracciones son prácticamente nulas en toda la sección. En el intradós del hombro se obtienen máximos de 0.03 MPa.
- Representando los axiles y flectores concomitantes de todos los elementos de cercha en un diagrama de interacción y teniendo en cuenta la resistencia de la cercha, se obtienen factores de seguridad mínimos de  $FS=1.60$ .
- El análisis de la estabilidad del frente da como resultado un FS mínimo en el frente de 1.40



*Figura 3.4-1. Sección tipo caverna. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Fase intermedia*

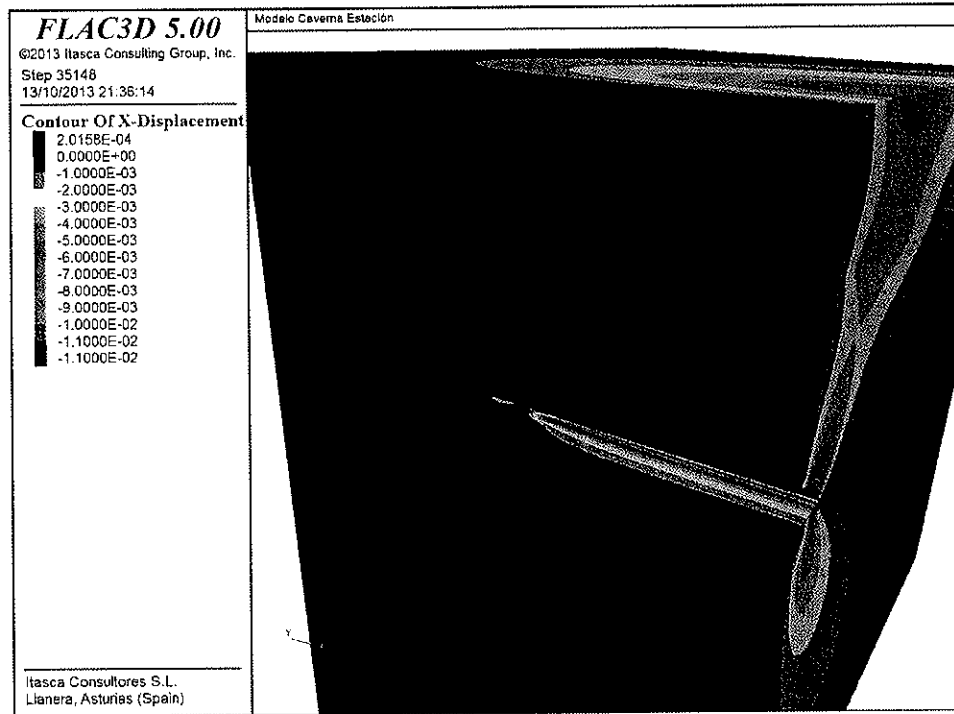


Figura 3.4-2. Sección tipo caverna. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Fase intermedia.

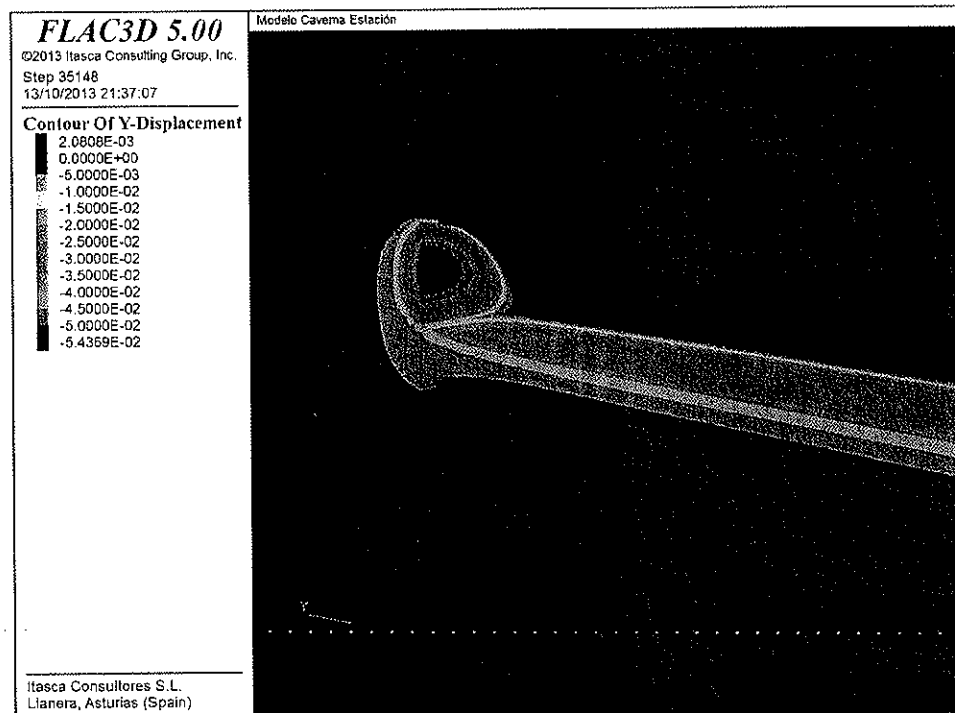


Figura 3.4-3. Sección tipo caverna. Desplazamiento horizontal longitudinal del terreno (en m). Fase intermedia.

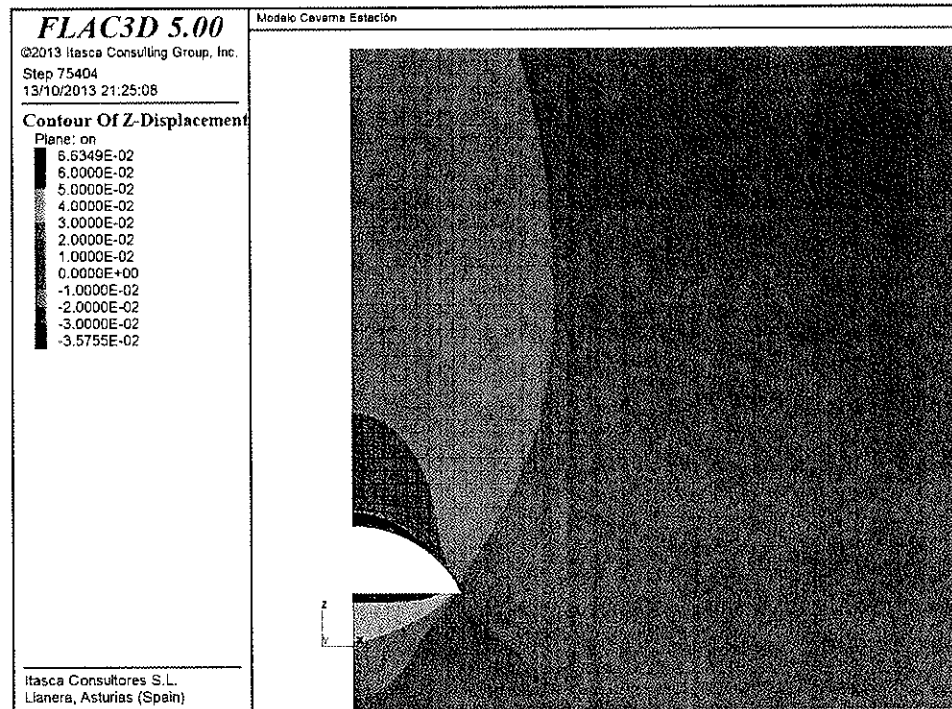


Figura 3.4-4. Sección tipo caverna. Desplazamiento vertical del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.

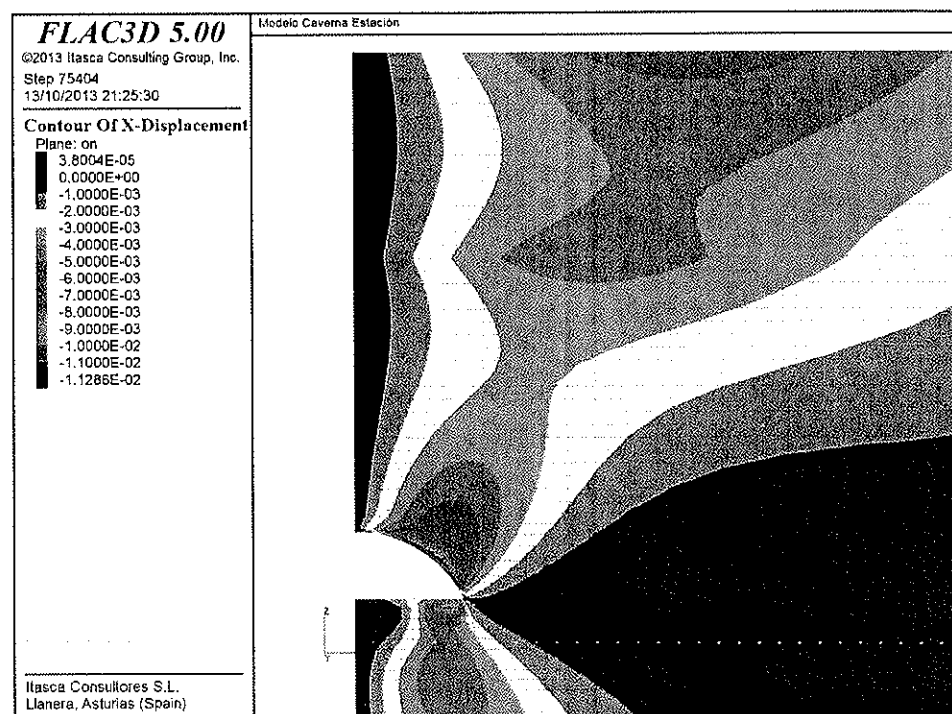


Figura 3.4-5. Sección tipo caverna. Desplazamiento horizontal transversal del terreno (en m). Sección vertical. Fase final.

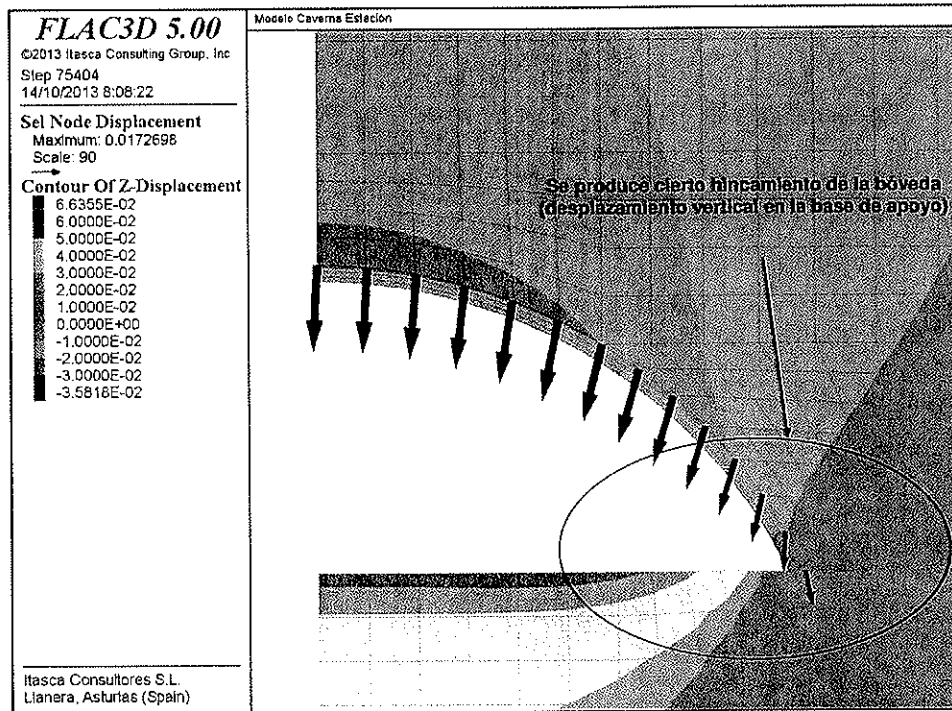


Figura 3.4-6. Sección tipo caverna. Desplazamiento vertical de la bóveda en una sección intermedia.

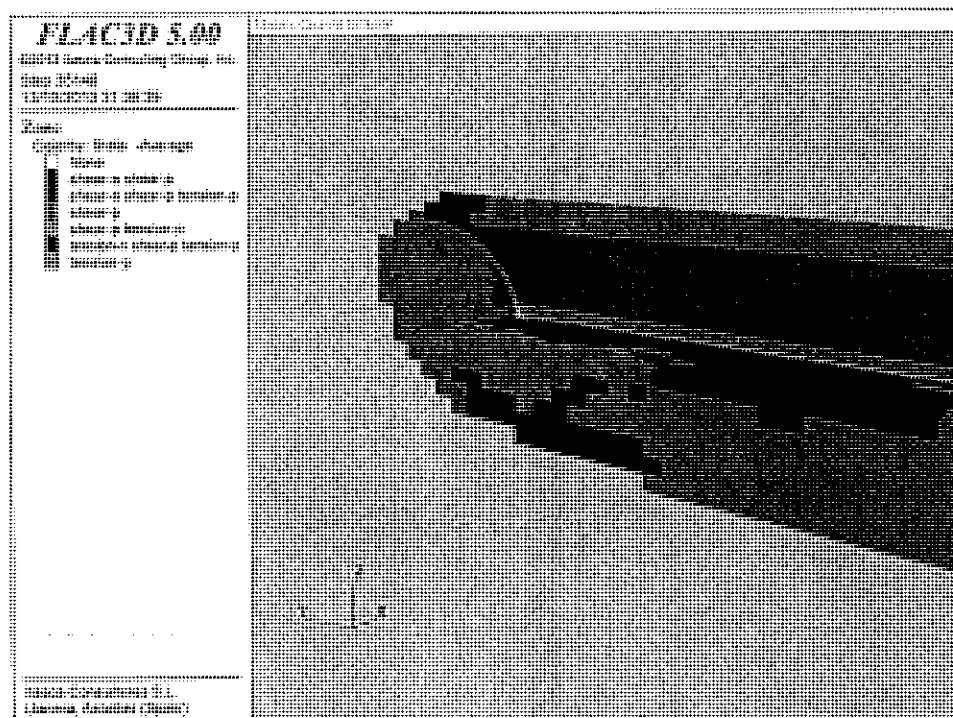


Figura 3.4-7. Sección tipo caverna. Elementos plastificados en el terreno. Fase intermedia.

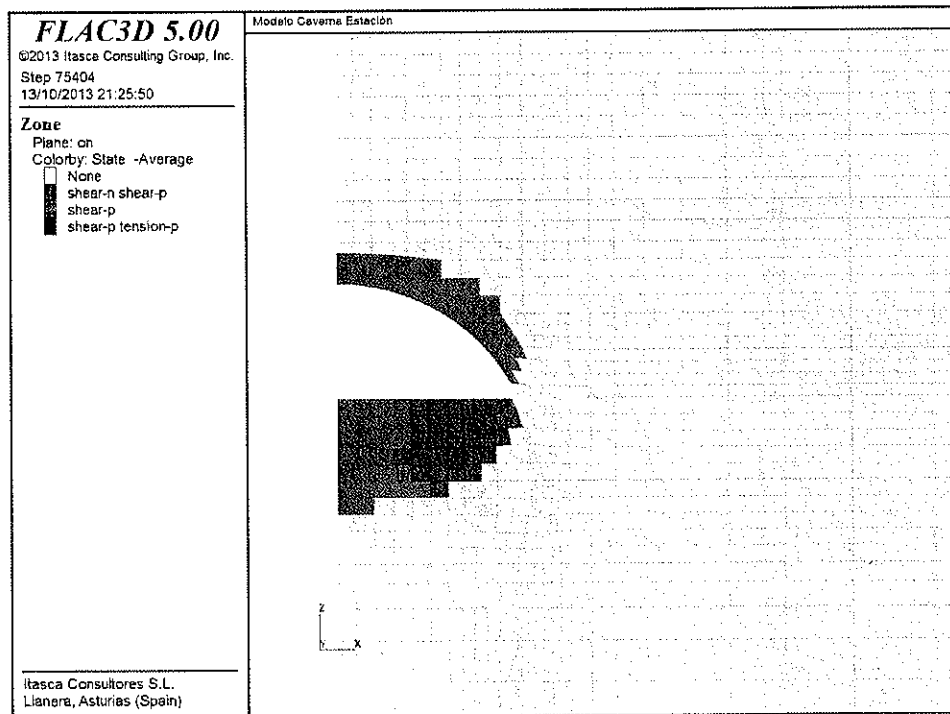


Figura 3.4-8. Sección tipo caverna. Elementos plastificados en el terreno. Fase final.

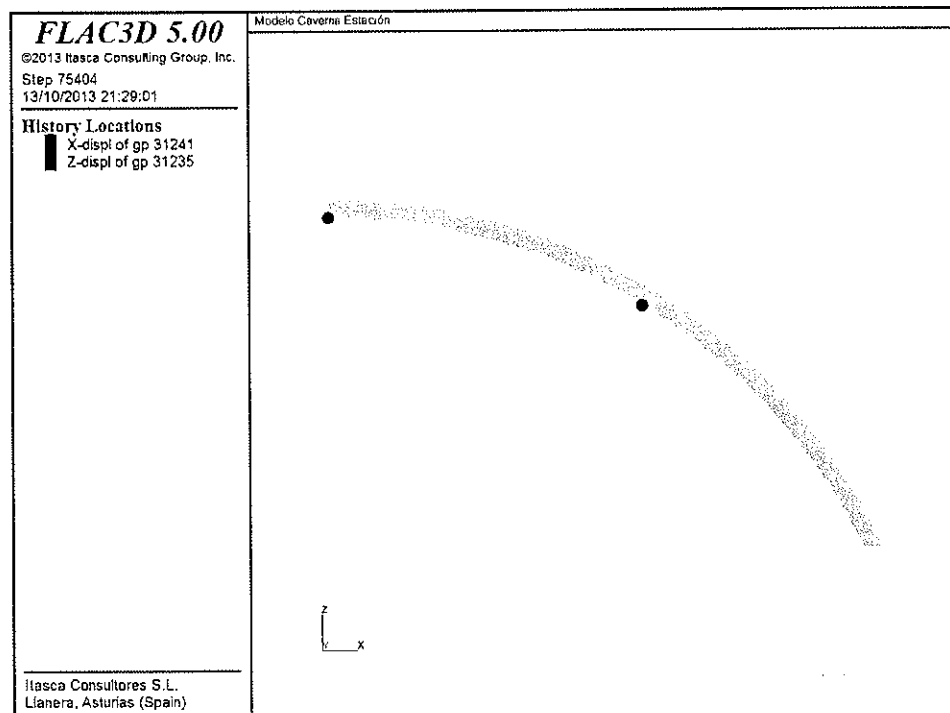


Figura 3.4-9. Sección tipo caverna. Localización puntos de control en el sostenimiento.





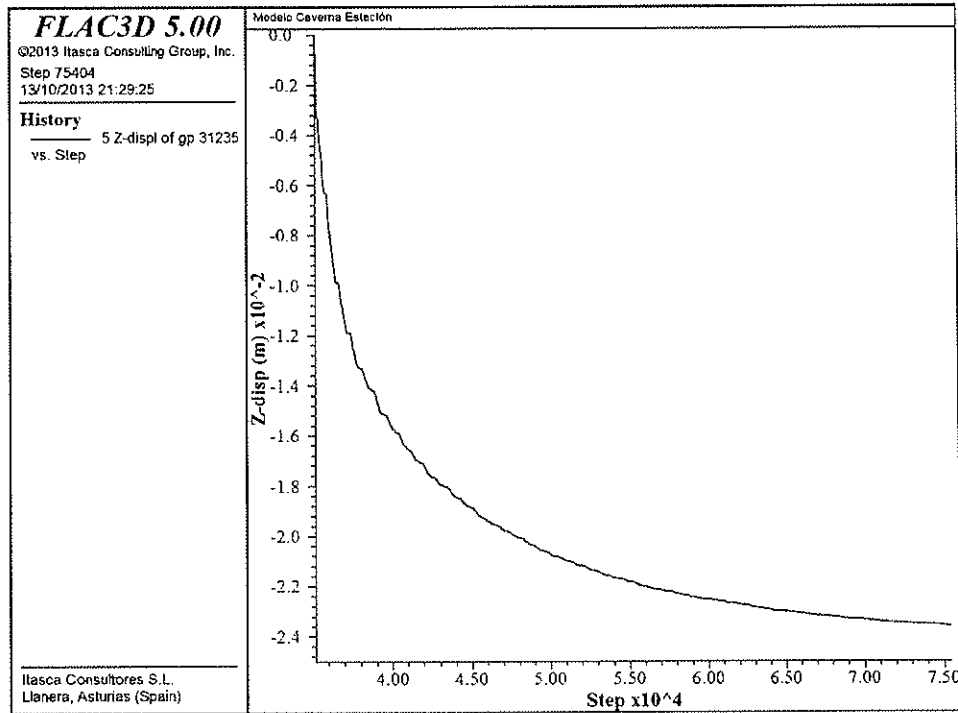


Figura 3.4-10. Sección tipo caverna. Evolución monitoreo bajada de clave

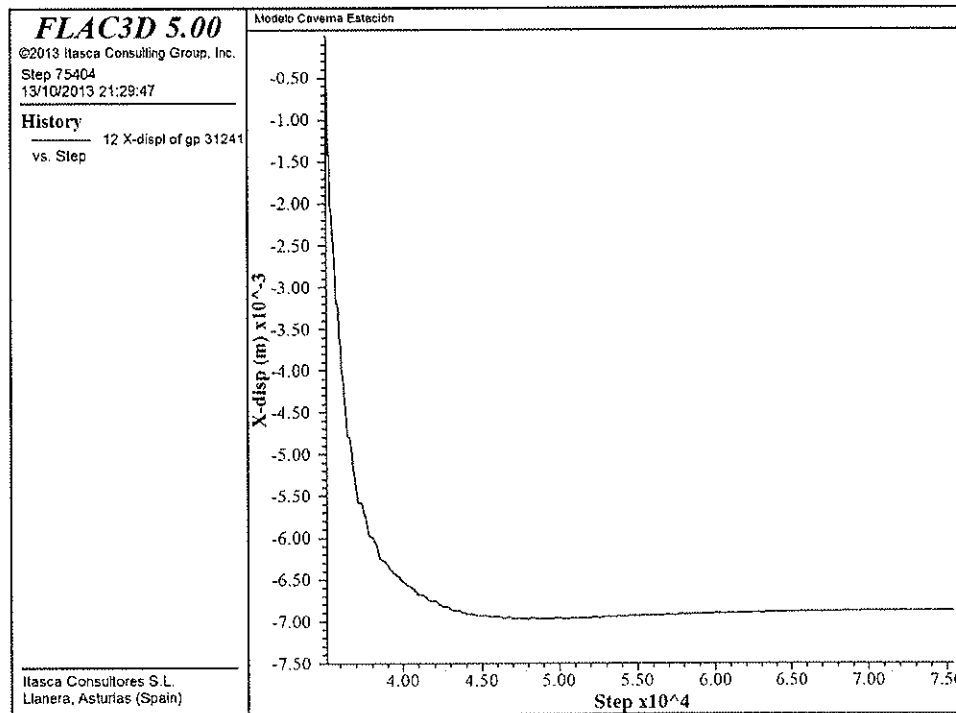


Figura 3.4-11. Sección tipo caverna. Evolución monitoreo bóveda en hombros.

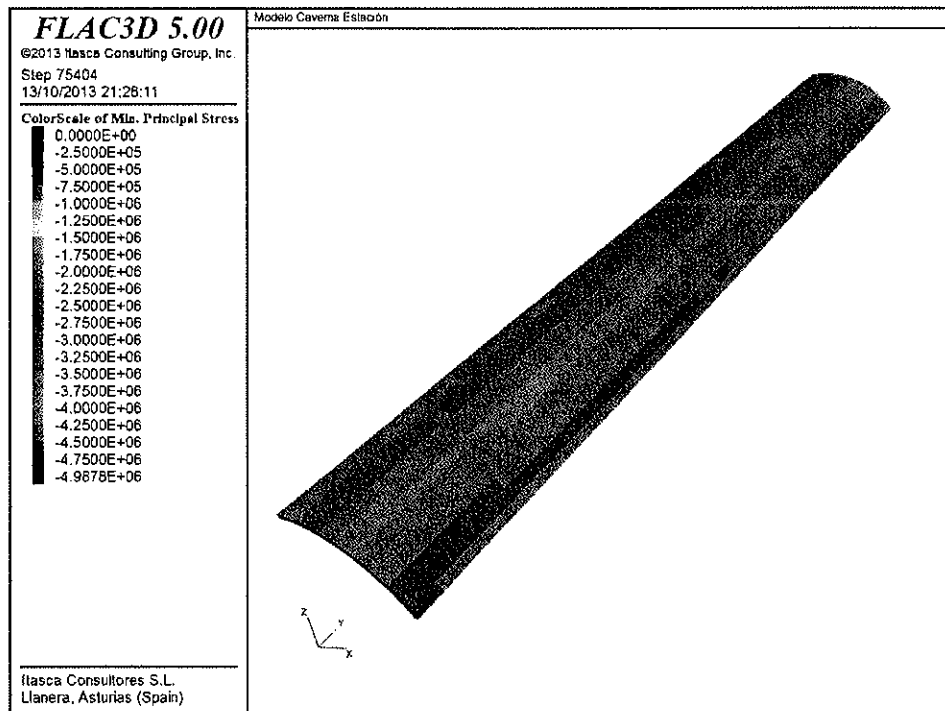


Figura 3.4-12. Sección tipo caverna. Compresiones en el hormigón (en Pa).

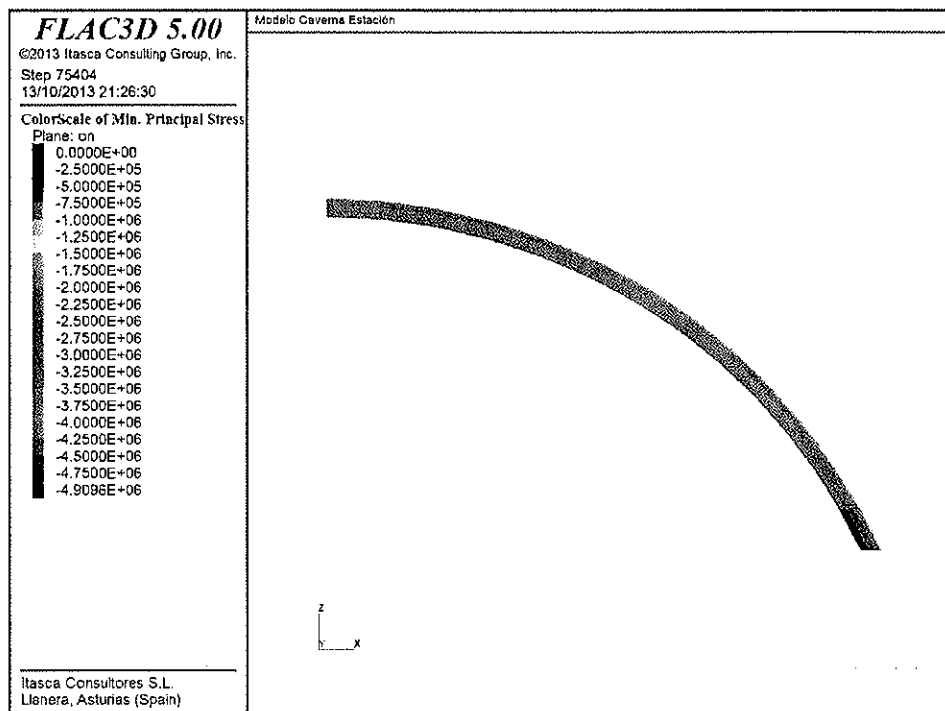


Figura 3.4-13. Sección tipo caverna. Compresiones en el hormigón (en Pa). Sección central.

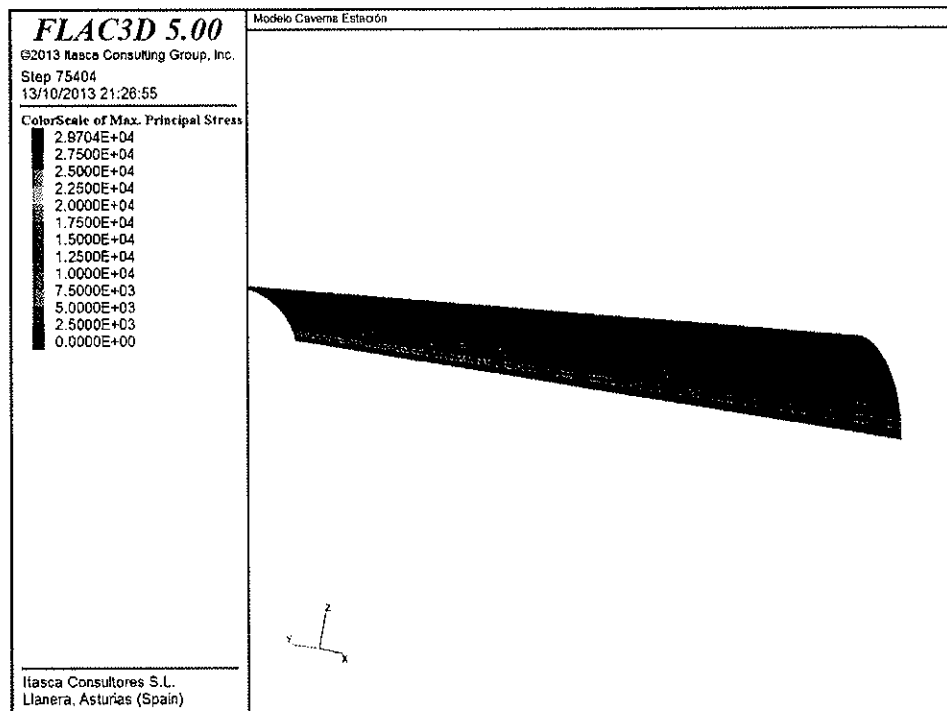


Figura 3.4-14. Sección tipo caverna. Tracciones en el hormigón (en Pa).

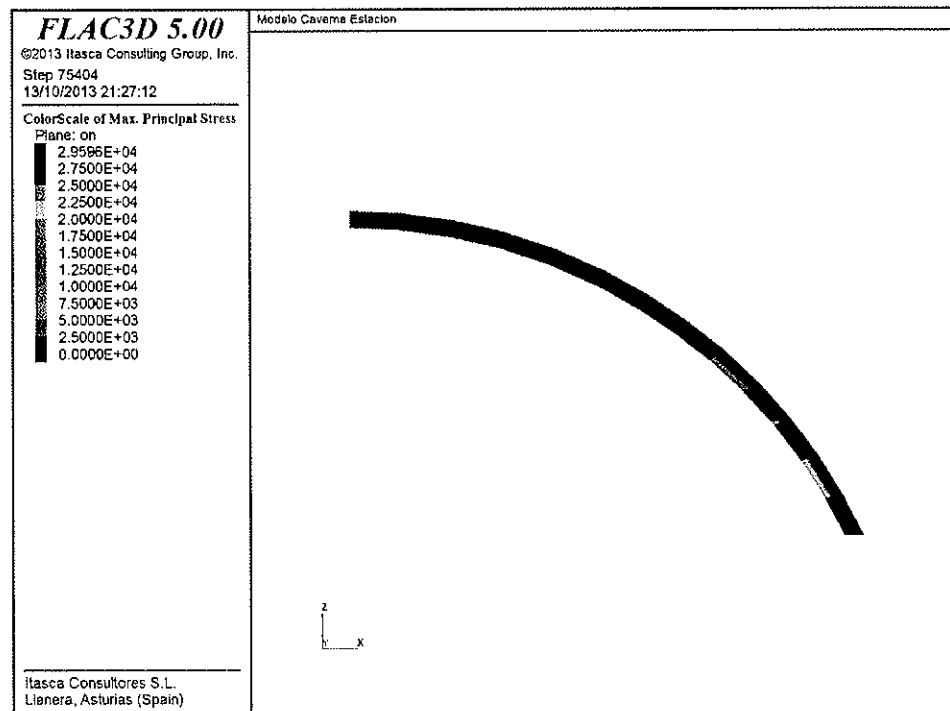


Figura 3.4-15. Sección tipo caverna. Tracciones en el hormigón (en Pa). Sección central.



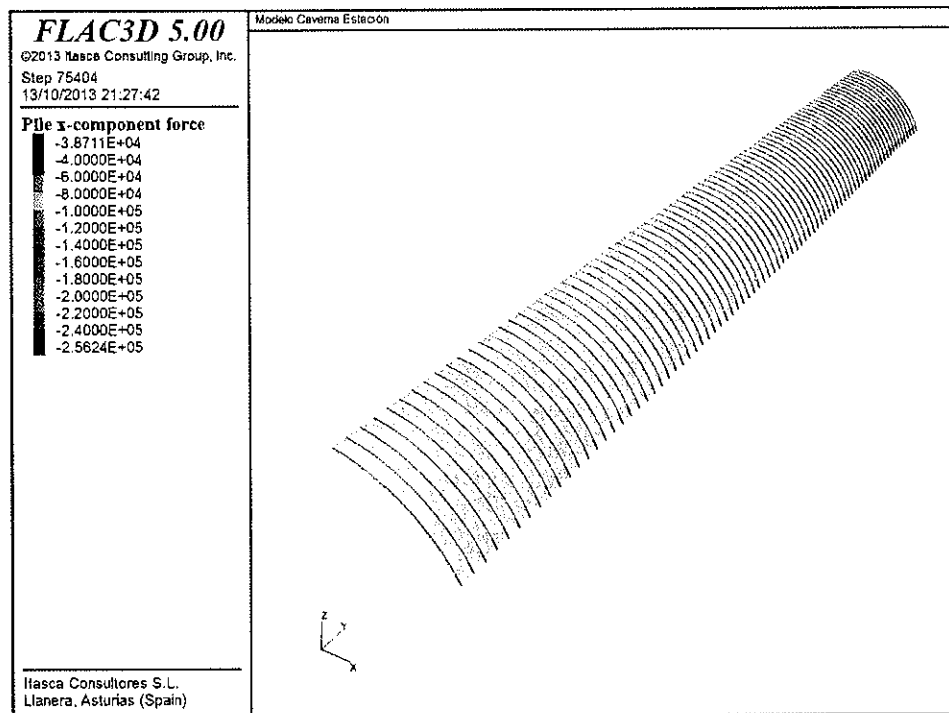


Figura 3.4-16. Sección tipo caverna. Distribución de axiles en las cerchas (en N).

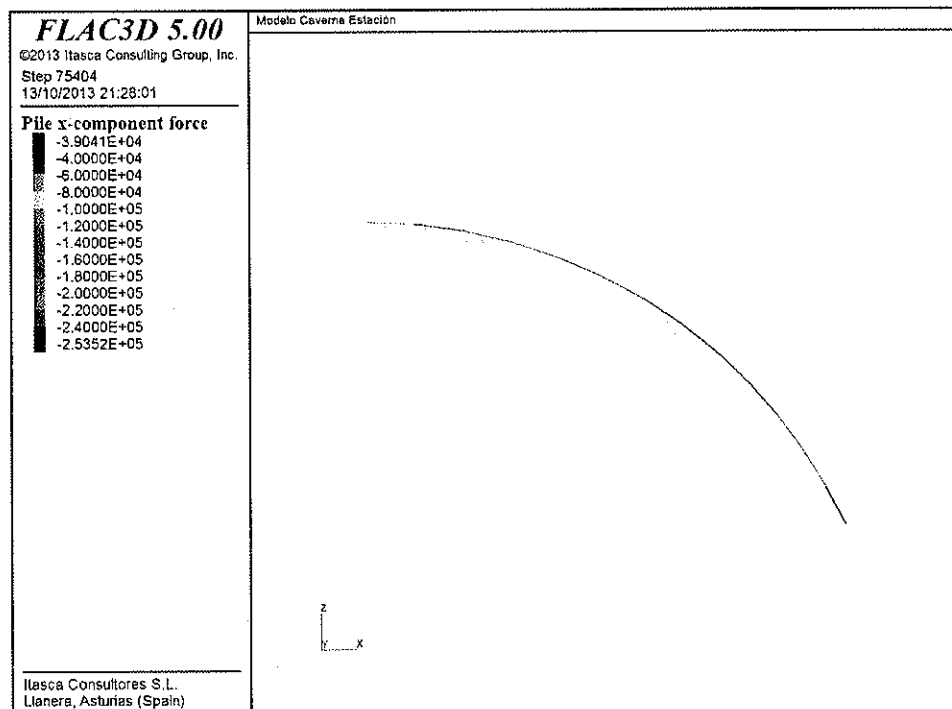


Figura 3.4-17. Sección tipo caverna. Distribución de axiles en las cerchas (en N). Sección central.

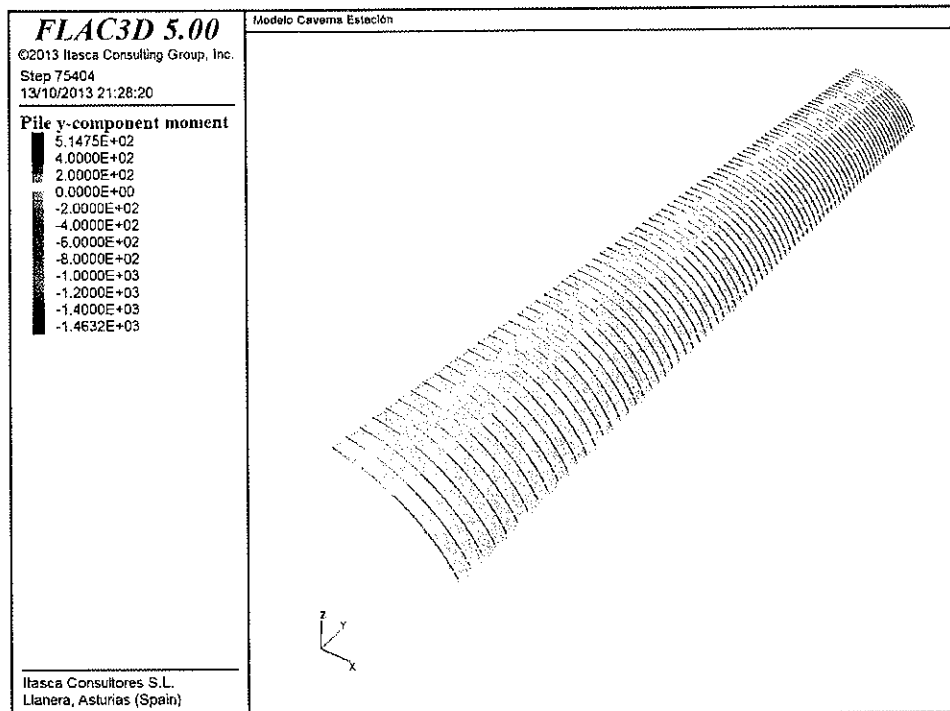


Figura 3.4-18. Sección tipo caverna. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N).

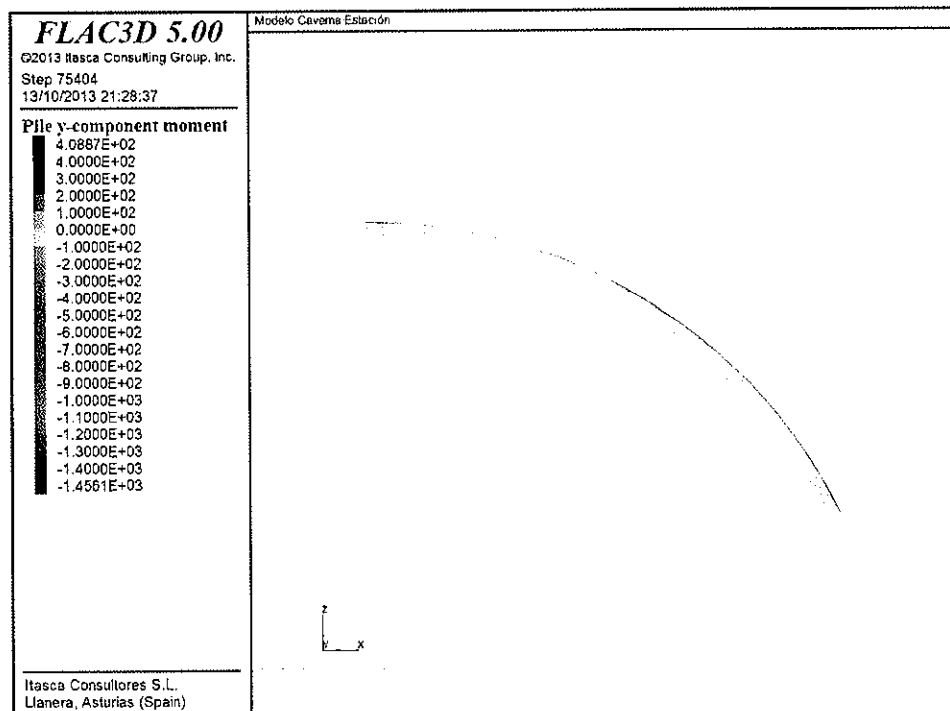


Figura 3.4-19. Sección tipo caverna. Distribución de flectores en las cerchas (en m·N).  
Sección central.

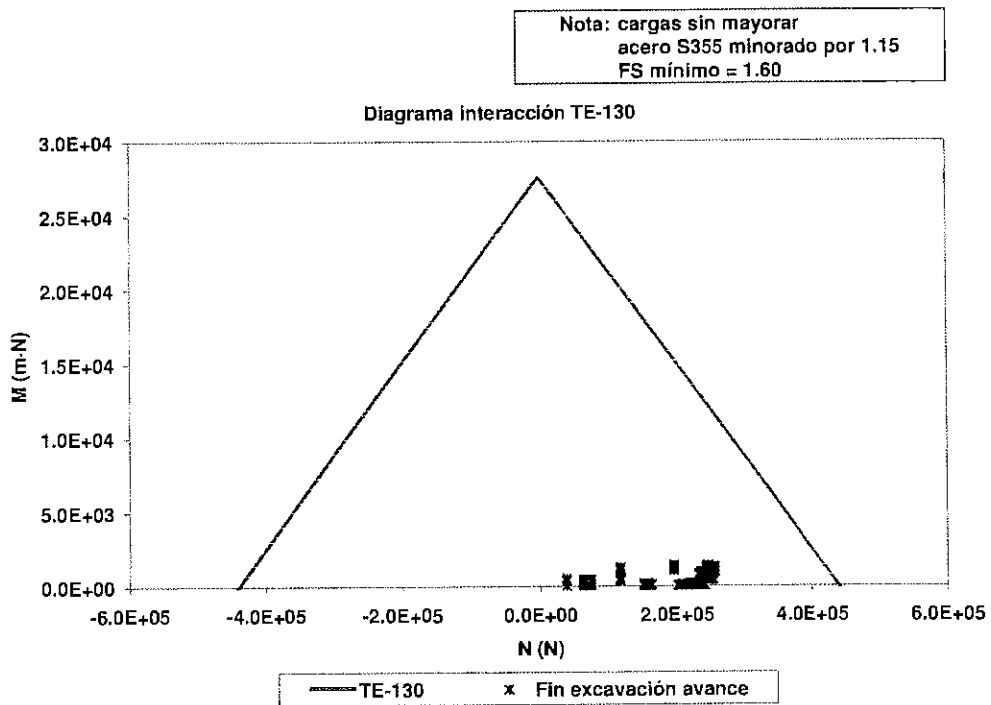
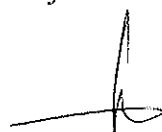
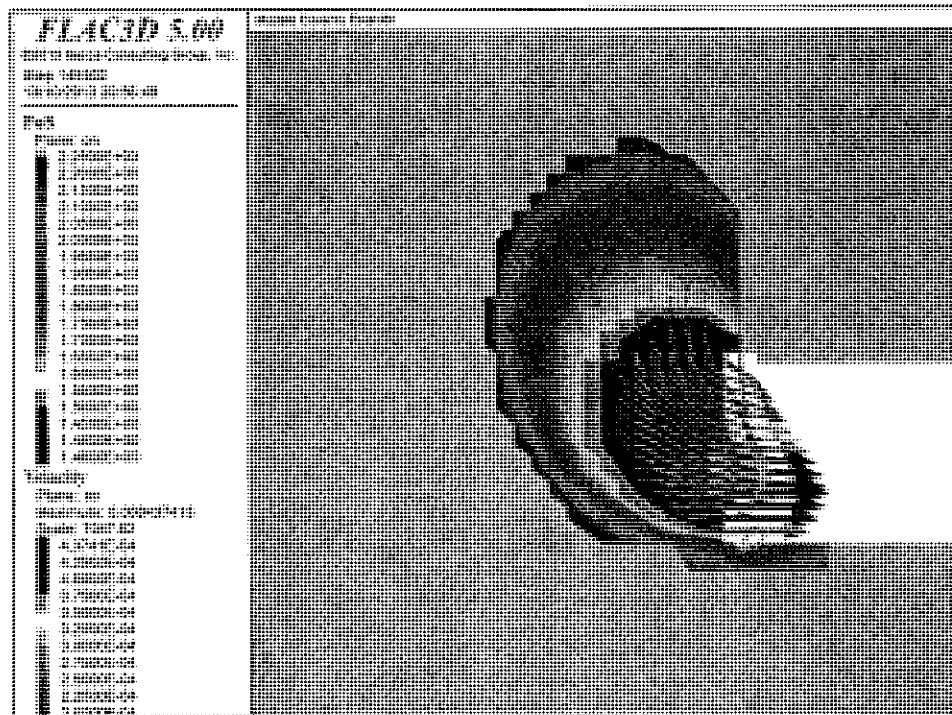


Figura 3.4-20. Sección tipo caverna. Diagrama de interacción de las cerchas.



Figura 3.4-21. Sección tipo caverna. Factor de seguridad del frente de avance.

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



*Figura 3.4-22. Sección tipo caverna. Factor de seguridad del frente de avance. Superficie potencial de rotura.*



#### 4.0 RESUMEN

Se han puesto a punto modelos de cálculo en 3 dimensiones que reproducen tanto la geometría como la secuencia constructiva propuestos para las secciones tipo A y B de los túneles de línea y de la sección tipo de caverna de estación.

La validez de las secciones tipo se ha analizado tanto en términos de deformaciones como de esfuerzos en los sostenimientos. Adicionalmente, en aquellas secciones excavadas en gravas sueltas, se ha determinado la estabilidad del frente de avance en términos de factor de seguridad.

Los principales resultados obtenidos en cada una de las secciones analizadas se resumen en las siguientes tablas.

			<b>Máximo</b>
<b>Fase Final</b>	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	10.5
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	10.3
		Desp. Vertical en superficie (mm)	4.1
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	2.7
		Plastificación	1-1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5
		Compresiones (MPa)	3.25
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	8
		Bajada de clave medible (mm)	8
	Cerchas TE-70	Axil (T)	13.7
Flector (m*T)		0.04	

**Tabla 4-1. Sección tipo A. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**



			Máximo
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	29.7
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	39.9
		Desp. Vertical en superficie (mm)	16.0
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	7.4
		Plastificación	1-1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5
		Compresiones (MPa)	5.8
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	25
		Bajada de clave medible (mm)	15
	Cerchas TE-130	Axil (T)	19.2
		Flector (m*T)	0.26
Factor de seguridad del frente			1.25

**Tabla 4-2. Sección tipo B. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

			Máximo
Fase Final	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	26.0
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	25.5
		Desp. Vertical en superficie (mm)	12.3
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	5.7
		Plastificación	1-1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.5
		Compresiones (MPa)	3.9
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	20
		Bajada de clave medible (mm)	12.5
	Cerchas TE-130	Axil (T)	18.0
		Flector (m*T)	0.24

**Tabla 4-3. Sección tipo B2. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

		Máximo	
Fase Final Avance	Terreno	Desp. Vertical sobre clave (mm)	35.7
		Desp. Horizontal en hastiales (mm)	11.3
		Desp. Vertical en superficie (mm)	12.2
		Desp. Horizontal en superficie (mm)	5.6
		Plastificación	1.5 m
	Hormigón HP-30	Tracciones (MPa)	<0.03
		Compresiones (MPa)	4.9
		Semiconvergencia Horiz. medible (mm)	6.9
		Bajada de clave medible (mm)	23.5
	Cerchas TE-130	Axil (T)	25.6
		Flector (m*T)	0.15
Factor de seguridad del frente		1.4	

**Tabla 4-4. Sección tipo Caverna. Resumen de resultados obtenidos en el cálculo.**

[13302]

012903

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

<b>O.3.2.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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

**O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL**

**APÉNDICE 2. OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO POR MÉTODOS ANALÍTICOS.**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





## Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	117
2	EXPRESIONES ANÁLITICAS .....	117
2.1	Generalidades.....	117
2.2	Esfuerzos por la carga estática del terreno.....	118
2.3	Esfuerzos por sismo .....	119
3	ESFUERZOS EN LAS DOVELAS .....	119
3.1	Parámetros de entrada.....	119
3.2	Resultados .....	121
4	ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA POR MÉTODOS CONVENCIONALES.....	121
4.1	Introducción.....	121
4.2	Esfuerzos en secciones con solera curva (secciones tipo A y B).....	122
4.2.1	Parámetros de entrada .....	122
4.2.2	Resultados .....	123
4.3	Esfuerzos en sección con contrabóveda (sección tipo C).....	124
4.3.1	Parámetros de entrada .....	124
4.3.2	Resultados .....	125
5	ESFUERZOS EN SECCIÓN CAVERNA EJE DE ESTACIÓN JAVIER PRADO.....	126
5.1	Parámetros de entrada.....	126
5.2	Resultados .....	127





### O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 1 INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de las dovelas para el túnel de línea excavado con TBM y del revestimiento definitivo para el túnel de línea, galerías y cavernas excavadas por métodos convencionales se ha realizado en parte mediante los métodos analíticos que se describen en este apéndice.

El diseño de las dovelas y los revestimientos definitivos se han planteado para resistir las cargas estáticas del terreno que recubre el túnel, así como para poder encajar las deformaciones adicionales impuestas por los movimientos causados por un evento sísmico.

Mediante las expresiones analíticas propuestas por Bobet (2003) que se describen más abajo, se pueden obtener los esfuerzos a los que van a estar sometidas las dovelas y revestimientos definitivos y por tanto, dimensionarlas adecuadamente.

En los siguientes apartados se describen las expresiones analíticas utilizadas en el cálculo, los valores de los parámetros que intervienen y los resultados obtenidos.

Con estos resultados se está en disposición de dimensionar adecuadamente las dovelas. En cuanto a los revestimientos, al no ser de sección circular, es necesario realizar un análisis mediante métodos numéricos para obtener los esfuerzos correspondientes, tal y como se describe más adelante y en el *Apéndice III. Modelización numérica (phase2d) para la obtención de los esfuerzos en el revestimiento definitivo.*

## 2 EXPRESIONES ANÁLITICAS

### 2.1 Generalidades

Los esfuerzos que se han determinado analíticamente corresponden a los generados por la carga estática del terreno y a la acción de un sismo.

Las expresiones analíticas utilizadas para el cálculo de los esfuerzos sobre el revestimiento, fueron propuestas por el profesor D. Antonio Bobet de la Universidad de Purdue de USA en 2003 y se describen a continuación.



### O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

#### 2.2 Esfuerzos por la carga estática del terreno

La obtención de los esfuerzos debidos a las cargas estáticas del terreno, se basa en el método de rigidez relativa entre el revestimiento objeto de estudio y el terreno circundante. Para ello se proponen las siguientes expresiones:

$$N_1 = \frac{1}{2}(\sigma'_v + \sigma'_h)(1 + C_1)r_o + \frac{1}{2}(\sigma'_v - \sigma'_h)(1 + 2C_2)r_o \cos 2\theta \quad (1)$$

$$M_1 = \frac{1}{4}(\sigma'_v - \sigma'_h)(1 - 2C_2 + 2C_3)r_o^2 \cos 2\theta$$

donde:

$\sigma'_v$  y  $\sigma'_h$  son las tensiones efectivas

$r_o$  es el radio del túnel

$$C_1 = -\frac{CF(1-\nu)}{C+F+CF(1-\nu)}$$

$$\beta = \frac{(6+F)C(1-\nu)+2F\nu}{3F+3C+2CF(1-\nu)} \quad C_2 = \beta C_3$$

$$C_3 = \frac{C(1-\nu)}{2[C(1-\nu)+4\nu-6\beta-3\beta C(1-\nu)]}$$

Siendo C y F los coeficientes de compresibilidad y flexibilidad respectivamente y vienen definidos por las siguientes expresiones:

$$C = \frac{Er_o(1-\nu_s^2)}{E_s A_s(1-\nu^2)}$$

$$F = \frac{Er_o^3(1-\nu_s^2)}{E_s I_s(1-\nu^2)}$$

Donde:

E y  $\nu$  son el Módulo de Young y el coeficiente de Poisson del terreno, respectivamente.

$E_s$  y  $\nu_s$  son el Módulo de Young y el coeficiente de Poisson del revestimiento, respectivamente.

$A_s$  y  $I_s$  son el área y el momento de inercia de la sección transversal del revestimiento. En el caso de las dovelas, se considera la mitad para tener en cuenta las juntas de unión.

Hay que tener en cuenta que al utilizar esta expresión se asume lo siguiente:

- El revestimiento y el terreno son elásticos.
- No hay agua en el terreno.
- La excavación del túnel y la ejecución del revestimiento es simultánea
- La sección del túnel es circular.



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

#### 2.3 Esfuerzos por sismo

Las ondas p y las ondas s que se propagan en el plano perpendicular al eje del túnel generan una deformación en el terreno que tiende a causar una ovalización del revestimiento.

Este cambio de forma, conlleva la generación de tensiones circunferenciales en el revestimiento que pueden ocasionar el agrietamiento o rotura del mismo y la consecuente pérdida de capacidad estructural.

En revestimientos de hormigón este fenómeno es el que condiciona el diseño sísmico de una estructura subterránea.

Para la obtención de los esfuerzos sobre el revestimiento causados por el sismo, Bobet (2003) propone utilizar en las ecuaciones anteriores (1) con los siguientes valores en lugar de las tensiones efectivas:

$$\sigma_v = \frac{E}{2(1+\nu)} \frac{V_{\max}}{V_s}$$

$$\sigma_h = -\sigma_v$$

Donde:

E y  $\nu$  son el Módulo de Young y el coeficiente de Poisson del terreno, respectivamente.

$V_{\max}$  es la velocidad máxima del terreno.

$V_s$  es la velocidad de propagación por el terreno de las ondas s.

En los resultados que se obtienen, se asume que la amplificación dinámica de las tensiones asociadas a la onda de tensión incidiendo en el túnel es despreciable, puesto que se considera que la longitud de onda es ocho veces o más ancha que el diámetro del túnel.

### 3 ESFUERZOS EN LAS DOVELAS

#### 3.1 Parámetros de entrada

Para el dimensionamiento de las dovelas se considera el escenario más desfavorable por el que discurre la traza en la que se prevé excavación mediante tuneladora, con un recubrimiento de 26 m, en las gravas muy densas del Conglomerado de Lima.

En cuanto al sismo, se tiene en cuenta la Norma Sísmica Peruana y el análisis del Estudio de Factibilidad.

Los valores de entrada de los parámetros que intervienen en las expresiones, así como los valores de los parámetros necesarios para obtenerlos, se presentan en las siguientes tablas:





### O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

#### REVESTIMIENTO

$\Phi_{INT}$	= 9,20 m	Diámetro interior
$h_{REVEST}$	= 0,32 m	Espesor
$d_{GAP}$	= 0,15 m	Gap
$R_{EXT}$	= 5,07 m	Radio túnel (Exterior)
$A_{REVEST}$	= 0,32 m <sup>2</sup>	Área
$I_{REVEST}$	= 1,37E-03 m <sup>4</sup>	Momento de inercia (mitad)
$E_{REVEST}$	= 3089105 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Revest.
$\nu_{REVEST}$	= 0,20	Módulo de Poisson
$\theta$	= 0 °	Ángulo respecto a la horizontal

#### TERRENO

$\gamma_M$	= 2,08 t/m <sup>3</sup>	Peso específico
$E_M$	= 36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. terreno
$\nu_M$	= 0,30	Poisson terreno
$K_0$	= 1,00	Coefficiente de empuje (reposo)
$H_W$	= 0,00 m	Altura Nivel freático desde clave
$H_{TIERRAS}$	= 26 m	Recubrimiento
$E_{M,DIN}$	= 36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Terreno dinámico

#### SISMO

$a_B$	= 0,40 g	Aceleración básica
$S$	= 1,00	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S}$	= 0,4 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C$	= 0,80	Coefficiente de profundidad
$a_{Z,MAX}$	= 0,32 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_S$	= 750,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k$	= 1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_S$	= 0,4864 m/s	Velocidad de de las ondas de cortante del sismo ( $V_S = k \cdot a_{Z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX}$	= 0,000649 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_S / C_S$ )







### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 3.2 Resultados

Aplicando las expresiones indicadas en los apartados anteriores se obtienen los resultados siguientes:

#### CARGA DEL TERRENO

$\sigma_v = 64,77 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical efectiva	$N_1 = 288,41 \text{ t}$	Axil deformación relativa terreno-revestimiento
$\sigma_H = 64,77 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal efectiva	$M_1 = 0,00 \text{ m-t}$	Momento por deformación relativa terreno-revestimiento
		$\sigma_{TANG} = 901,27 \text{ t/m}^2$	Tensión tangencial
		$\epsilon = 2,33E-04$	Deformación tangencial

#### SISMO

$\sigma_{v,SISMO} = 9,13 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical por sismo	$N_3 = 32,95 \text{ t}$	Axil sismo
$\sigma_{H,SISMO} = -9,13 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal por sismo	$M_3 = 1,26 \text{ m-t}$	Momento sismo

#### TOTAL SIN SISMO (SIN MAYORAR)

$N_K = 288,41 \text{ t}$
$M_K = 0,00 \text{ m-t}$

#### TOTAL CON SISMO (SIN MAYORAR)

$N_K = 321,36 \text{ t}$
$M_K = 1,26 \text{ m-t}$

Como se indicaba anteriormente, con estos resultados se pueden dimensionar las dovelas, pues la sección del túnel excavado con TBM, es circular.

## 4 ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA POR MÉTODOS CONVENCIONALES

### 4.1 Introducción

En el caso del túnel de línea excavado con métodos convencionales, la determinación de los esfuerzos, analíticamente, es aproximado, pues la sección no es circular. Para una mejor estimación, es mejor opción el empleo de métodos numéricos que tengan en cuenta la geometría de la sección objeto de análisis. No obstante, para obtener unos resultados lo más representativo posible, se ha realizado un calibrado del modelo numérico a partir de los resultados analíticos.

En los siguientes subapartados se presentan los valores de los parámetros utilizados y los resultados obtenidos y que servirán para calibrar el modelo numérico, cuyo análisis se describe en el *Apéndice III. Modelización numérica (PHASE2D) para la obtención de los esfuerzos en el revestimiento definitivo.*





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

#### 4.2 Esfuerzos en secciones con solera curva (secciones tipo A y B)

##### 4.2.1 Parámetros de entrada

###### REVESTIMIENTO

$\Phi_{INT}$ =	9,20 m	Diámetro interior
$h_{REVEST}$ =	0,30 m	Espesor
$R_{EXT}$ =	4,90 m	Radio túnel (Exterior)
$A_{REVEST}$ =	0,3 m <sup>2</sup>	Área
$I_{REVEST}$ =	2,25E-03 m <sup>4</sup>	Momento de inercia
$E_{REVEST}$ =	3089105 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Revest.
$\nu_{REVEST}$ =	0,20	Módulo de Poisson
$\theta$ =	0 °	Ángulo respecto a la horizontal

###### TERRENO

$\gamma_M$ =	2,11 t/m <sup>3</sup>	Peso específico
$E_M$ =	36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. terreno
$\nu_M$ =	0,30	Poisson terreno
$K_0$ =	1,00	Coefficiente de empuje (reposo)
$H_W$ =	0,00 m	Altura Nivel freático desde clave
$H_{TIERRAS}$ =	35 m	Recubrimiento
$E_{M,DIN}$ =	36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Terreno dinámico

###### SISMO

$a_B$ =	0,40 g	Aceleración básica
$S$ =	1,00	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S}$ =	0,4 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C$ =	0,70	Coefficiente de profundidad
$a_{Z,MAX}$ =	0,28 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_S$ =	450,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k$ =	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_S$ =	0,4256 m/s	Velocidad de de las ondas de cortante del sismo ( $V_S = k \cdot a_{Z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX}$ =	0,000946 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_S / C_S$ )





**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**4.2.2 Resultados**

**CARGA DEL TERRENO**

$\sigma_V = 84,36 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical efectiva	$N_3 = 361,69 \text{ t}$	Axil deformación relativa terreno-revestimiento
$\sigma_H = 84,36 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal efectiva	$M_3 = 0,00 \text{ m-t}$	Momento por deformación relativa terreno-revestimiento
		$\sigma_{TANG} = 1.205,64 \text{ t/m}^2$	Tensión tangencial
		$\epsilon = 3,12E-04$	Deformación tangencial

**SISMO**

$\sigma_{V,SISMO} = 13,31 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical por sismo	$N_3 = 46,51 \text{ t}$	Axil sismo
$\sigma_{H,SISMO} = -13,31 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal por sismo	$M_3 = 3,12 \text{ m-t}$	Momento sismo

**TOTAL SIN SISMO (SIN MAYORAR)**

$N_K = 361,69 \text{ t}$
$M_K = 0,00 \text{ m-t}$

**TOTAL CON SISMO (SIN MAYORAR)**

$N_K = 408,21 \text{ t}$
$M_K = 3,12 \text{ m-t}$





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

#### 4.3 Esfuerzos en sección con contrabóveda (sección tipo C)

##### 4.3.1 Parámetros de entrada

###### REVESTIMIENTO

$Q_{INT}$	9,20 m	Diámetro interior
$h_{REVEST}$	0,30 m	Espesor
$R_{EXT}$	4,90 m	Radio túnel (Exterior)
$A_{REVEST}$	0,3 m <sup>2</sup>	Área
$I_{REVEST}$	2,25E-03 m <sup>4</sup>	Momento de inercia
$E_{REVEST}$	3089105 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Revest.
$\nu_{REVEST}$	0,20	Módulo de Poisson
$\theta$	0 °	Ángulo respecto a la horizontal

###### TERRENO

$\gamma_M$	2,00 t/m <sup>3</sup>	Peso específico
$E_M$	8300 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. terreno
$\nu_M$	0,30	Poisson terreno
$K_0$	1,00	Coefficiente de empuje (reposo)
$H_w$	0,00 m	Altura Nivel freático desde clave
$H_{TIERRAS}$	15 m	Recubrimiento
$E_{M,DIN}$	8300 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Terreno dinámico

###### SISMO

$a_B$	0,40 g	Aceleración básica
$S$	1,20	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S}$	0,48 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C$	0,90	Coefficiente de profundidad
$a_{Z,MAX}$	0,432 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_s$	400,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k$	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_s$	0,65664 m/s	Velocidad de las ondas de cortante del sismo ( $V_s = k \cdot a_{Z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX}$	0,001642 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_s / C_s$ )





**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**4.3.2 Resultados**

**CARGA DEL TERRENO**

$\sigma_v = 39,80 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical efectiva	$N_3 = 188,90 \text{ t}$	Axil deformación relativa terreno-revestimiento
$\sigma_h = 39,80 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal efectiva	$M_3 = 0,00 \text{ m-t}$	Momento por deformación relativa terreno-revestimiento
		$\sigma_{TANG} = 629,67 \text{ t/m}^2$	Tensión tangencial
		$E = 1,63E-04$	Deformación tangencial

**SISMO**

$\sigma_{v,SISMO} = 5,24 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical por sismo	$N_3 = 19,52 \text{ t}$	Axil sismo
$\sigma_{h,SISMO} = -5,24 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal por sismo	$M_3 = 5,03 \text{ m-t}$	Momento sismo

**TOTAL SIN SISMO (SIN MAYORAR)**

$N_K = 188,90 \text{ t}$   
 $M_K = 0,00 \text{ m-t}$

**TOTAL CON SISMO (SIN MAYORAR)**

$N_K = 208,42 \text{ t}$   
 $M_K = 5,03 \text{ m-t}$





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 5 ESFUERZOS EN SECCIÓN CAVERNA EJE DE ESTACIÓN JAVIER PRADO

Siguiendo el mismo proceso y métodos para determinar los esfuerzos en los revestimientos del túnel de línea construido por métodos convencionales, se han determinado los esfuerzos en el revestimiento de la caverna del eje de la estación Javier Prado. A continuación se presentan los valores de los parámetros utilizados y los resultados.

### 5.1 Parámetros de entrada

REVESTIMIENTO		
$\Phi_{NT} =$	17,40 m	Diámetro interior
$h_{REVEST} =$	0,30 m	Espesor
$R_{EXT} =$	9,00 m	Radio túnel (Exterior)
$A_{REVEST} =$	0,3 m <sup>2</sup>	Área
$I_{REVEST} =$	2,25E-03 m <sup>4</sup>	Momento de inercia
$E_{REVEST} =$	3089105 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Revest.
$\nu_{REVEST} =$	0,20	Módulo de Poisson
$\theta =$	0 °	Ángulo respecto a la horizontal
TERRENO		
$\gamma_M =$	2,00 t/m <sup>3</sup>	Peso específico
$E_M =$	36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. terreno
$\nu_M =$	0,30	Poisson terreno
$K_0 =$	1,00	Coefficiente de empuje (reposo)
$H_W =$	0,00 m	Altura Nivel freático desde clave
$H_{TIERRAS} =$	15 m	Recubrimiento
$E_{M,DIN} =$	36600 t/m <sup>2</sup>	Mod. Deform. Terreno dinámico
SISMO		
$a_B =$	0,40 g	Aceleración básica
$S =$	1,00	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S} =$	0,4 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C =$	0,90	Coefficiente de profundidad
$a_{z,MAX} =$	0,36 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_s =$	600,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k =$	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_s =$	0,5472 m/s	Velocidad de de las ondas de cortante del sismo ( $V_s = k \cdot a_{z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX} =$	0,000912 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_s / C_s$ )





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 5.2 Resultados

#### CARGA DEL TERRENO

$\sigma_v = 48,00 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical efectiva	$N_3 = 342,19 \text{ t}$	Axil deformación relativa terreno-revestimiento
$\sigma_h = 48,00 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal efectiva	$M_3 = 0,00 \text{ m-t}$	Momento por deformación relativa terreno-revestimiento
		$\sigma_{TANG} = 1.140,63 \text{ t/m}^2$	Tensión tangencial
		$\epsilon = 2,95E-04$	Deformación tangencial

#### SISMO

$\sigma_{V,SISMO} = 12,84 \text{ t/m}^2$	Tensión vertical por sismo	$N_3 = 78,22 \text{ t}$	Axil sismo
$\sigma_{H,SISMO} = -12,84 \text{ t/m}^2$	Tensión horizontal por sismo	$M_3 = 1,68 \text{ m-t}$	Momento sismo

#### TOTAL SIN SISMO (SIN MAYORAR)

$N_K = 342,19 \text{ t}$
$M_K = 0,00 \text{ m-t}$

#### TOTAL CON SISMO (SIN MAYORAR)

$N_K = 420,41 \text{ t}$
$M_K = 1,68 \text{ m-t}$



[13315]  
012916

**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**



<b>O.3.2.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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

**O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL**

**APÉNDICE 3. MODELIZACIÓN NUMÉRICA (PHASE2D) PARA LA OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO.**







## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>130</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>130</b>
2.1	Introducción.....	130
2.2	<b>Modelos Tenso-deformacionales</b> .....	<b>131</b>
2.2.1	Generalidades.....	131
2.2.2	Modelo para la carga del terreno.....	131
2.2.3	Modelo para la acción sísmica.....	133
<b>3</b>	<b>ESFUERZOS SECCIONES CON SOLERA CURVA (TIPO A Y B)</b> .....	<b>135</b>
3.1	Introducción.....	135
3.2	<b>Carga del terreno</b> .....	<b>136</b>
3.2.1	Tensiones en el terreno.....	136
3.2.2	Deformaciones.....	137
3.2.3	Esfuerzos en el revestimiento.....	138
3.3	<b>Sismo</b> .....	<b>141</b>
3.3.1	Determinación de la deformación del modelo.....	141
3.3.2	Modelo deformado.....	141
3.3.3	Esfuerzos Axiales.....	142
3.3.4	Momentos Flectores.....	142
3.3.5	Esfuerzos cortantes.....	144
<b>4</b>	<b>ESFUERZOS SECCIÓN CON CONTRABÓVEDA (TIPO C)</b> .....	<b>145</b>
4.1	Introducción.....	145
4.2	<b>Carga del terreno</b> .....	<b>145</b>
4.2.1	Tensiones en el terreno.....	145
4.2.2	Deformaciones.....	146
4.2.3	Esfuerzos en el revestimiento.....	147
4.3	<b>Sismo</b> .....	<b>151</b>
4.3.1	Determinación de la deformación del modelo.....	151
4.3.2	Modelo deformado.....	151
4.3.3	Esfuerzos Axiales.....	152
4.3.4	Momentos Flectores.....	153
4.3.5	Esfuerzos cortantes.....	155
<b>5</b>	<b>ESFUERZOS SECCIÓN CAVERNA EJE ESTACIÓN JAVIER PRADO</b> .....	<b>156</b>
5.1	Introducción.....	156
5.2	<b>Carga del terreno</b> .....	<b>156</b>
5.2.1	Tensiones en el terreno.....	156
5.2.2	Deformaciones.....	157
5.2.3	Esfuerzos en el revestimiento.....	158



**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**CONSORCIO**  
NUEVO METRO DE LIMA



<b>5.3 Sismo</b> .....	<b>161</b>
5.3.1 Determinación de la deformación del modelo.....	161
5.3.2 Modelo deformado .....	161
5.3.3 Esfuerzos Axiles.....	162
5.3.4 Momentos Flectores.....	163
5.3.5 Esfuerzos cortantes .....	164



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



## 1 INTRODUCCIÓN

En este apéndice se presentan los resultados de los análisis tenso-deformacionales de los revestimientos definitivos de los túneles, galerías o cavernas excavadas por métodos convencionales, para la obtención de los esfuerzos que deben soportar, de modo que sirvan de base para el dimensionamiento del propio revestimiento.

En concreto se analizan los revestimientos correspondientes a las siguientes secciones:

- Túnel de Línea. Secciones A y B.
- Túnel de Línea. Sección C.
- Caverna eje estación Javier Prado.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Introducción

Los análisis realizados han consistido en la realización de análisis tenso-deformacionales por el método de los elementos finitos.

La necesidad de utilizar esta metodología surge de la geometría no circular de las secciones objeto de análisis. Puesto que mediante las expresiones analíticas, sólo es posible determinar los esfuerzos en secciones circulares.

Para ello, se ha utilizado la aplicación informática de cálculo PHASE2 de ROCSCIENCE, que se basa en la modelización mediante elementos finitos del terreno en dos dimensiones, estando específicamente diseñada para el cálculo de tensiones y desplazamientos alrededor de excavaciones subterráneas, así como de los esfuerzos (axiales, momentos y cortantes) en el revestimiento y es utilizada para la resolución de gran variedad de problemas de minería y obra civil.

Para la resolución del problema se utiliza el método de eliminación gaussiana, limitando el proceso de cálculo a 500 o 1000 iteraciones y a una tolerancia de 0,001.

Para cada una de las secciones se ha planteado un modelo tenso-deformacional para la obtención de los esfuerzos causados por la carga del terreno y otro modelo para la obtención de los esfuerzos causados por la acción de un evento sísmico.

Los resultados de interés obtenidos en el análisis numérico son los esfuerzos en el revestimiento. A partir de estos valores de los esfuerzos se pueden dimensionar adecuadamente los revestimientos necesarios para soportar dichos esfuerzos.



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



## 2.2 Modelos Tenso-deformacionales

### 2.2.1 Generalidades

Como se ha indicado anteriormente, en cada sección, se ha planteado un modelo tenso-deformacional para la obtención de los esfuerzos causados por la carga del terreno y otro modelo para la obtención de los esfuerzos causados por la acción de un evento sísmico.

### 2.2.2 Modelo para la carga del terreno

La modelización del terreno mediante elementos finitos es realizada automáticamente por el programa PHASE2 utilizando un algoritmo avanzado de generación de malla, a partir de las indicaciones del usuario. Para el análisis se ha generado una malla de elementos finitos triangulares progresiva. De forma que la densidad de nodos es mayor en las cercanías de las excavaciones y menor conforme nos alejamos. Las zonas del macizo rocoso fuera de la zona analizada son representadas mediante una modelización de elementos de contorno.

Lo elementos de contorno se han definido mediante restricciones al desplazamiento para no interferir en los resultados, de modo que la superficie del modelo que coincide con la del terreno, es totalmente libre, en los bordes laterales se restringe el desplazamiento horizontal, dejando libre el desplazamiento vertical y no se deja desplazamiento alguno en el borde inferior.

Se han generado mallas de elementos finitos para los distintos casos analizados, lo suficientemente densa y convenientemente optimizada y depurada, para los análisis. Véase Figura 1.

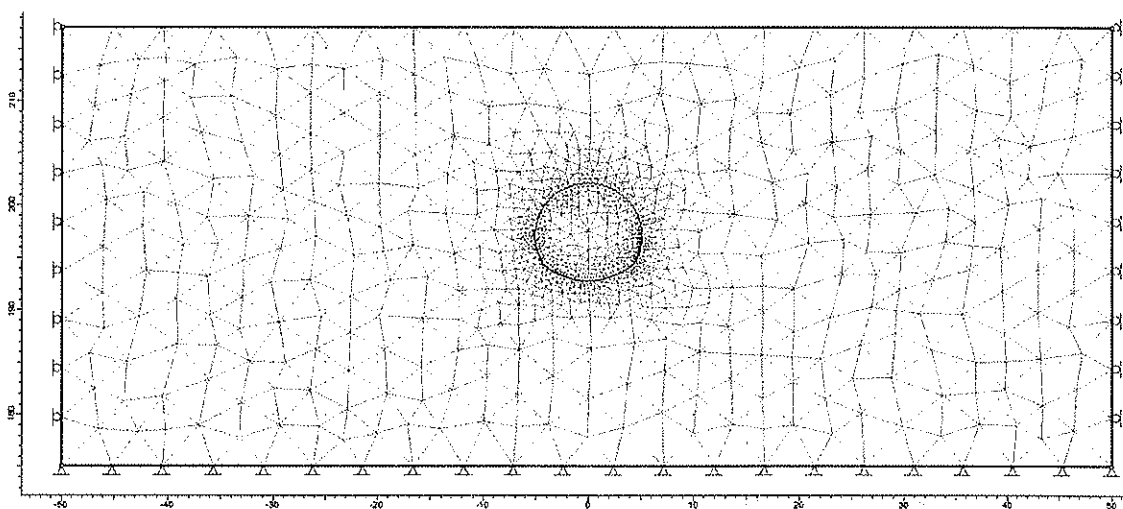
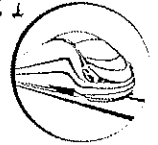


Figura 1. Ejemplo de malla de elementos finitos para la obtención de las cargas del terreno

En los modelos realizados se han considerado las unidades geológicas más representativas (Grava suelta (GP-S s) y Conglomerado de Lima (GP-S f) y se han caracterizado utilizando los parámetros deformacionales del macizo rocoso (módulo de deformación en extensión y



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



coeficiente de Poisson) y como criterio de rotura, el de Mohr-Coulomb con los parámetros resistentes correspondientes (Cohesión y ángulo de rozamiento interno). En la *Tabla 1* se presentan los valores utilizados para la caracterización de los materiales que constituyen el terreno.

**Tabla 1. Valores de los parámetros adoptados para el terreno**

PARÁMETRO	UNIDAD		UNIDADES
	GRAVA SUELTA	CONGLOMERADO	
Módulo de deformación en extensión (E)	83	366	MPa
Módulo de Poisson ( $\nu$ )	0,3	0,3	-
Peso específico ( $\gamma$ )	0.02	0.022	MN/m <sup>3</sup>
Rozamiento. Mohr-Coulomb ( $\phi$ )	34	39	°
Cohesión. Mohr-Coulomb (c)	0.015	0.032	MPa
Dilatancia ( $\delta$ )	23	26	°
Coef. Empuje horizontal ( $K_0$ )	1,0	1,0	-

En cuanto a la modelización del revestimiento, el hormigón armado HA-40 a largo plazo se ha representado mediante elementos Beam, véase *Tabla 2*.

**Tabla 2. Valores de los parámetros adoptados para el Hormigón Armado HA-40.**

PARÁMETRO	TIPO	UNIDADES
Módulo de elasticidad (E)	49000	MPa
Módulo de Poisson ( $\nu$ )	0,20	-

Las condiciones particulares de las cargas a largo plazo, se han simulado mediante tres fases, partiendo de una situación inicial en la que no se había realizado la excavación. En la segunda fase se modeliza la excavación del túnel sin permitir deformación alguna del terreno y en la tercera fase se considera el revestimiento definitivo exclusivamente y se permite que asuma la totalidad de la carga. En ningún momento se considera la intervención del revestimiento primario.



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



2.2.3 Modelo para la acción sísmica

Para la determinación de los esfuerzos debidos a un sismo, el modelo viene condicionado por la metodología utilizada, que consiste en el método denominado "Free-Field Deformation Approach", específico para el diseño de obras subterráneas y que se basa en la determinación de las cargas aplicadas a la estructura subterránea debidas a las deformaciones y tensiones impuestas a la misma por su interacción con el terreno circundante afectado por la acción sísmica.

Por tanto, lo que se pretende con el modelo es representar la deformación en el terreno a partir de la distorsión angular que se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\gamma_{\max} = \frac{V_s}{C_s}$$

Donde:

$C_s$  es la velocidad de propagación de las ondas S.

$$V_s = k \cdot a_{z,\max}$$

Donde: k es el coeficiente entre la velocidad máxima del terreno y la aceleración máxima del terreno, que se obtiene de la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes entre la velocidad máxima y aceleración máxima del terreno (Power et al. 1996).

Moment magnitude ( $M_w$ )	Ratio of peak ground velocity (cm/s) to peak ground acceleration (g)		
	Source-to-site distance (km)		
	0-20	20-50	50-100
<i>Rock<sup>a</sup></i>			
6.5	66	76	86
7.5	97	109	97
8.5	127	140	152
<i>Stiff soil<sup>a</sup></i>			
6.5	94	102	109
7.5	140	127	155
8.5	180	188	193
<i>Soft soil<sup>a</sup></i>			
6.5	140	132	142
7.5	208	165	201
8.5	269	244	251

<sup>a</sup>In this table, the sediment types represent the following shear wave velocity ranges: rock  $\geq 750$  m/s; stiff soil is 200-750 m/s; and soft soil < 200 m/s. The relationship between peak ground velocity and peak ground acceleration is less certain in soft soils.

Y  $a_{z,\max}$  es la aceleración máxima del terreno a la profundidad establecida que se obtiene a partir de la aceleración sísmica básica modificada por un coeficiente en función del tipo de terreno y otro coeficiente en función de la profundidad.



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

Conocido el valor de la distorsión, se diseña un modelo para que se genere la distorsión establecida mediante la aplicación de unas fuerzas externas. La generación de malla y el proceso de cálculo es similar al modelo para la obtención de las cargas del terreno a largo plazo. Véanse Figura 2.

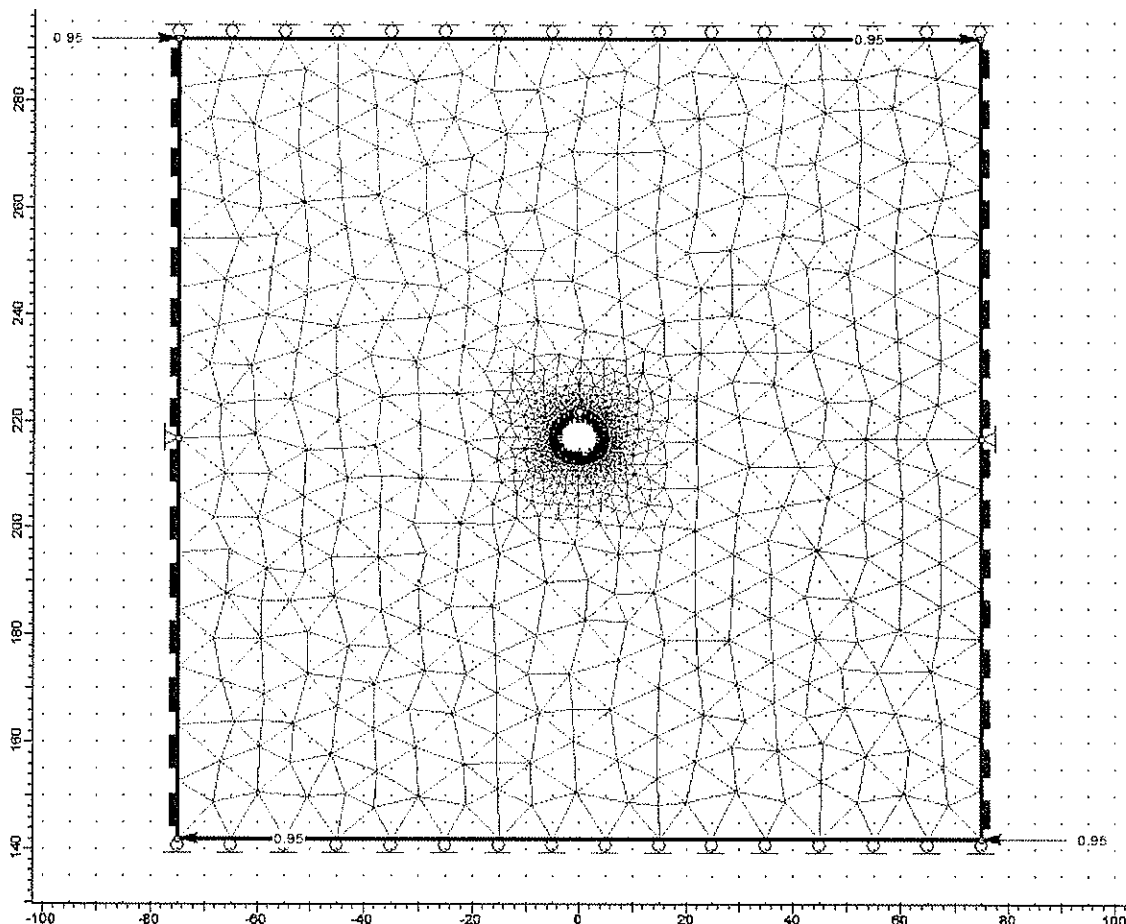


Figura 2. Ejemplo de malla de elementos finitos para la obtención de los esfuerzos por sismo (Sin deformar)

En cuanto al revestimiento, en este caso se ha representado como un material elástico con las características indicadas anteriormente y para la obtención de directa de los esfuerzos se ha utilizado el Método del Beam Equivalente [Pescara, 2011]. Véase Figura 3. Este método consiste en introducir un elemento Beam que considere el espesor del revestimiento pero que su módulo de Young esté reducido  $10^{10}$  veces para no influir en los resultados, puesto que el revestimiento ya está representado por el material elástico.





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

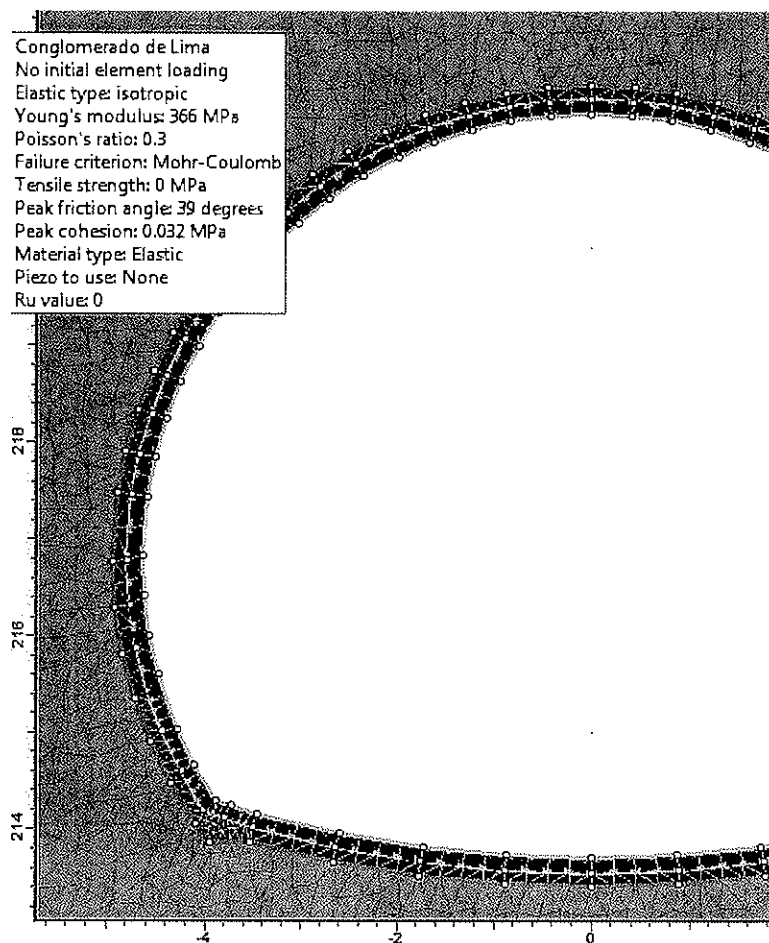


Figura 2. Ejemplo de modelización del revestimiento definitivo como un material elástico (zona de color gris oscuro) y como un elemento Beam (rojo).

El Método del Beam Equivalente consiste en incluir en el modelo, además del revestimiento como un material elástico, introducirlo como un Beam p

Con objeto de conseguir que los modelos sean representativos y además coherentes con los resultados obtenidos mediante las expresiones analíticas, cada uno de los modelos empleados ha sido calibrado mediante su aplicación a una sección geométrica circular equivalente a la que es objeto de análisis, una vez calibrado el modelo, es decir, que se obtienen los mismos resultados que por la vía analítica, se analiza la sección geométrica en cuestión.

## 3 ESFUERZOS SECCIONES CON SOLERA CURVA (TIPO A Y B)

### 3.1 Introducción

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el revestimiento definitivo a largo plazo para la secciones con solera curva, es decir, los revestimientos definitivos de las







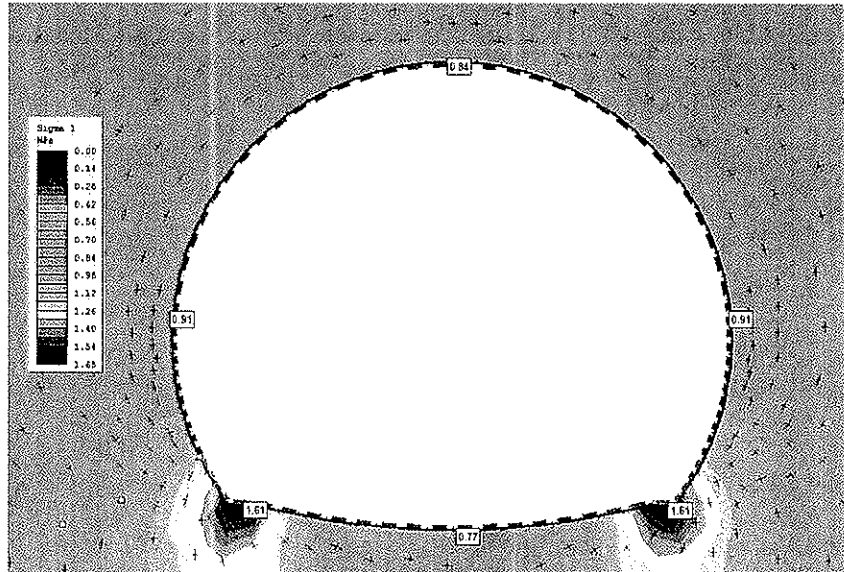
### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

secciones tipo A y B, tanto los debidos a las cargas del terreno como los ocasionados por un sismo.

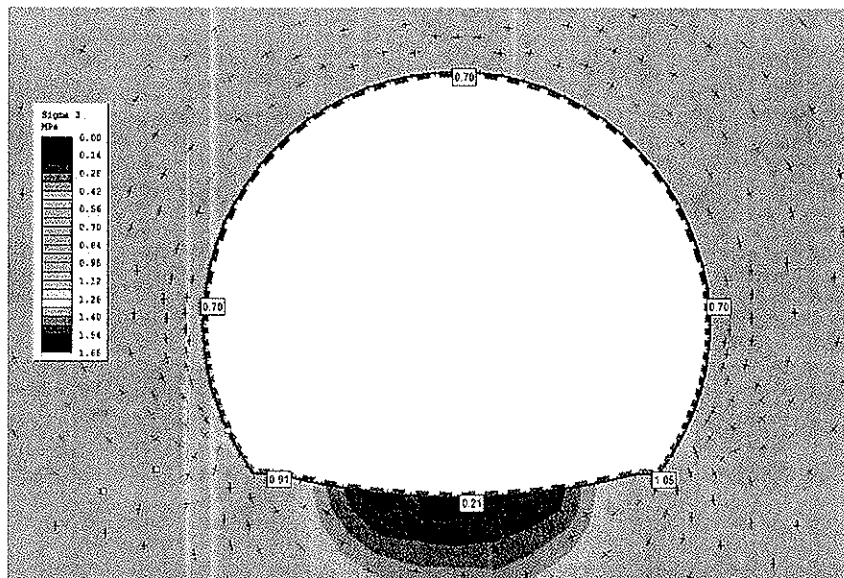
### 3.2 Carga del terreno

#### 3.2.1 Tensiones en el terreno

Tensión principal mayor:



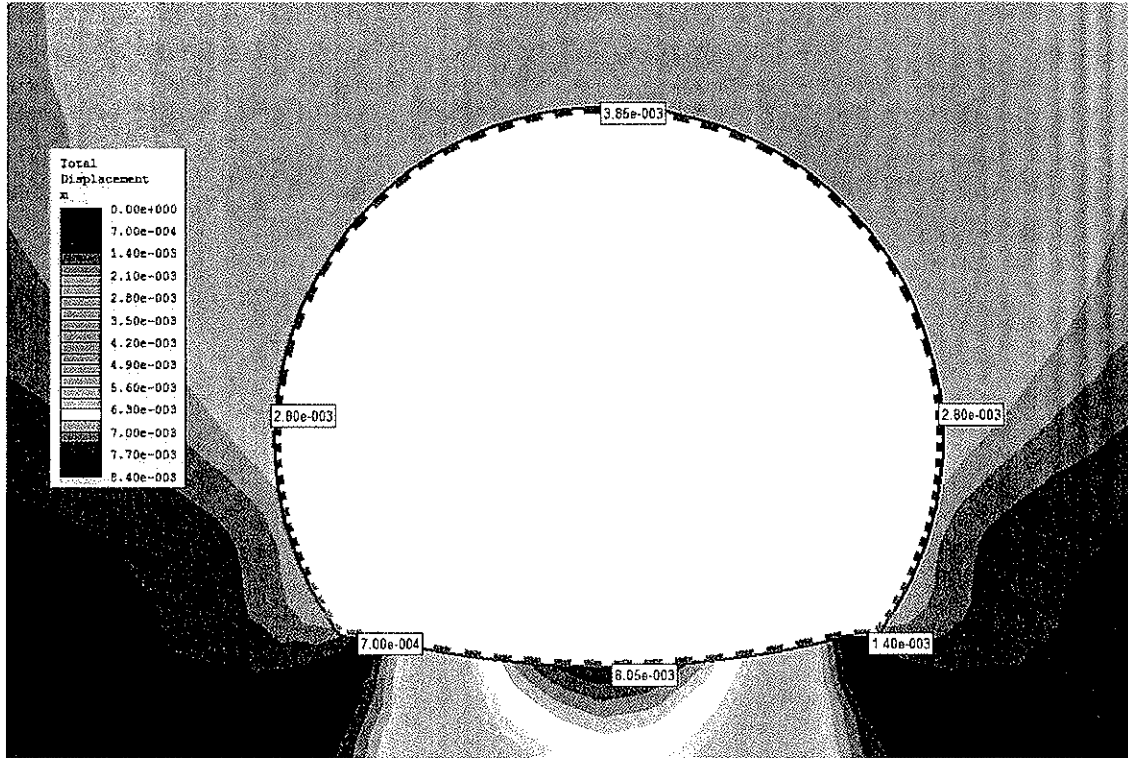
Tensión principal menor:





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

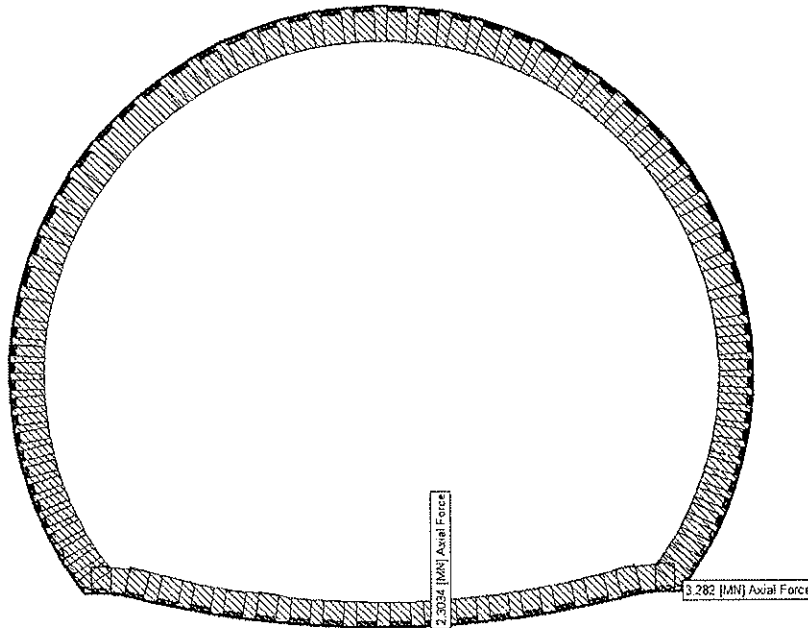
3.2.2 Deformaciones



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

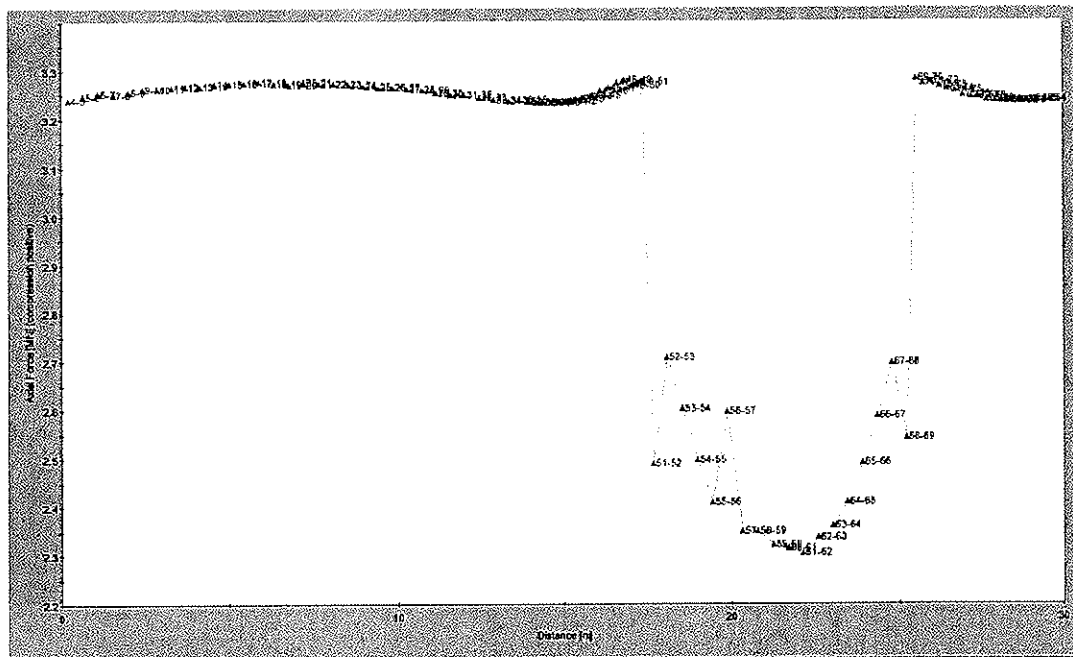
3.2.3 Esfuerzos en el revestimiento.

3.2.3.1 Esfuerzos Axiales



Valor mínimo en azul  
Valor máximo en rojo

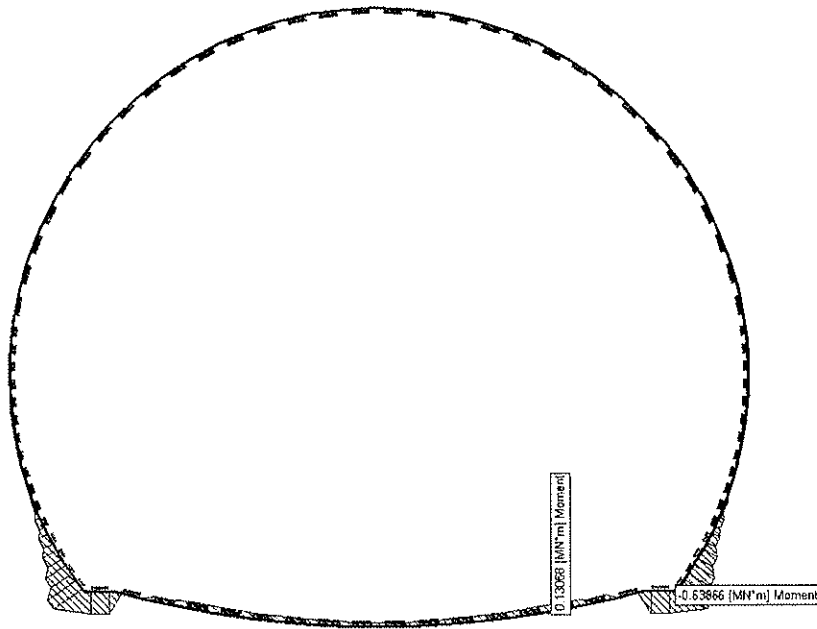
Axial Force





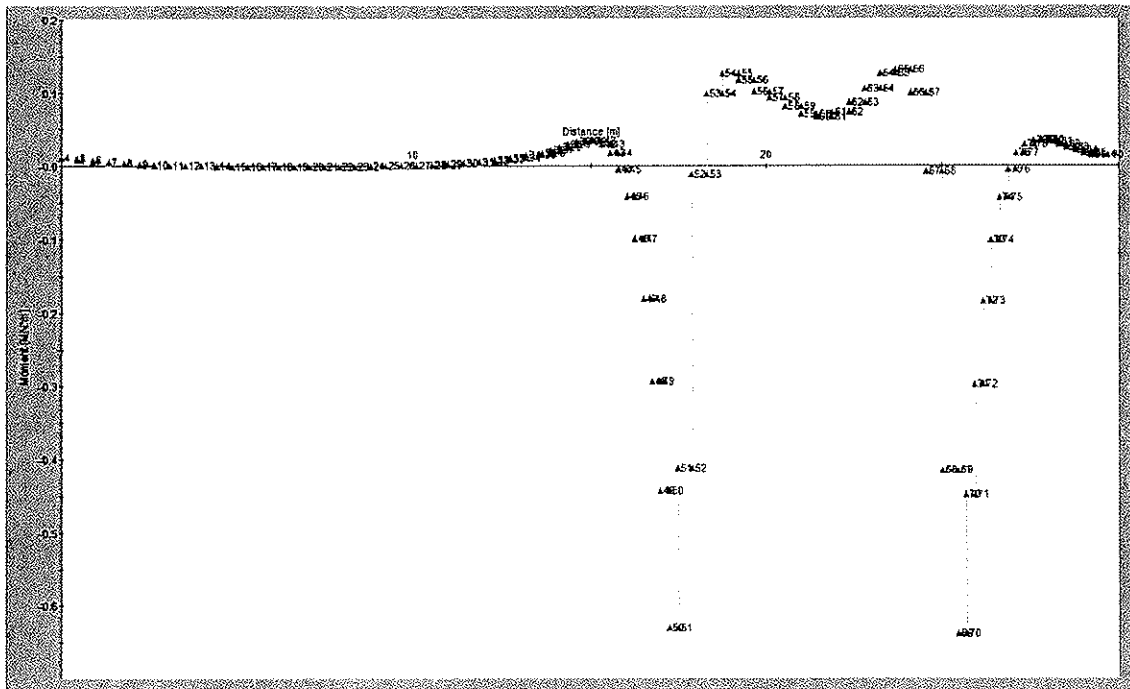
0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

3.2.3.2 Momentos flectores



Valor mínimo en azul  
Valor máximo en rojo

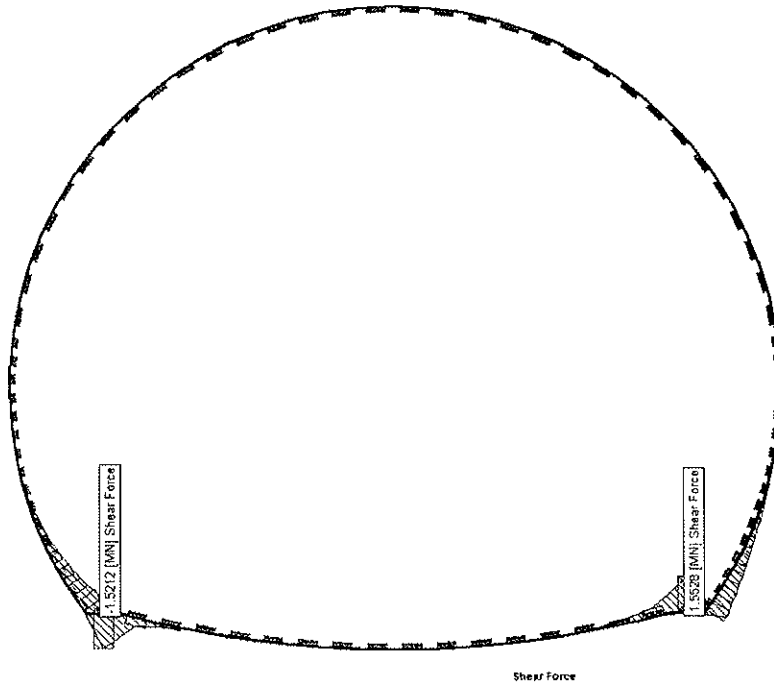
Moment





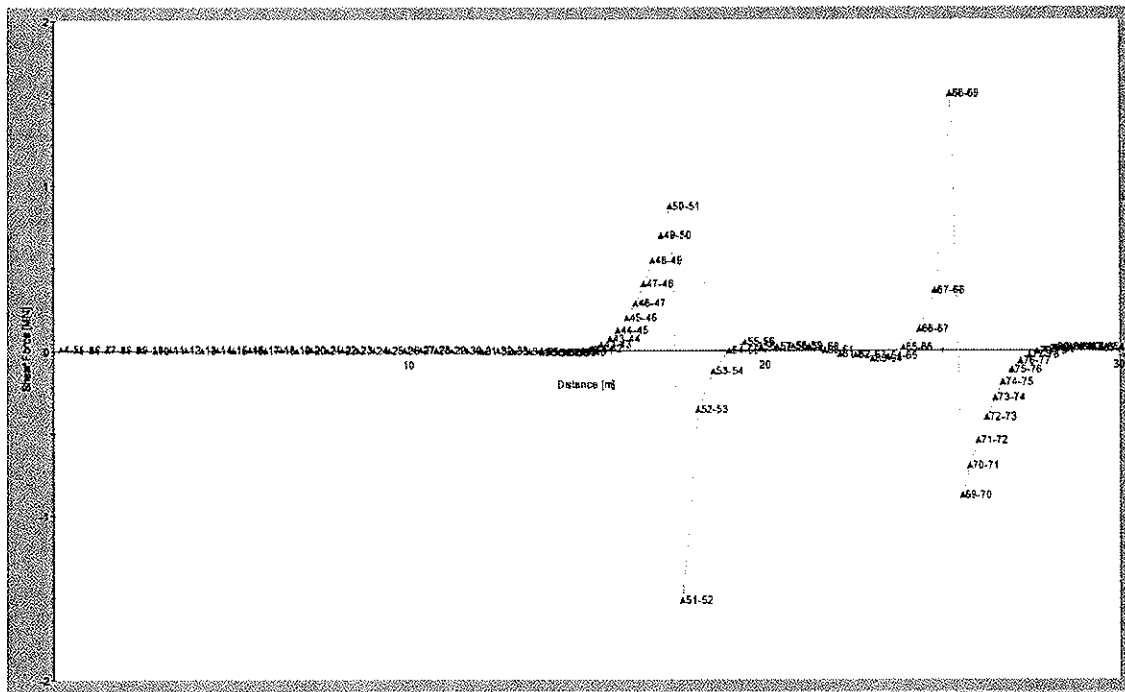
0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

3.2.3.3 Esfuerzos Cortantes



Valor mínimo en azul

Valor máximo en rojo





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

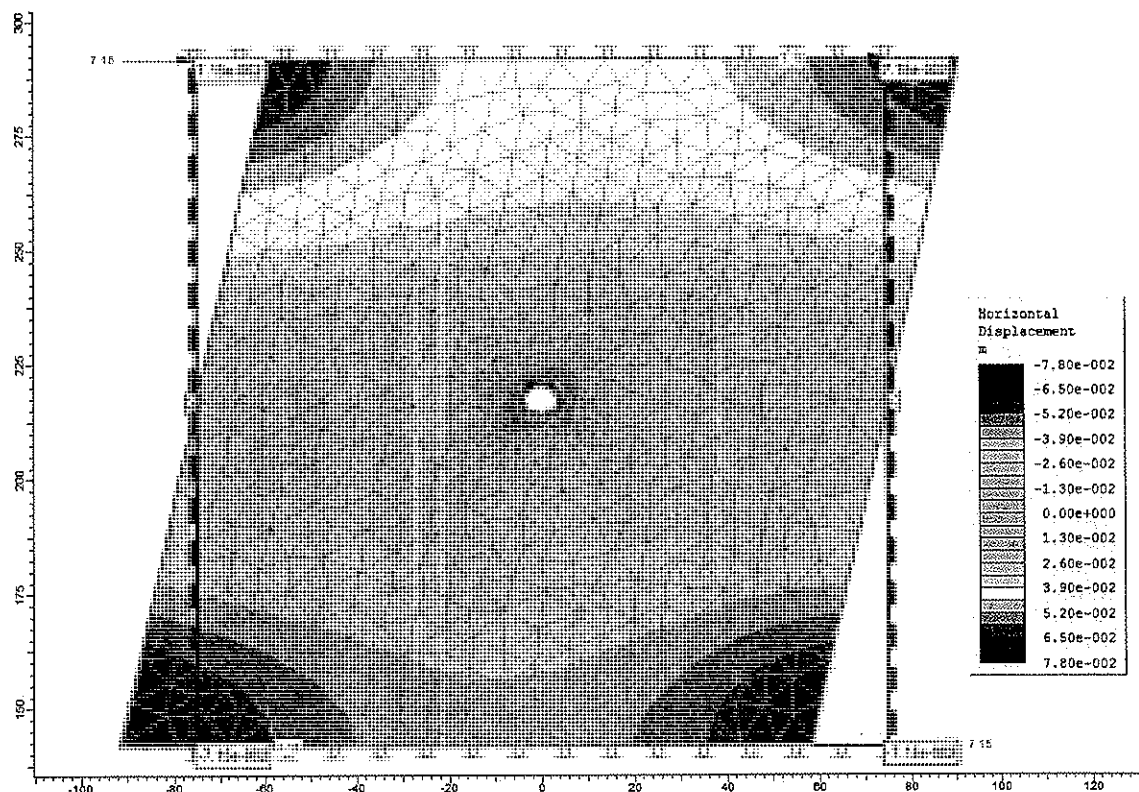
### 3.3 Sismo

#### 3.3.1 Determinación de la deformación del modelo

Los valores de los parámetros utilizados son los siguientes:

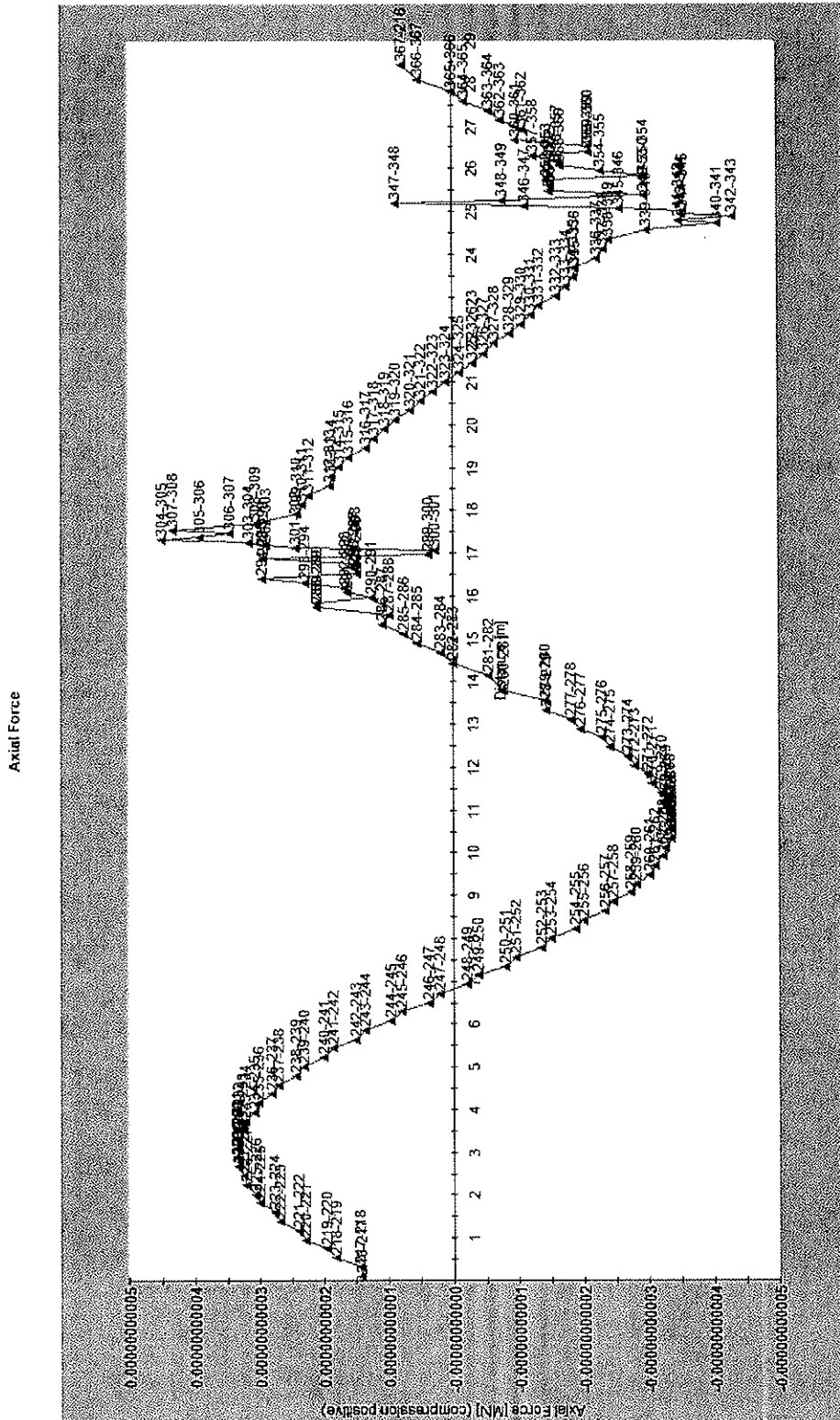
SISMO		
$a_B =$	0,40 g	Aceleración básica
$S =$	1,00	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S} =$	0,4 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C =$	0,70	Coefficiente de profundidad
$a_{Z,MAX} =$	0,28 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_S =$	450,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k =$	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_s =$	0,4256 m/s	Velocidad de las ondas de cortante del sismo ( $V_s = k \cdot a_{Z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX} =$	0,000946 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_s / C_S$ )
$h_{MODELO} =$	150 m	Altura modelo numérico
$\Delta X =$	0,070933 m	Desplazamiento en los vértices del modelo numérico

#### 3.3.2 Modelo deformado



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

3.3.3 Esfuerzos Axiales



Nota: Los valores de los axiales están 10<sup>10</sup> veces minorados

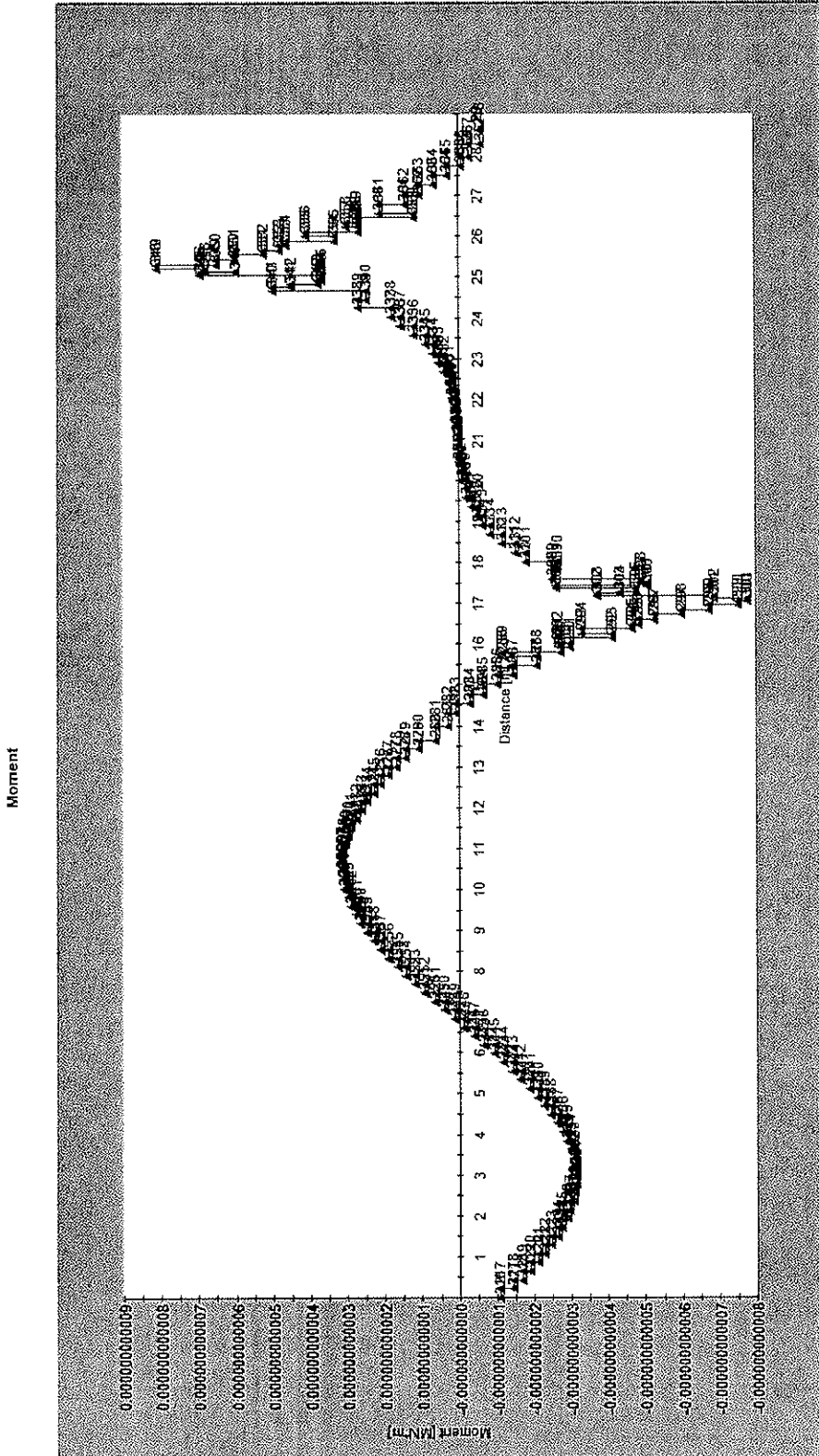
3.3.4 Momentos

0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



Flectores



Nota: Los valores de los momentos están  $10^{10}$  veces minorados

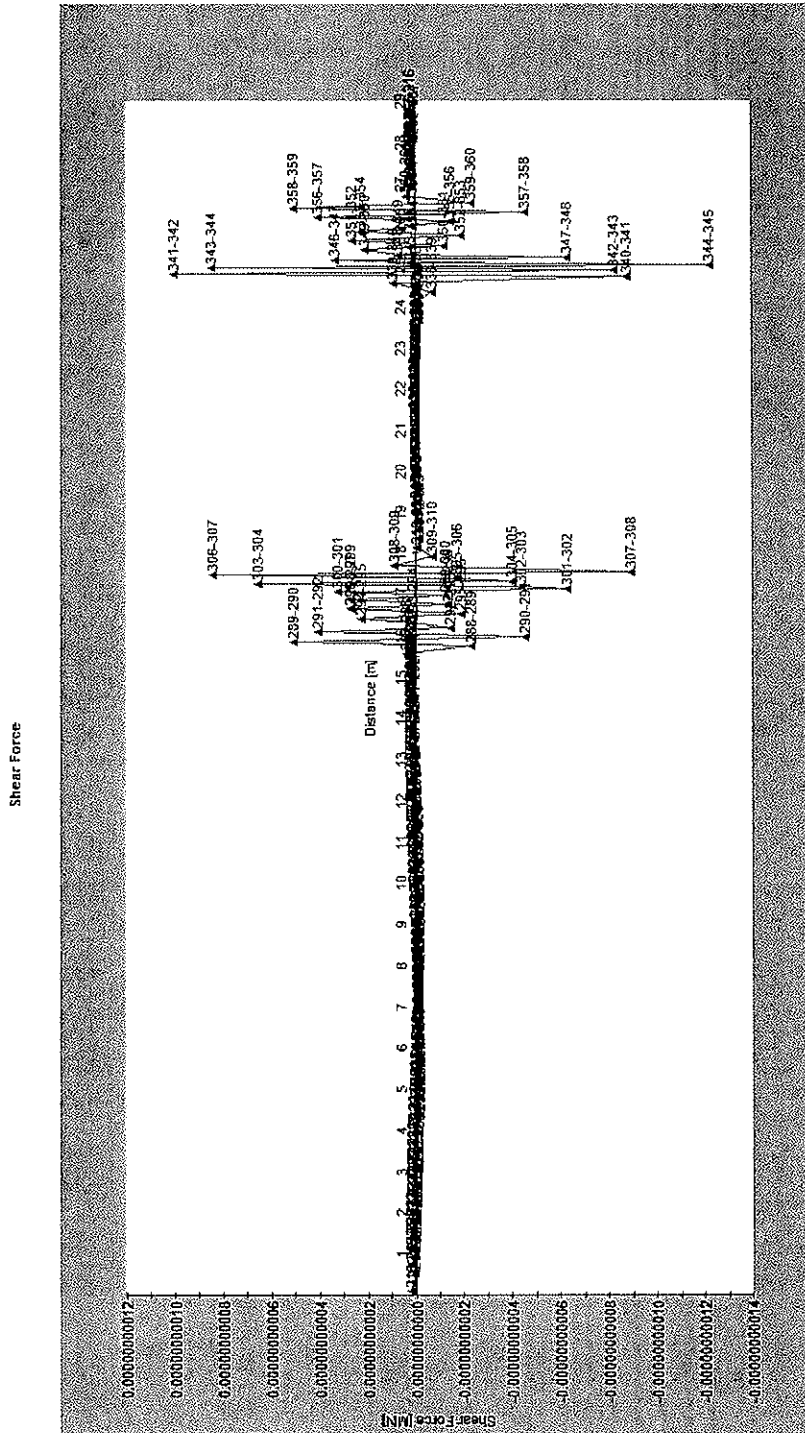




0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



3.3.5 Esfuerzos cortantes



Nota: Los valores de los cortantes están 10<sup>10</sup> veces minorados



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 4 ESFUERZOS SECCIÓN CON CONTRABÓVEDA (TIPO C)

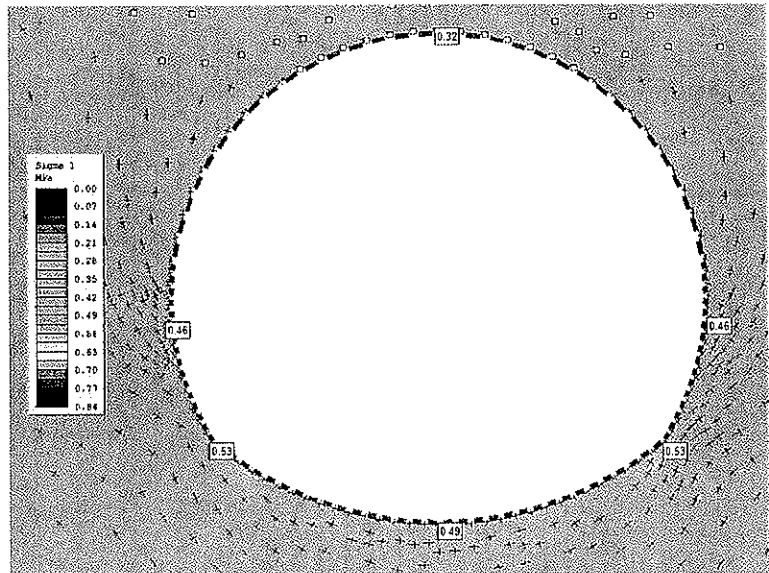
### 4.1 Introducción

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el revestimiento definitivo a largo plazo para la sección con contrabóveda, es decir, el revestimiento definitivo de la sección tipo C, tanto los debidos a las cargas del terreno como los ocasionados por un sismo.

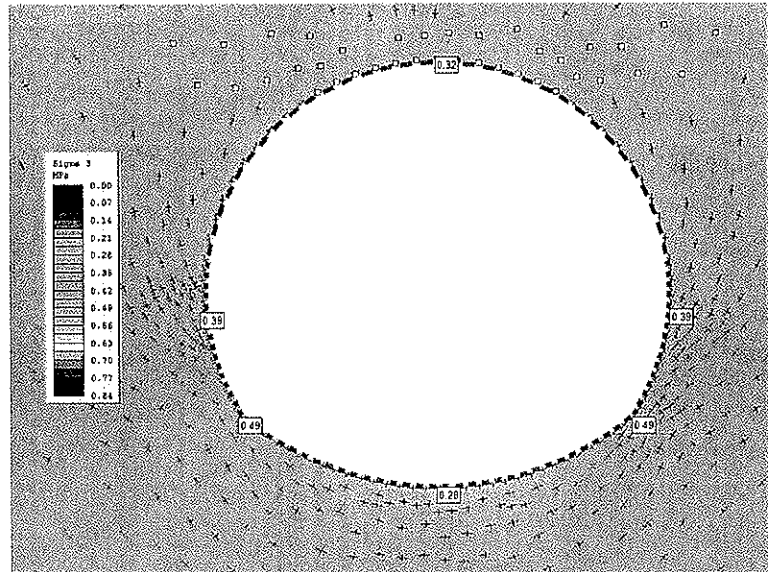
### 4.2 Carga del terreno

#### 4.2.1 Tensiones en el terreno

Tensión principal mayor:

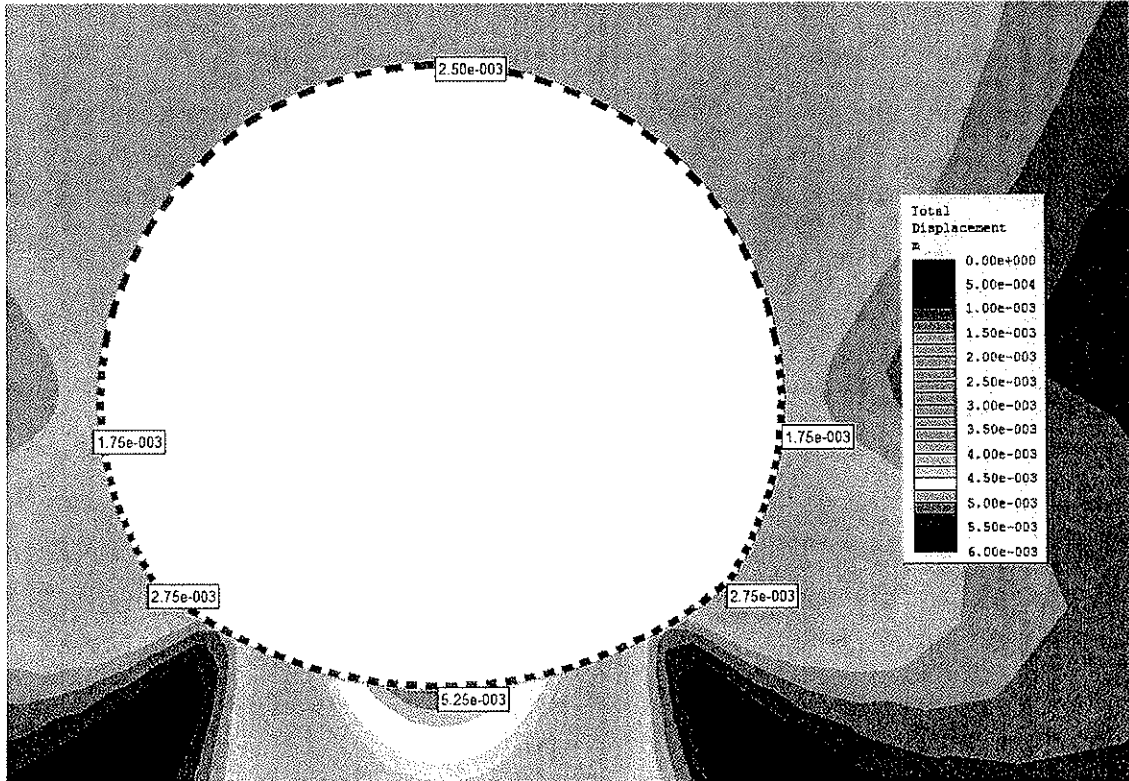


Tensión principal menor:



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

4.2.2 Deformaciones

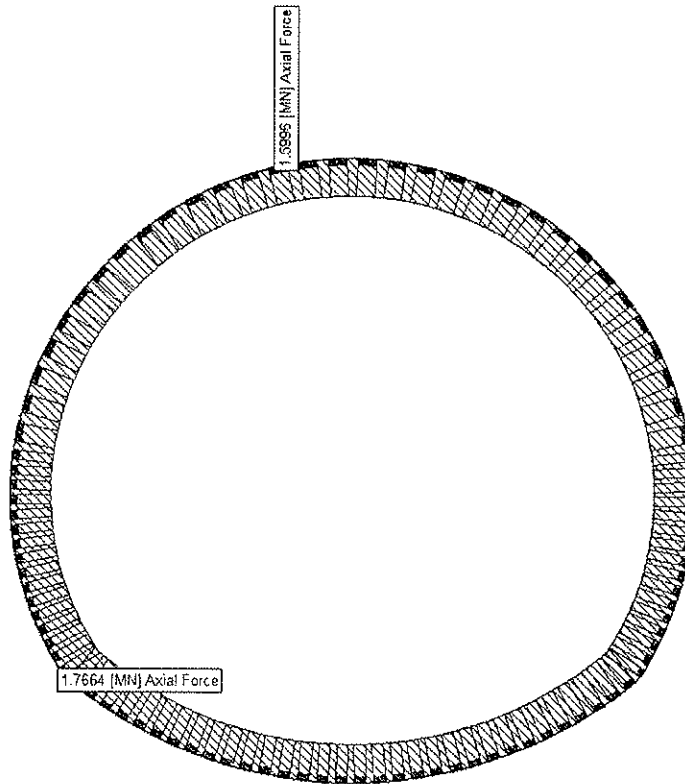




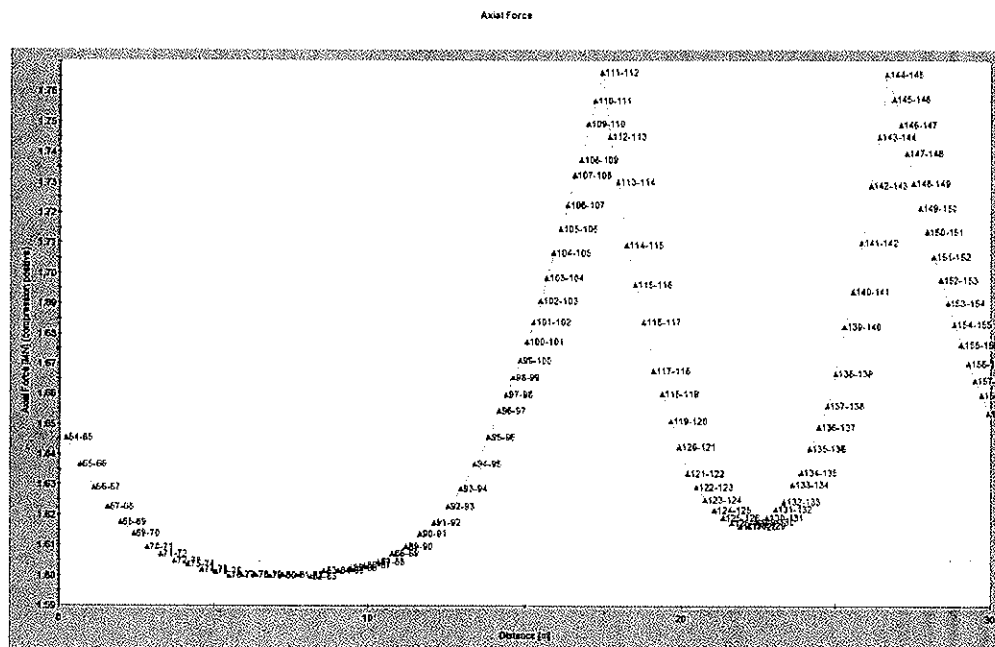
0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

4.2.3 Esfuerzos en el revestimiento.

4.2.3.1 Esfuerzos Axiales



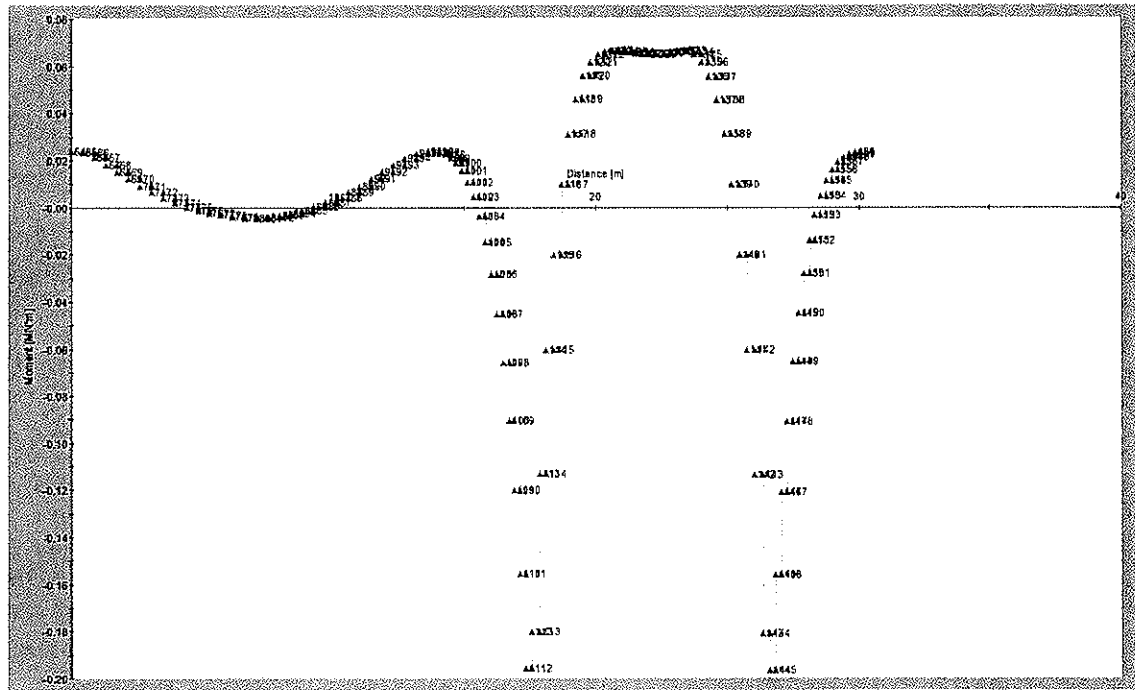
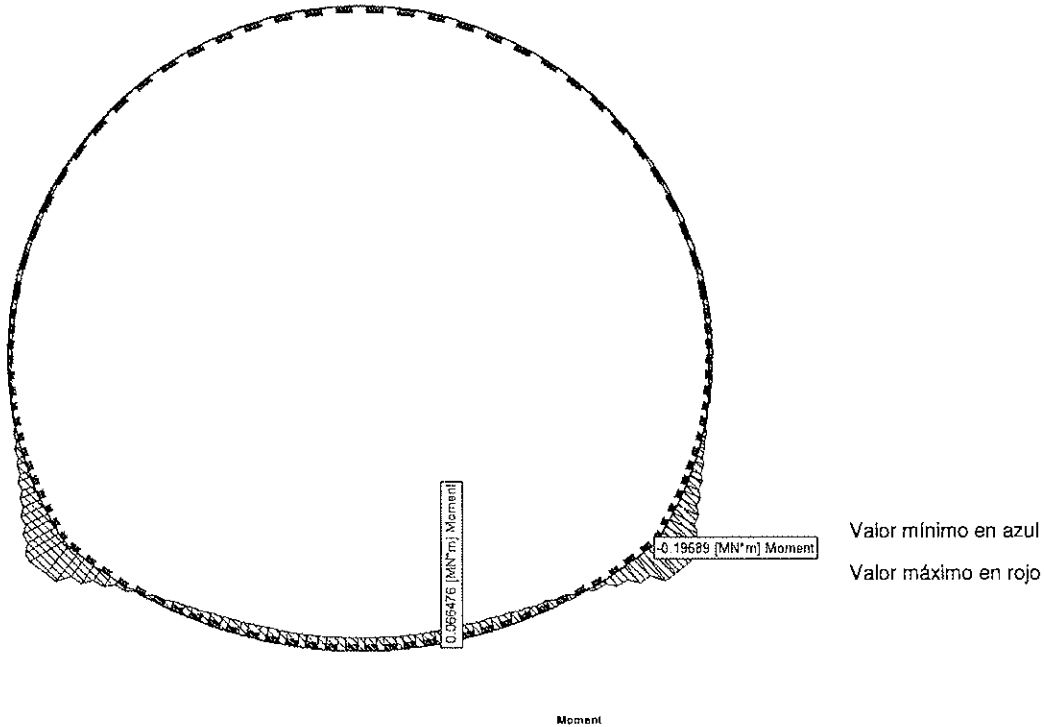
Valor mínimo en azul  
Valor máximo en rojo





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

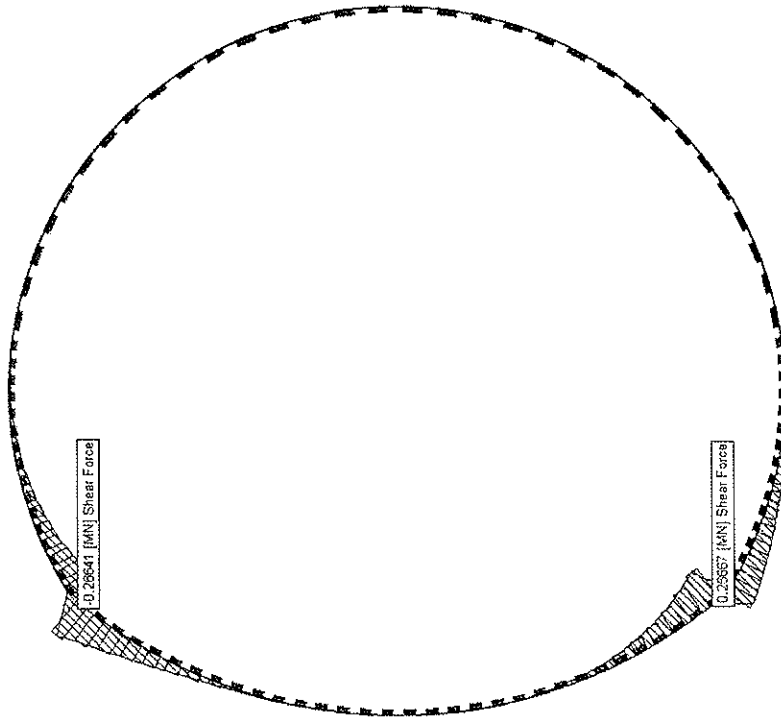
4.2.3.2 Momentos flectores



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

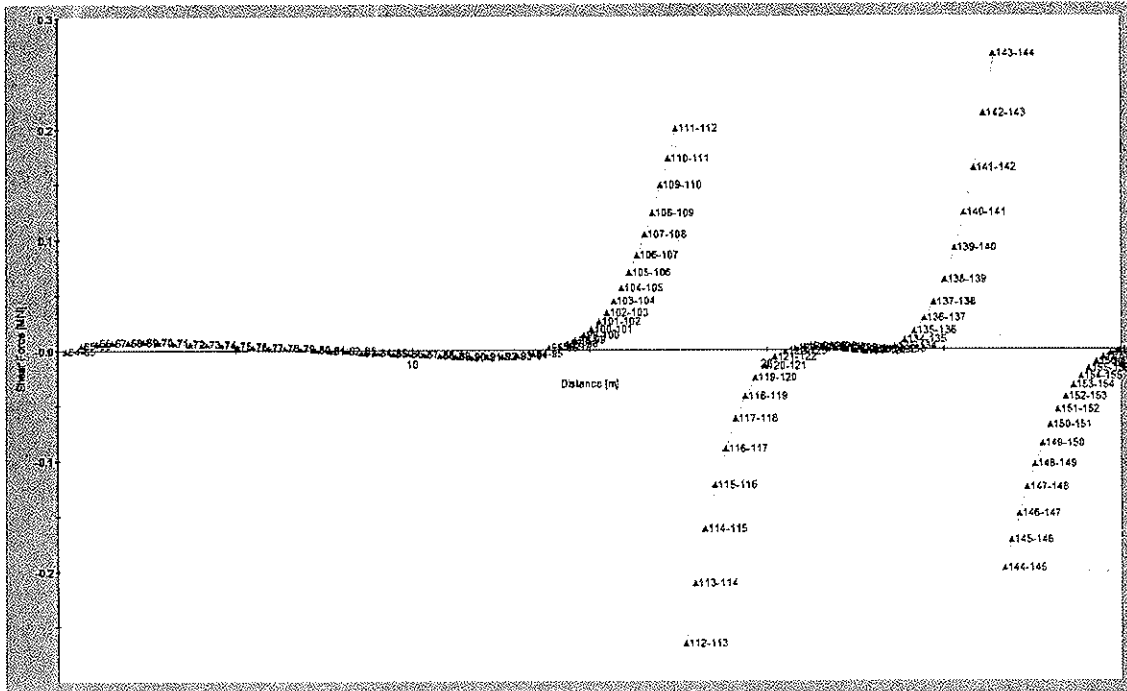


4.2.3.3 Esfuerzos Cortantes



Valor mínimo en azul  
Valor máximo en rojo

Shear Force



[13338]

012939

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



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

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

4.3 Sismo

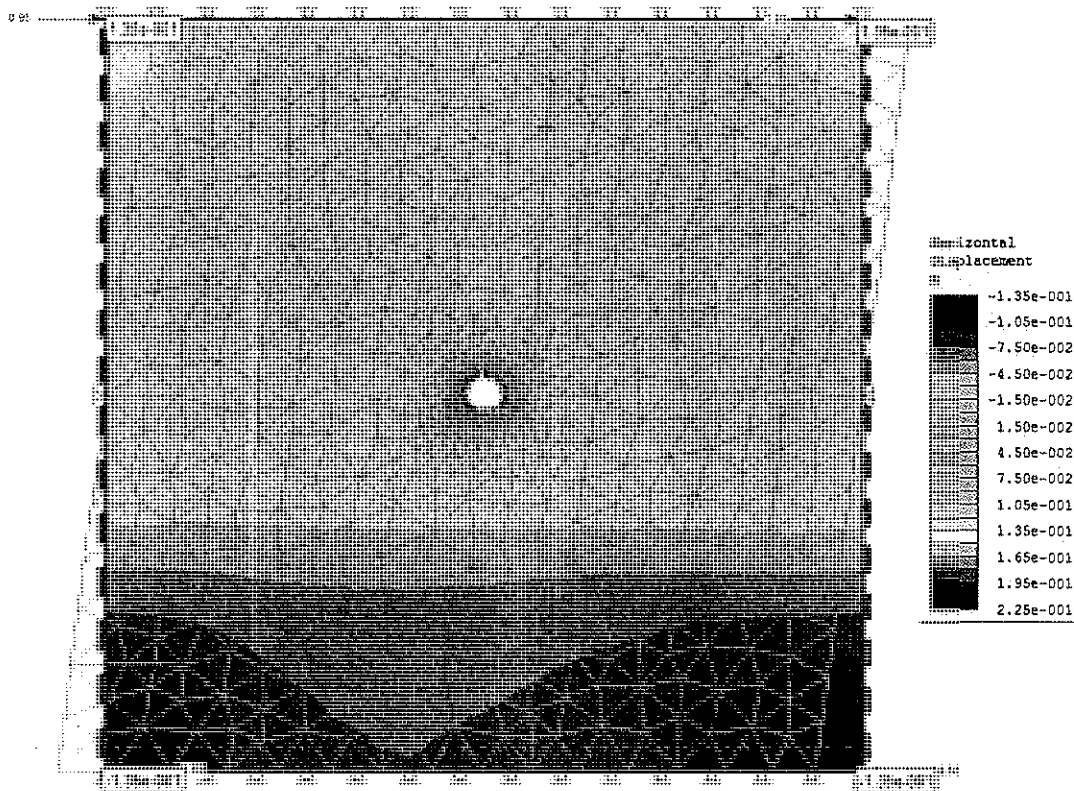
4.3.1 Determinación de la deformación del modelo

Los valores de los parámetros utilizados son los siguientes:

SISMO

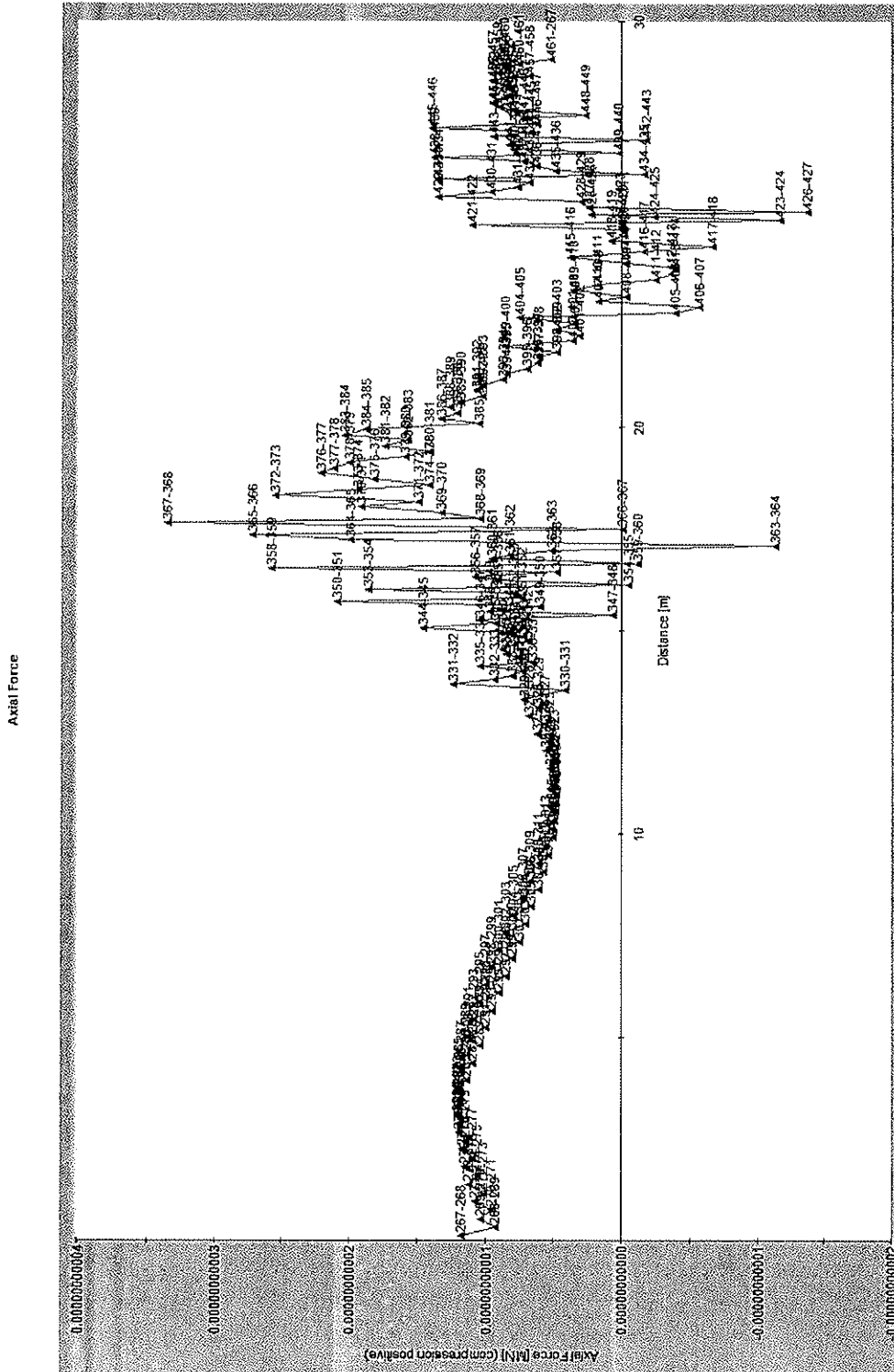
$a_B =$	0,40 g	Aceleración básica
$S =$	1,20	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S} =$	0,48 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C =$	0,90	Coefficiente de profundidad
$a_{z,MAX} =$	0,432 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_s =$	400,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k =$	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_s =$	0,65664 m/s	Velocidad de las ondas de cortante del sismo ( $V_s = k \cdot a_{z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX} =$	0,001642 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_s / C_s$ )
$h_{MODELO} =$	150 m	Altura modelo numérico
$\Delta X =$	0,12312 m	Desplazamiento en los vértices del modelo numérico

4.3.2 Modelo deformado





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



### 4.3.3 Esfuerzos Axiales





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

**HOJA EN BLANCO**

Nota: Los valores de los axiles están  $10^{10}$  veces minorados

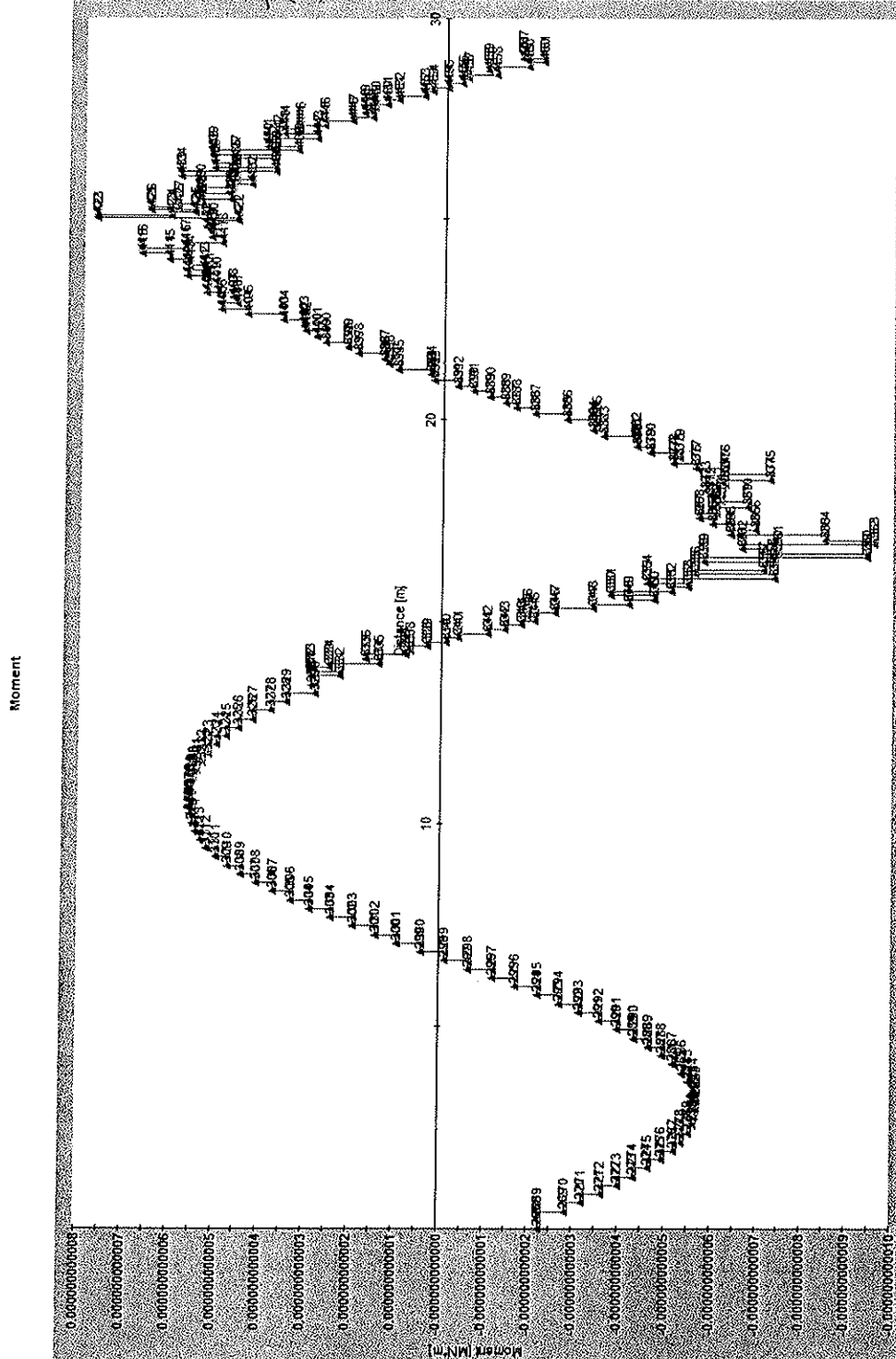
### 4.3.4 Momentos Flectores





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

4.3.4 Momentos flectores



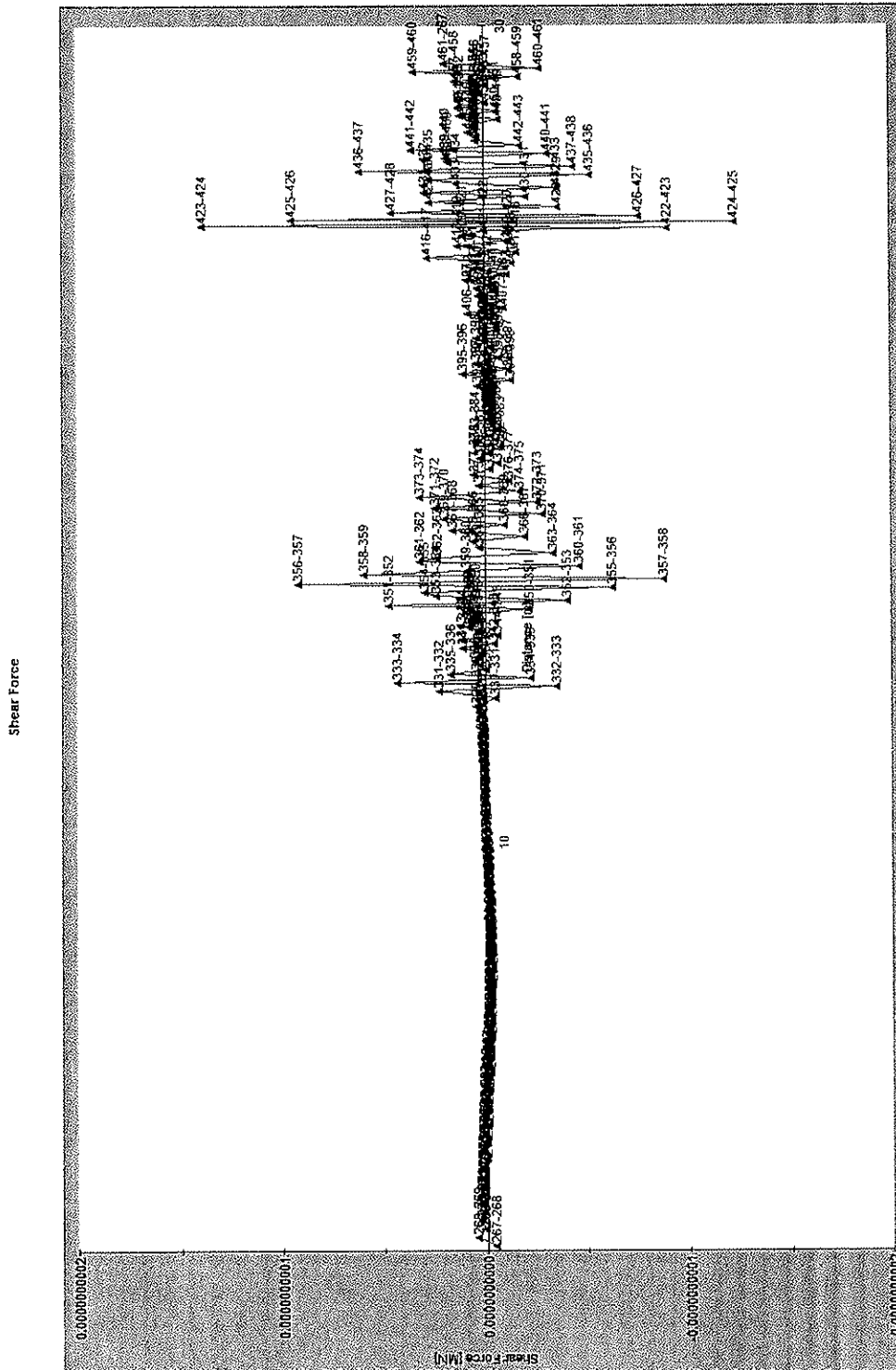
Nota: Los valores de los momentos están 10<sup>10</sup> veces minorados





0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

4.3.5 Esfuerzos cortantes



Nota: Los valores de los cortantes están  $10^{10}$  veces minorados



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



5 ESFUERZOS SECCIÓN CAVERNA EJE ESTACIÓN JAVIER PRADO

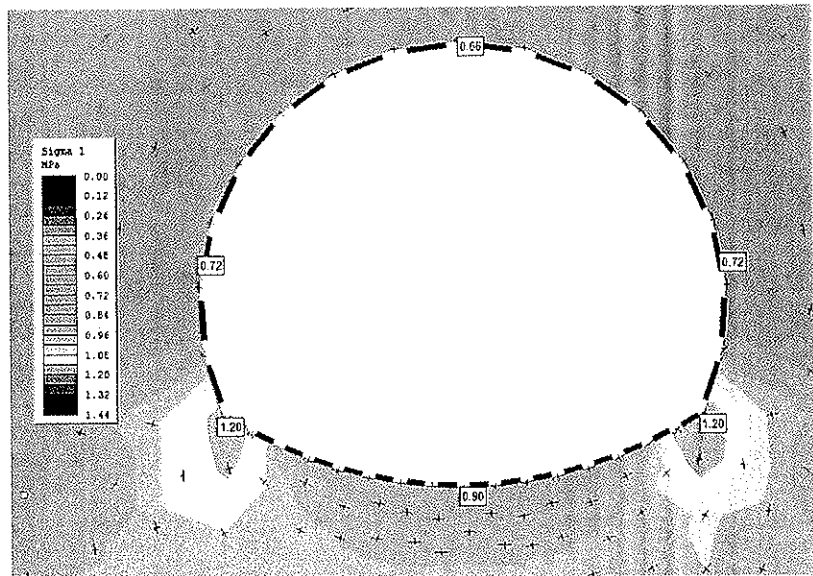
5.1 Introducción

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el revestimiento definitivo a largo plazo para la sección con contrabóveda, es decir, el revestimiento definitivo de la sección tipo C, tanto los debidos a las cargas del terreno como los ocasionados por un sismo.

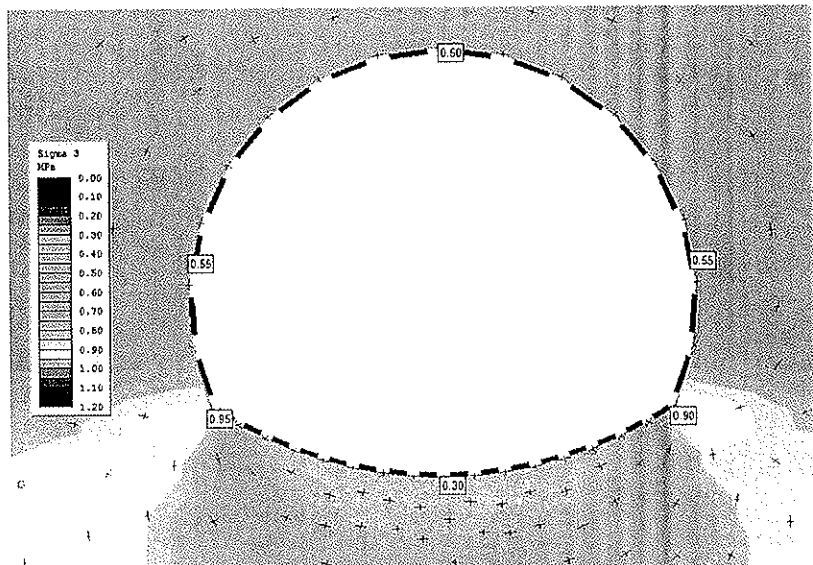
5.2 Carga del terreno

5.2.1 Tensiones en el terreno

Tensión principal mayor:

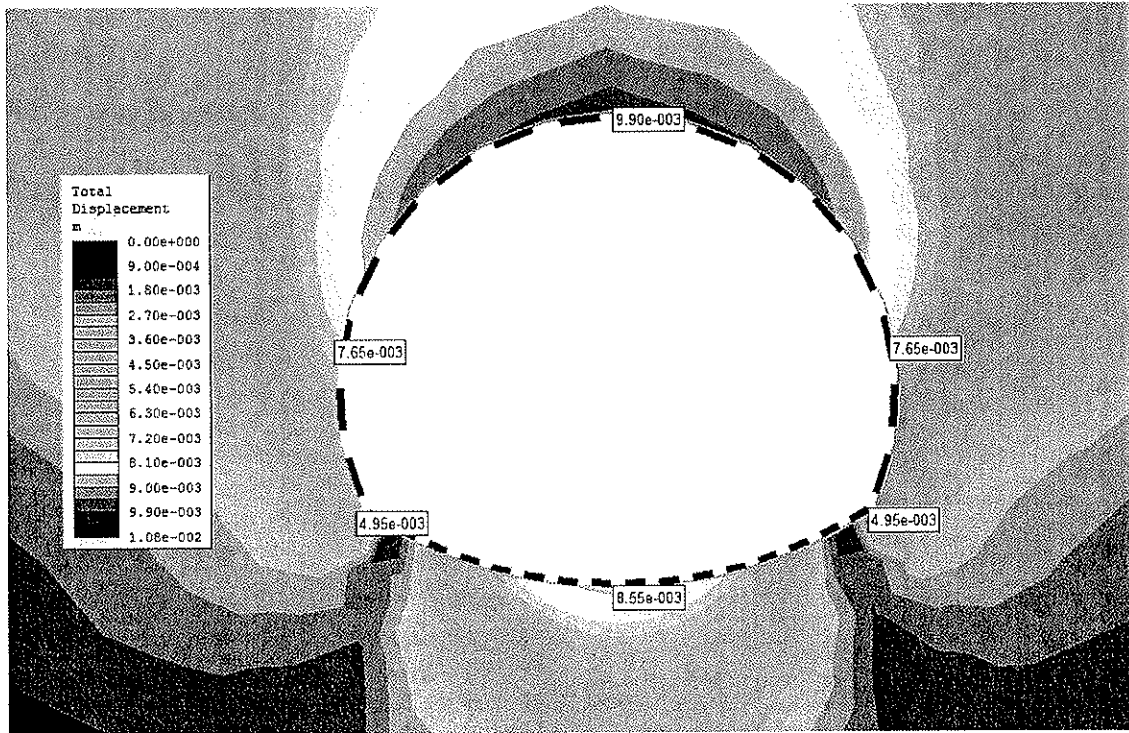


Tensión principal menor:



### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

### 5.2.2 Deformaciones

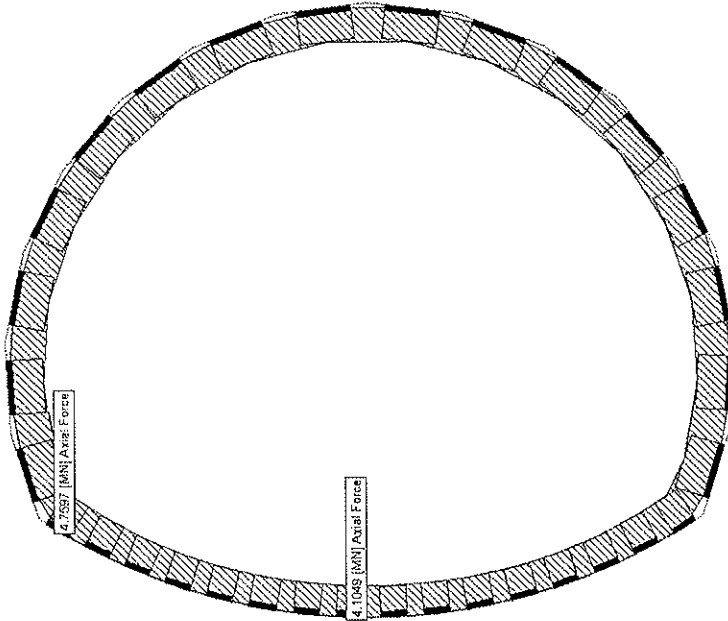




0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

5.2.3 Esfuerzos en el revestimiento.

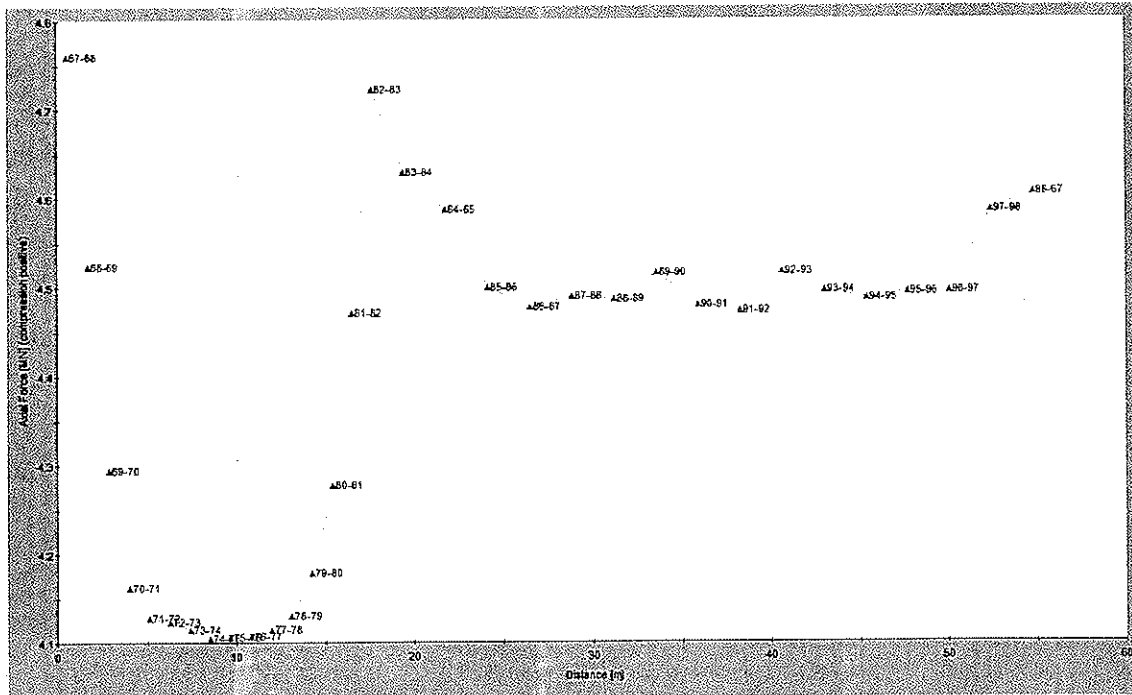
5.2.3.1 Esfuerzos Axiales



Valor mínimo en azul

Valor máximo en rojo

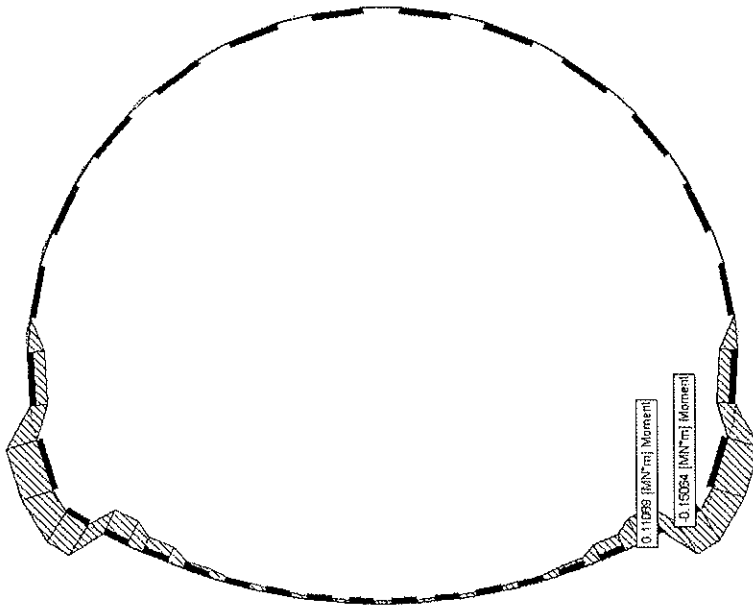
Axial Force



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



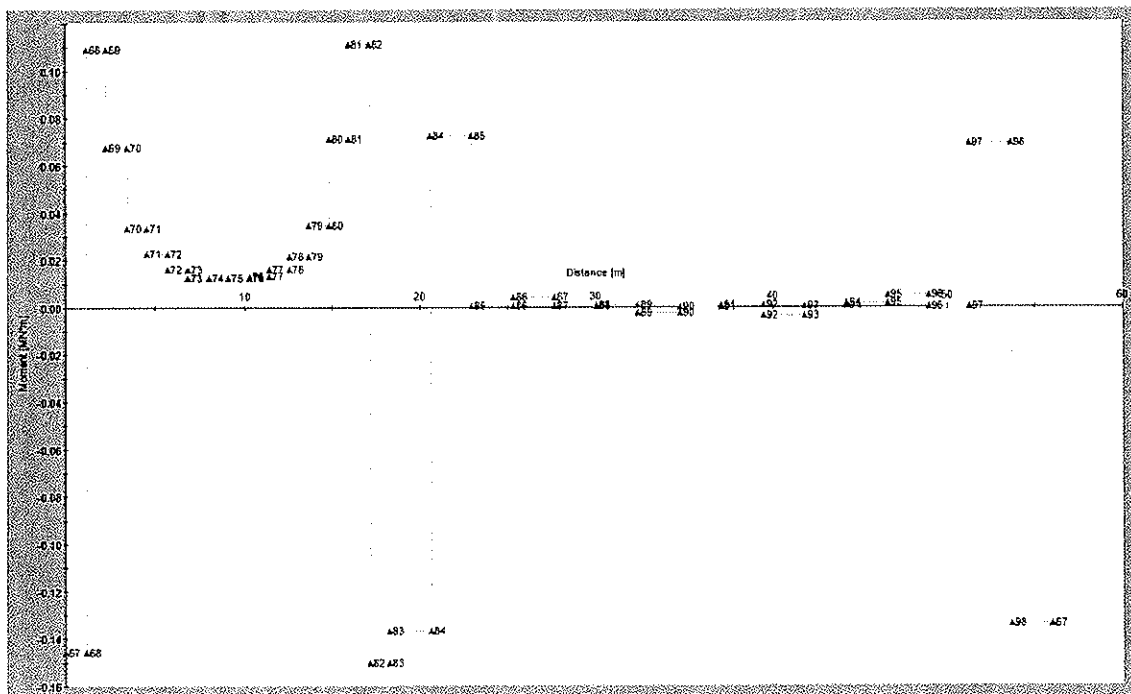
5.2.3.2 Momentos flectores



Valor mínimo en azul

Valor máximo en rojo

Moment



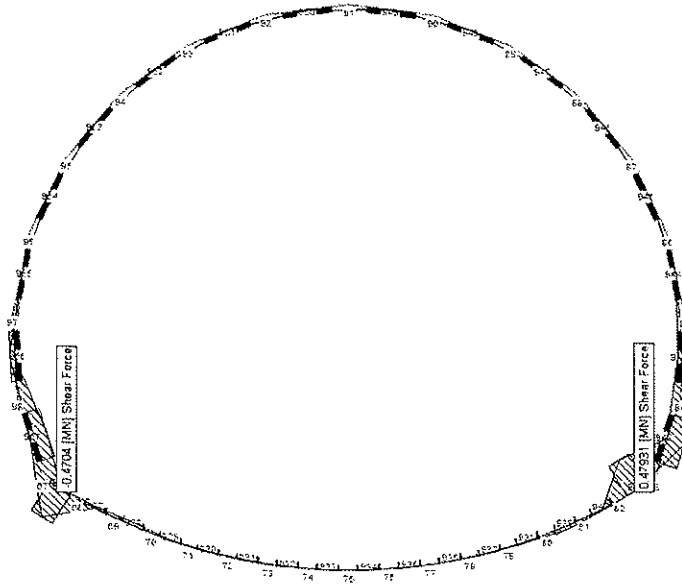


**0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**CONSORCIO**  
NUEVO METRO DE LIMA

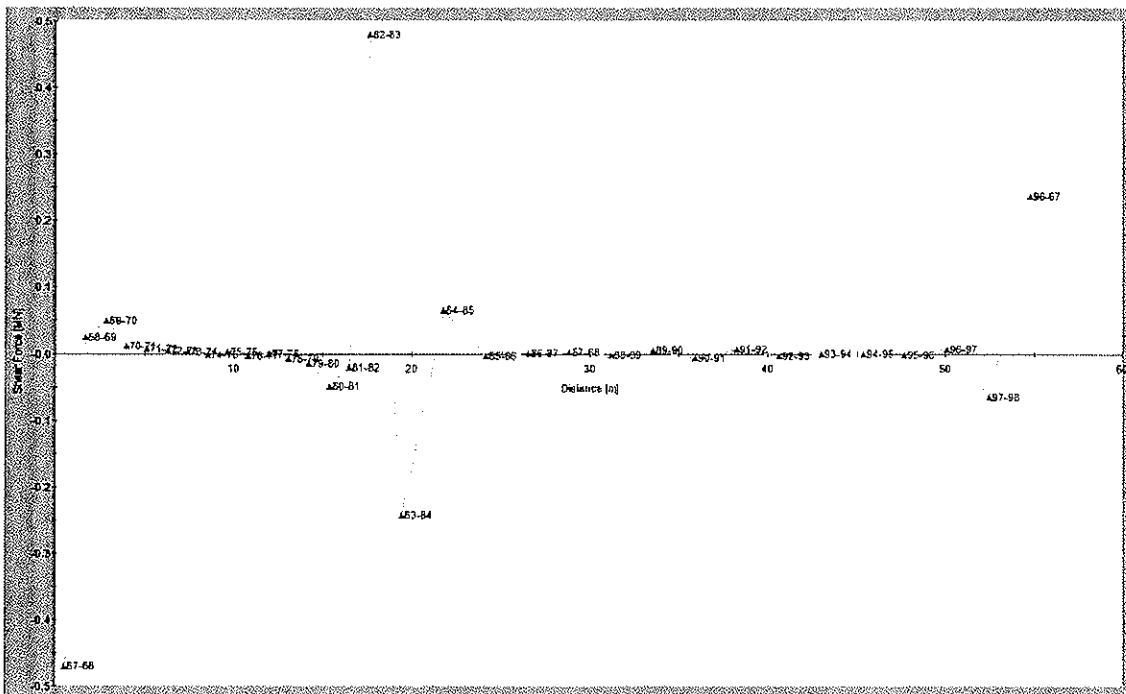


**5.2.3.3 Esfuerzos Cortantes**



Valor mínimo en azul  
Valor máximo en rojo

Shear Force





### 0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

## 5.3 Sismo

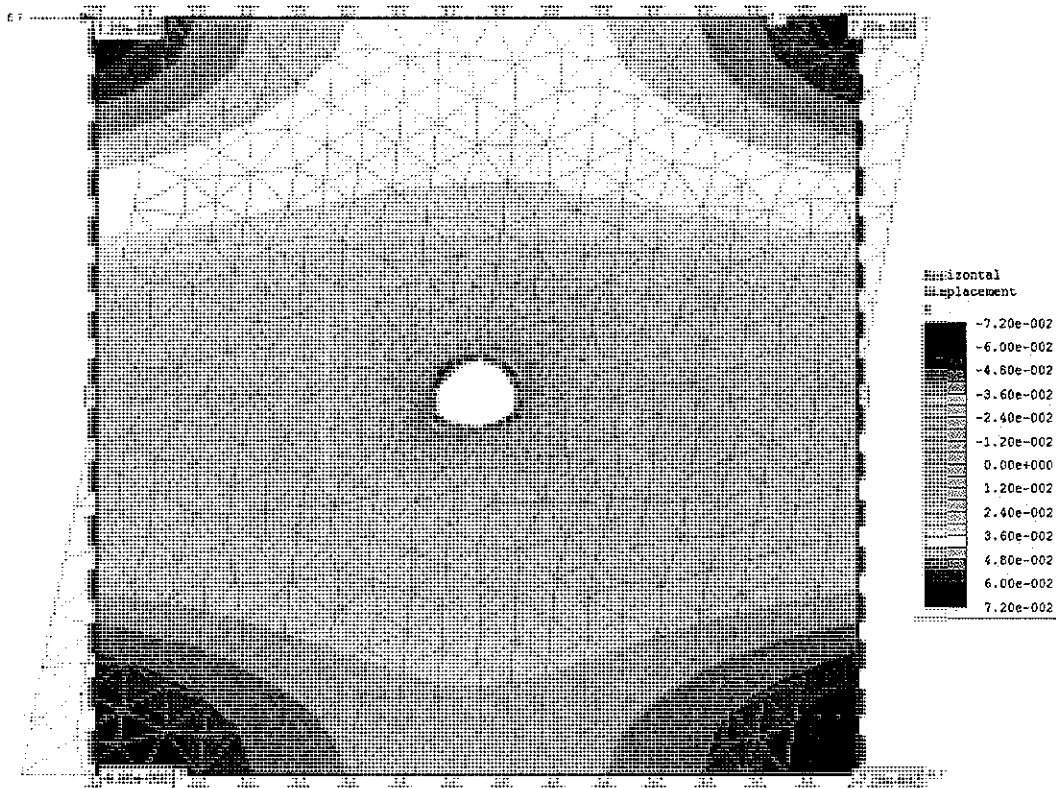
### 5.3.1 Determinación de la deformación del modelo

Los valores de los parámetros utilizados son los siguientes:

#### SISMO

$a_B =$	0,40 g	Aceleración básica
$S =$	1,00	Coefficiente del terreno
$a_{MAX,S} =$	0,4 g	Aceleración máxima ( $a_{MAX,S} = S \cdot a_B$ )
$C =$	0,90	Coefficiente de profundidad
$a_{z,MAX} =$	0,36 g	Aceleración máxima en profundidad ( $a_{z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S}$ )
$C_s =$	600,00 m/s	Velocidad pico del terreno
$k =$	1,52	Coefficiente de la velocidad de pico (dependiente de la magnitud del sismo)
$V_s =$	0,5472 m/s	Velocidad de de las ondas de cortante del sismo ( $V_s = k \cdot a_{z,MAX}$ )
$\gamma_{MAX} =$	0,000912 rad	Distorsión angular máxima ( $\gamma_{MAX} = V_s / C_s$ )
$h_{MODELO} =$	150 m/s	Altura modelo numérico
$\Delta X =$	0,0684 m/s	Desplazamiento en los vértices del modelo numérico

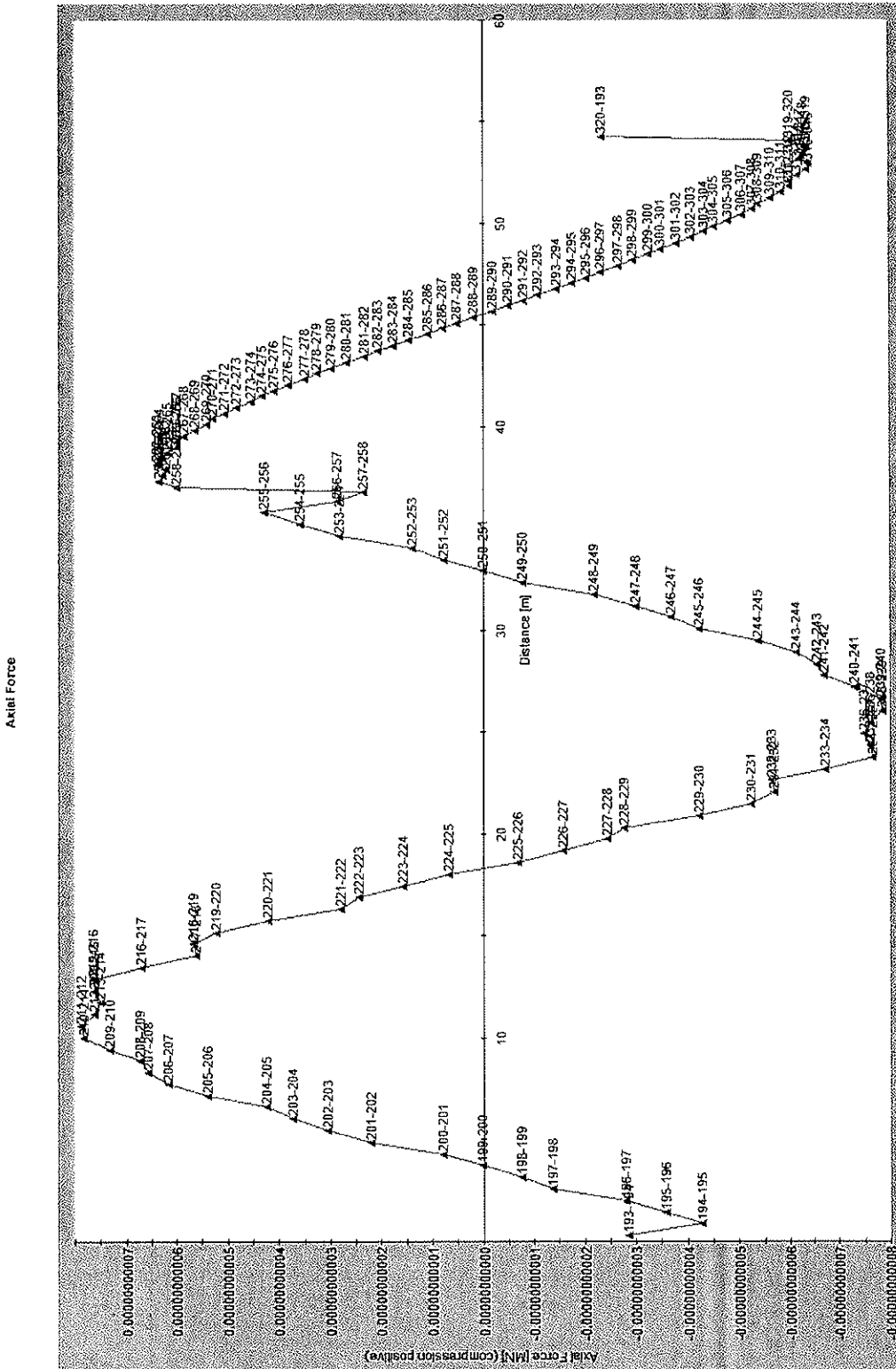
### 5.3.2 Modelo deformado



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



5.3.3 Esfuerzos Axiales

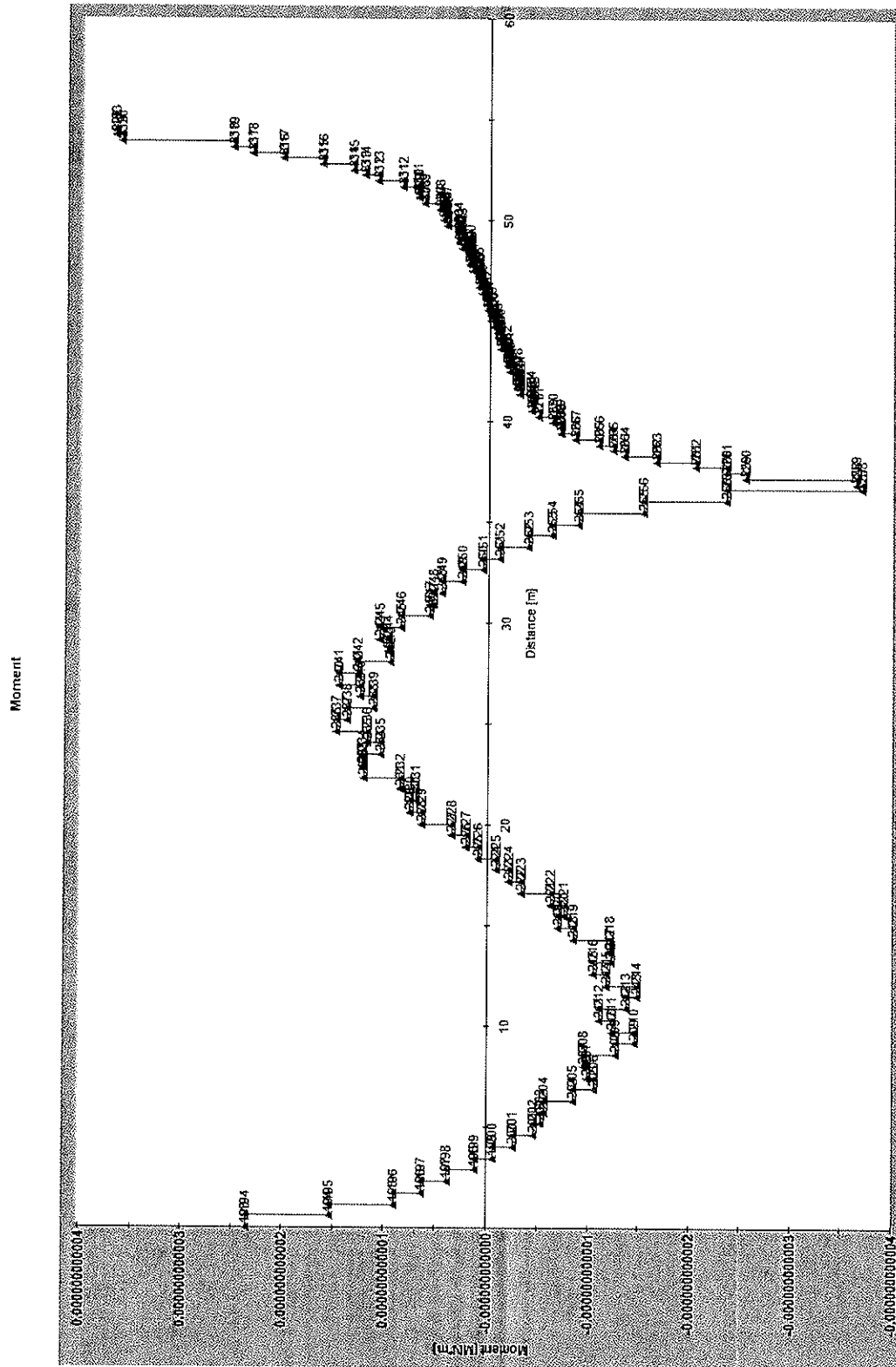


Nota: Los valores de los axiales están 10<sup>10</sup> veces minorados

0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



5.3.4 Momentos Flectores



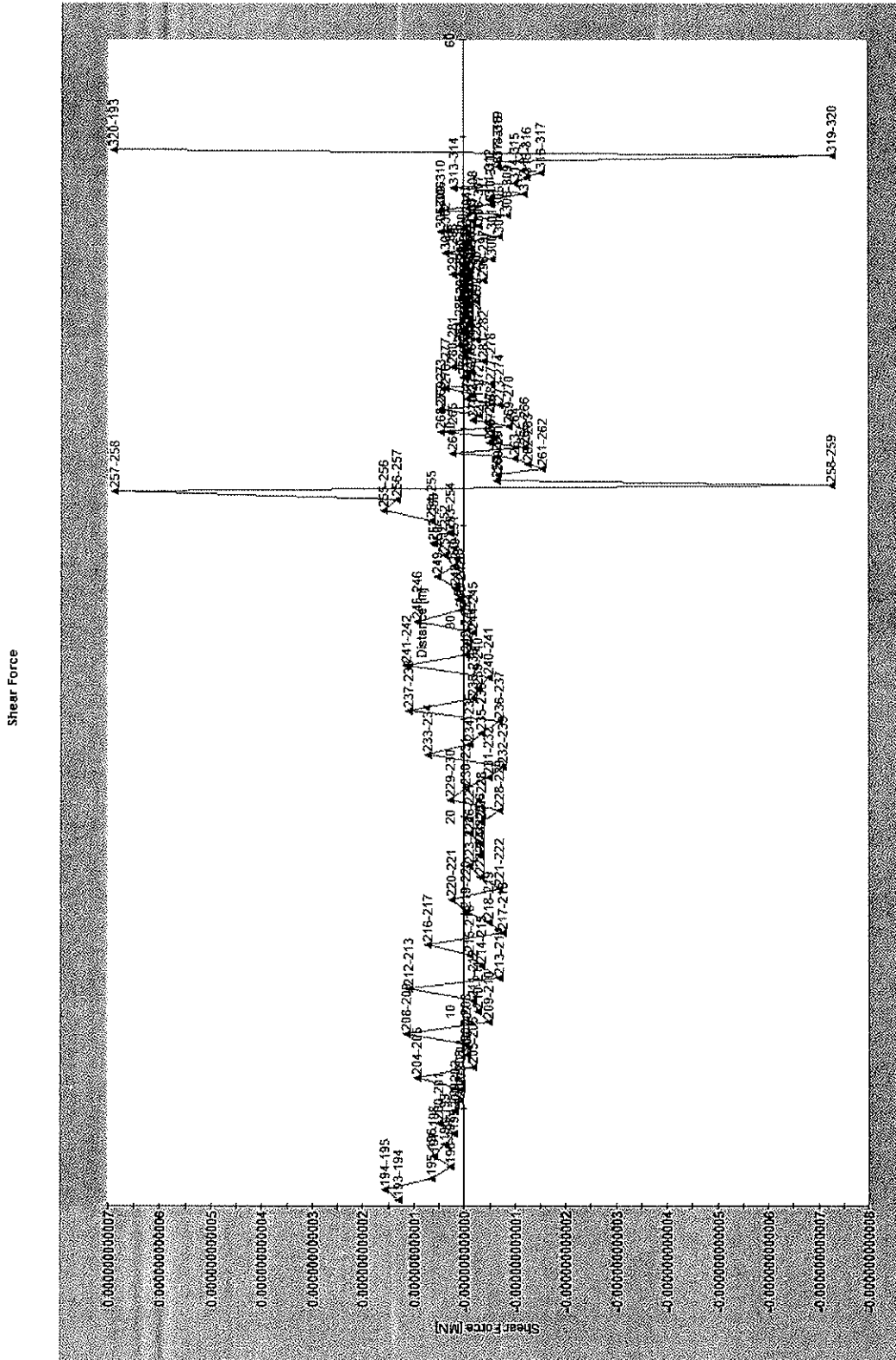
Nota: Los valores de los momentos están 10<sup>10</sup> veces minorados



0.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel



5.3.5 Esfuerzos cortantes



Nota: Los valores de los cortantes están 10<sup>10</sup> veces minorados



[13353]  
012999

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



### O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

O.3.2.	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

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

## O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL

### APÉNDICE 4. DIMENSIONAMIENTO REVESTIMIENTO DEFINITIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





## O.3.1. Túneles

ÍNDICE

<b>1</b>	<b>MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD</b>	<b>168</b>
<b>2</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>168</b>
<b>3</b>	<b>COMBINACIONES</b>	<b>169</b>
<b>4</b>	<b>CÁLCULO</b>	<b>170</b>
4.1	SECCIÓN CON SOLERA CURVA	170
4.1.1	Definición geométrica	170
4.1.2	Esfuerzos	171
4.1.2.1	Servicio	171
4.1.2.2	Sismo	173
4.1.3	Dimensionamiento	178
4.1.3.1	Hipótesis 1	178
4.1.3.2	Hipótesis 2	180
4.1.3.3	Resumen	183
4.2	SECCIÓN CON CONTRABÓVEDA	184
4.2.1	Definición geométrica	184
4.2.2	Esfuerzos	185
4.2.2.1	Servicio	185
4.2.2.2	Sismo	187
4.2.3	Dimensionamiento	193
4.2.3.1	Hipótesis 1	193
4.2.3.2	Hipótesis 2	197
4.2.3.3	Hipótesis 3	201
4.2.3.4	Hipótesis 4	206
4.2.3.5	Resumen	210





### 0.3.1. Túneles

## 1 MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Los materiales utilizados son:

#### Hormigón:

- Resistencia característica:  $f_{ck} = 40$  Mpa
- Coeficiente de minoración:  $\gamma_c = 1,50$

#### Acero de Refuerzo: (Barras corrugadas):

- Tensión de fluencia:  $f_{yk} = 420$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensión de rotura:  $f_u = 540$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensión de cálculo:  $f_{yd} = 375$  N/mm<sup>2</sup>
- Coeficientes de minoración de la resistencia:  $\gamma_c = 1,12$
- Módulo elástico:  $E_s = 210000$  N/mm<sup>2</sup>
- Recubrimiento de armaduras: 30 mm

Los coeficientes de mayoración de acciones considerados, son los siguientes:

- Acciones permanentes:  $\gamma_G = 1,40$
- Sobrecargas:  $\gamma_Q = 1,70$
- Sobrecargas con sismo:  $\gamma_{Q,SISMO} = 1,25$
- Acción sísmica:  $\gamma_{SISMO} = 1,0$

## 2 ACCIONES

Se ha realizado un estudio tenso-deformacional del túnel con el fin de definir el revestimiento. Los cálculos se han abordado mediante el empleo del Método de los Elementos Finitos con el programa de ordenador Phase2 (programa de mecánica de medios continuos aplicados a la Geotecnia).

Se han obtenido resultados tanto para la situación de excavación por fases como para la situación definitiva de servicio. Así mismo, se han realizado el cálculo independiente de los efectos del sismo para los siguientes parámetros:







### 0.3.1. Túneles

#### ❖ Sección con solera curva

- Aceleración básica  $a_B = 0,4 \text{ g}$
- Coeficiente del terreno  $S = 1$
- Aceleración máxima:  $a_{MAX,S} = S \cdot a_B = 0,4 \text{ g}$
- Coeficiente de profundidad  $C = 0,70$
- Aceleración máxima en profundidad:  $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S} = 0,28 \text{ g}$
- Velocidad pico del terreno  $C_S = 450 \text{ m/s}$
- Coeficiente de la velocidad de pico:  $k = 1,52$
- Velocidad de de las ondas de cortante del sismo:  $V_S = k \cdot a_{Z,MAX} = 0,4256 \text{ m/s}$
- Distorsión angular máxima:  $\gamma_{MAX} = V_S/C_S = 0,000946 \text{ rad}$

#### ❖ Sección con contrabóveda

- Aceleración básica  $a_B = 0,4 \text{ g}$
- Coeficiente del terreno  $S = 1,20$
- Aceleración máxima:  $a_{MAX,S} = S \cdot a_B = 0,4 \text{ g}$
- Coeficiente de profundidad  $C = 0,90$
- Aceleración máxima en profundidad:  $a_{Z,MAX} = C \cdot a_{MAX,S} = 0,432 \text{ g}$
- Velocidad pico del terreno  $C_S = 400 \text{ m/s}$
- Coeficiente de la velocidad de pico:  $k = 1,52$
- Velocidad de de las ondas de cortante del sismo:  $V_S = k \cdot a_{Z,MAX} = 0,6566 \text{ m/s}$
- Distorsión angular máxima:  $\gamma_{MAX} = V_S/C_S = 0,001642 \text{ rad}$

## 3 COMBINACIONES

A efecto de dimensionamiento del revestimiento, se han considerado las siguientes hipótesis

- 1 Hipótesis 1: Momento máximo. sin sismo
- 2 Hipótesis 2: Axil Máximo sin sismo
- 3 Hipótesis 3: Momento máximo con sismo
- 4 Hipótesis 4: Axil Máximo con sismo





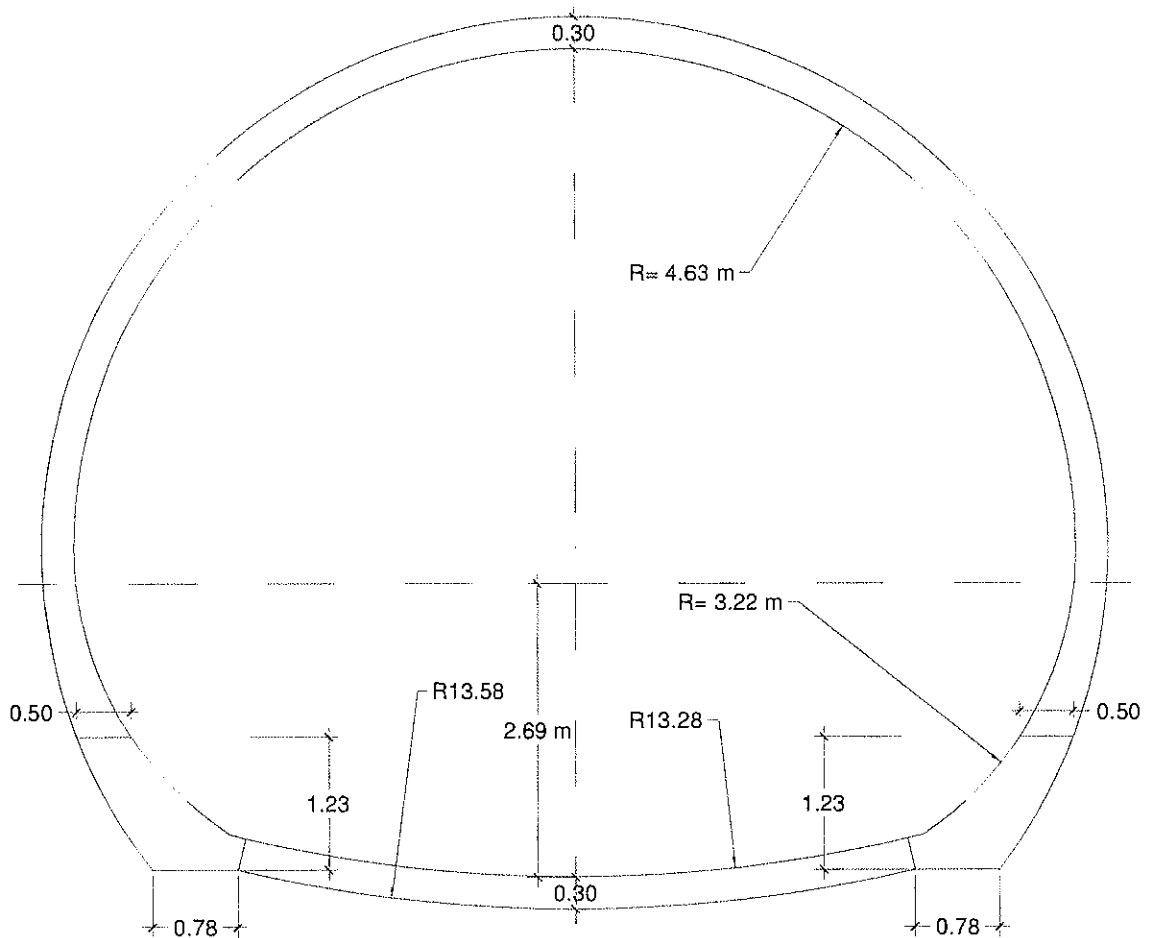
0.3.1. Túneles

**4 CÁLCULO**

**4.1 SECCIÓN CON SOLERA CURVA**

**4.1.1 Definición geométrica**

La sección transversal del túnel es la siguiente:





### 0.3.1. Túneles

### 4.1.2 Esfuerzos

Los valores de los esfuerzos producidos por las acciones procedentes del terreno se han calculado mediante el programa de elementos finitos Phase2. Los resultados son los siguientes:

#### 4.1.2.1 Servicio

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m-t)
1	1	0.22	323.95	0.80	1.10
2	1	0.22	323.95	0.80	1.10
2	2	0.66	324.77	0.37	0.84
3	2	0.66	324.77	0.37	0.84
3	3	1.10	325.33	0.58	0.63
4	3	1.10	325.33	0.58	0.63
4	4	1.54	325.11	0.49	0.40
5	4	1.54	325.11	0.49	0.40
5	5	1.98	325.61	0.03	0.28
6	5	1.98	325.61	0.03	0.28
6	6	2.42	326.16	0.45	0.18
7	6	2.42	326.16	0.45	0.18
7	7	2.86	326.27	-0.14	0.11
8	7	2.86	326.27	-0.14	0.11
8	8	3.30	326.65	0.30	0.07
9	8	3.30	326.65	0.30	0.07
9	9	3.74	326.70	0.06	0.00
10	9	3.74	326.70	0.06	0.00
10	10	4.18	326.81	-0.01	-0.02
11	10	4.18	326.81	-0.01	-0.02
11	11	4.61	327.26	0.12	-0.04
12	11	4.61	327.26	0.12	-0.04
12	12	5.05	327.36	-0.07	-0.05
13	12	5.05	327.36	-0.07	-0.05
13	13	5.49	327.49	0.26	-0.09
14	13	5.49	327.49	0.26	-0.09
14	14	5.93	327.71	-0.04	-0.14
15	14	5.93	327.71	-0.04	-0.14
15	15	6.37	327.30	0.10	-0.15
16	15	6.37	327.30	0.10	-0.15
16	16	6.81	327.21	-0.10	-0.15
17	16	6.81	327.21	-0.10	-0.15
17	17	7.25	327.67	0.04	-0.14
18	17	7.25	327.67	0.04	-0.14
18	18	7.69	327.41	-0.29	-0.08
19	18	7.69	327.41	-0.29	-0.08
19	19	8.13	327.25	0.10	-0.04
20	19	8.13	327.25	0.10	-0.04
20	20	8.57	327.21	-0.11	-0.04
21	20	8.57	327.21	-0.11	-0.04
21	21	9.01	326.74	-0.02	-0.01
22	21	9.01	326.74	-0.02	-0.01
22	22	9.45	326.59	-0.02	0.00
23	22	9.45	326.59	-0.02	0.00
23	23	9.89	326.57	-0.30	0.07
24	23	9.89	326.57	-0.30	0.07
24	24	10.33	326.17	0.13	0.10
25	24	10.33	326.17	0.13	0.10
25	25	10.77	326.11	-0.38	0.16
26	25	10.77	326.11	-0.38	0.16
26	26	11.21	325.47	-0.17	0.28
27	26	11.21	325.47	-0.17	0.28
27	27	11.65	325.14	-0.39	0.40
28	27	11.65	325.14	-0.39	0.40
28	28	12.09	325.06	-0.60	0.62
29	28	12.09	325.06	-0.60	0.62
29	29	12.53	324.48	-0.31	0.82
30	29	12.53	324.48	-0.31	0.82
30	30	12.97	323.98	-0.93	1.09
31	30	12.97	323.98	-0.93	1.09



## 0.3.1. Túneles



BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
31	31	13.40	323.73	-0.77	1.46
32	31	13.40	323.73	-0.77	1.46
32	32	13.74	323.85	-1.38	1.80
33	32	13.74	323.85	-1.38	1.80
33	33	13.98	323.59	-1.63	2.16
34	33	13.98	323.59	-1.63	2.16
34	34	14.22	323.40	-1.76	2.56
35	34	14.22	323.40	-1.76	2.56
35	35	14.46	323.30	-1.68	2.97
36	35	14.46	323.30	-1.68	2.97
36	36	14.70	323.30	-1.28	3.33
37	36	14.70	323.30	-1.28	3.33
37	37	14.94	323.48	-0.54	3.55
38	37	14.94	323.48	-0.54	3.55
38	38	15.18	323.68	0.93	3.50
39	38	15.18	323.68	0.93	3.50
39	39	15.42	324.10	3.38	2.98
40	39	15.42	324.10	3.38	2.98
40	40	15.66	324.43	6.53	1.80
41	40	15.66	324.43	6.53	1.80
41	41	15.90	324.82	12.18	-0.44
42	41	15.90	324.82	12.18	-0.44
42	42	16.14	325.83	19.39	-4.22
43	42	16.14	325.83	19.39	-4.22
43	43	16.38	326.45	28.52	-9.95
44	43	16.38	326.45	28.52	-9.95
44	44	16.62	327.45	40.30	-18.19
45	44	16.62	327.45	40.30	-18.19
45	45	16.86	328.14	54.16	-29.49
46	45	16.86	328.14	54.16	-29.49
46	46	17.09	326.92	69.81	-44.32
47	46	17.09	326.92	69.81	-44.32
47	47	17.33	327.77	87.24	-63.12
48	47	17.33	327.77	87.24	-63.12
48	48	17.66	248.84	-152.12	-41.39
49	48	17.66	248.84	-152.12	-41.39
49	49	18.10	270.88	-36.41	-1.10
50	49	18.10	270.88	-36.41	-1.10
50	50	18.55	260.33	-12.46	9.80
51	50	18.55	260.33	-12.46	9.80
51	51	18.99	249.61	-0.29	12.64
52	51	18.99	249.61	-0.29	12.64
52	52	19.44	240.98	4.72	11.66
53	52	19.44	240.98	4.72	11.66
53	53	19.88	259.66	2.11	10.13
54	53	19.88	259.66	2.11	10.13
54	54	20.33	234.88	1.92	9.24
55	54	20.33	234.88	1.92	9.24
55	55	20.78	234.87	2.89	8.17
56	55	20.78	234.87	2.89	8.17
56	56	21.22	232.11	2.05	7.07
57	56	21.22	232.11	2.05	7.07
57	57	21.67	231.37	-0.19	6.65
58	57	21.67	231.37	-0.19	6.65
58	58	22.11	230.34	-2.83	7.32
59	58	22.11	230.34	-2.83	7.32
59	59	22.56	233.64	-3.04	8.64
60	59	22.56	233.64	-3.04	8.64
60	60	23.01	236.13	-5.43	10.52
61	60	23.01	236.13	-5.43	10.52
61	61	23.45	240.97	-3.60	12.54
62	61	23.45	240.97	-3.60	12.54
62	62	23.90	249.18	1.22	13.07
63	62	23.90	249.18	1.22	13.07
63	63	24.34	258.76	12.48	10.01
64	63	24.34	258.76	12.48	10.01
64	64	24.79	269.66	36.04	-0.81
65	64	24.79	269.66	36.04	-0.81
65	65	25.22	254.28	155.28	-41.65
66	65	25.22	254.28	155.28	-41.65
66	66	25.55	328.20	-88.50	-63.87
67	66	25.55	328.20	-88.50	-63.87





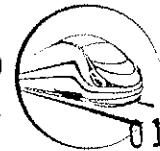
### O.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
67	67	25.79	327.39	-70.38	-44.85
68	67	25.79	327.39	-70.38	-44.85
68	68	26.03	327.81	-54.83	-29.87
69	68	26.03	327.81	-54.83	-29.87
69	69	26.27	326.84	-40.71	-18.43
70	69	26.27	326.84	-40.71	-18.43
70	70	26.51	326.25	-28.83	-10.11
71	70	26.51	326.25	-28.83	-10.11
71	71	26.75	325.79	-19.64	-4.31
72	71	26.75	325.79	-19.64	-4.31
72	72	26.99	324.86	-12.33	-0.49
73	72	26.99	324.86	-12.33	-0.49
73	73	27.23	324.57	-6.53	1.77
74	73	27.23	324.57	-6.53	1.77
74	74	27.47	324.50	-3.33	2.95
75	74	27.47	324.50	-3.33	2.95
75	75	27.71	323.90	-1.14	3.49
76	75	27.71	323.90	-1.14	3.49
76	76	27.95	323.71	0.56	3.56
77	76	27.95	323.71	0.56	3.56
77	77	28.19	323.54	1.29	3.33
78	77	28.19	323.54	1.29	3.33
78	78	28.43	323.54	1.70	2.98
79	78	28.43	323.54	1.70	2.98
79	79	28.67	323.65	1.75	2.56
80	79	28.67	323.65	1.75	2.56
80	80	28.91	323.79	1.59	2.16
81	80	28.91	323.79	1.59	2.16
81	81	29.14	323.97	1.32	1.82
82	81	29.14	323.97	1.32	1.82
82	82	29.48	323.87	0.88	1.46
83	82	29.48	323.87	0.88	1.46

### 4.1.2.2 Sismo

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
1	1	0.11	14.18	-2.66	-1.33
2	1	0.11	14.18	-2.66	-1.33
2	2	0.32	14.42	2.78	-1.34
3	2	0.32	14.42	2.78	-1.34
3	3	0.53	18.15	0.16	-1.65
4	3	0.53	18.15	0.16	-1.65
4	4	0.75	19.59	1.77	-1.86
5	4	0.75	19.59	1.77	-1.86
5	5	0.96	22.82	0.17	-2.07
6	5	0.96	22.82	0.17	-2.07
6	6	1.17	24.01	1.71	-2.27
7	6	1.17	24.01	1.71	-2.27
7	7	1.38	26.74	-0.10	-2.44
8	7	1.38	26.74	-0.10	-2.44
8	8	1.60	27.71	1.65	-2.60
9	8	1.60	27.71	1.65	-2.60
9	9	1.81	29.85	-0.39	-2.74
10	9	1.81	29.85	-0.39	-2.74
10	10	2.02	30.57	1.56	-2.86
11	10	2.02	30.57	1.56	-2.86
11	11	2.24	32.06	-0.68	-2.96
12	11	2.24	32.06	-0.68	-2.96
12	12	2.45	32.50	1.41	-3.03
13	12	2.45	32.50	1.41	-3.03
13	13	2.66	33.29	-0.93	-3.09
14	13	2.66	33.29	-0.93	-3.09
14	14	2.88	33.45	1.21	-3.12
15	14	2.88	33.45	1.21	-3.12
15	15	3.09	33.48	-1.18	-3.12
16	15	3.09	33.48	-1.18	-3.12
16	16	3.30	33.35	0.97	-3.10
17	16	3.30	33.35	0.97	-3.10
17	17	3.52	32.65	-1.39	-3.05




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
18	17	3.52	32.65	-1.39	-3.05
18	18	3.73	32.23	0.70	-2.98
19	18	3.73	32.23	0.70	-2.98
19	19	3.94	30.80	-1.55	-2.89
20	19	3.94	30.80	-1.55	-2.89
20	20	4.15	30.10	0.41	-2.77
21	20	4.15	30.10	0.41	-2.77
21	21	4.37	28.00	-1.65	-2.63
22	21	4.37	28.00	-1.65	-2.63
22	22	4.58	27.05	0.11	-2.47
23	22	4.58	27.05	0.11	-2.47
23	23	4.79	24.34	-1.71	-2.30
24	23	4.79	24.34	-1.71	-2.30
24	24	5.01	23.16	-0.18	-2.10
25	24	5.01	23.16	-0.18	-2.10
25	25	5.22	19.93	-1.73	-1.89
26	25	5.22	19.93	-1.73	-1.89
26	26	5.43	18.56	-0.47	-1.66
27	26	5.43	18.56	-0.47	-1.66
27	27	5.65	14.91	-1.67	-1.43
28	27	5.65	14.91	-1.67	-1.43
28	28	5.86	13.39	-0.74	-1.17
29	28	5.86	13.39	-0.74	-1.17
29	29	6.07	9.44	-1.56	-0.93
30	29	6.07	9.44	-1.56	-0.93
30	30	6.29	7.81	-1.00	-0.66
31	30	6.29	7.81	-1.00	-0.66
31	31	6.50	3.68	-1.38	-0.40
32	31	6.50	3.68	-1.38	-0.40
32	32	6.71	2.00	-1.20	-0.13
33	32	6.71	2.00	-1.20	-0.13
33	33	6.92	-2.17	-1.19	0.13
34	33	6.92	-2.17	-1.19	0.13
34	34	7.14	-3.85	-1.39	0.40
35	34	7.14	-3.85	-1.39	0.40
35	35	7.35	-7.98	-1.00	0.66
36	35	7.35	-7.98	-1.00	0.66
36	36	7.56	-9.61	-1.57	0.93
37	36	7.56	-9.61	-1.57	0.93
37	37	7.78	-13.56	-0.75	1.18
38	37	7.78	-13.56	-0.75	1.18
38	38	7.99	-15.09	-1.68	1.43
39	38	7.99	-15.09	-1.68	1.43
39	39	8.20	-18.73	-0.46	1.66
40	39	8.20	-18.73	-0.46	1.66
40	40	8.42	-20.10	-1.73	1.89
41	40	8.42	-20.10	-1.73	1.89
41	41	8.63	-23.33	-0.19	2.10
42	41	8.63	-23.33	-0.19	2.10
42	42	8.84	-24.50	-1.72	2.30
43	42	8.84	-24.50	-1.72	2.30
43	43	9.06	-27.21	0.11	2.47
44	43	9.06	-27.21	0.11	2.47
44	44	9.27	-28.16	-1.65	2.64
45	44	9.27	-28.16	-1.65	2.64
45	45	9.48	-30.26	0.41	2.77
46	45	9.48	-30.26	0.41	2.77
46	46	9.69	-30.96	-1.56	2.89
47	46	9.69	-30.96	-1.56	2.89
47	47	9.91	-32.38	0.70	2.98
48	47	9.91	-32.38	0.70	2.98
48	48	10.12	-32.79	-1.39	3.06
49	48	10.12	-32.79	-1.39	3.06
49	49	10.33	-33.49	0.98	3.10
50	49	10.33	-33.49	0.98	3.10
50	50	10.55	-33.63	-1.18	3.12
51	50	10.55	-33.63	-1.18	3.12
51	51	10.76	-33.58	1.22	3.12
52	51	10.76	-33.58	1.22	3.12
52	52	10.97	-33.42	-0.93	3.09
53	52	10.97	-33.42	-0.93	3.09
53	53	11.19	-32.63	1.42	3.04




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
54	53	11.19	-32.63	1.42	3.04
54	54	11.40	-32.18	-0.67	2.96
55	54	11.40	-32.18	-0.67	2.96
55	55	11.61	-30.68	1.57	2.86
56	55	11.61	-30.68	1.57	2.86
56	56	11.83	-29.96	-0.39	2.74
57	56	11.83	-29.96	-0.39	2.74
57	57	12.04	-27.81	1.66	2.60
58	57	12.04	-27.81	1.66	2.60
58	58	12.25	-26.84	-0.11	2.44
59	58	12.25	-26.84	-0.11	2.44
59	59	12.46	-24.11	1.71	2.27
60	59	12.46	-24.11	1.71	2.27
60	60	12.68	-22.91	0.16	2.07
61	60	12.68	-22.91	0.16	2.07
61	61	12.89	-19.67	1.77	1.86
62	61	12.89	-19.67	1.77	1.86
62	62	13.10	-18.23	0.15	1.66
63	62	13.10	-18.23	0.15	1.66
63	63	13.32	-14.50	2.79	1.34
64	63	13.32	-14.50	2.79	1.34
64	64	13.53	-14.26	-2.67	1.33
65	64	13.53	-14.26	-2.67	1.33
65	65	13.69	-11.00	10.25	1.03
66	65	13.69	-11.00	10.25	1.03
66	66	13.81	-10.82	-6.76	0.84
67	66	13.81	-10.82	-6.76	0.84
67	67	13.92	-4.25	2.43	1.08
68	67	13.92	-4.25	2.43	1.08
68	68	14.03	-5.12	2.35	0.81
69	68	14.03	-5.12	2.35	0.81
69	69	14.15	-3.77	1.69	0.58
70	69	14.15	-3.77	1.69	0.58
70	70	14.26	-3.14	1.71	0.39
71	70	14.26	-3.14	1.71	0.39
71	71	14.38	-1.22	1.78	0.19
72	71	14.38	-1.22	1.78	0.19
72	72	14.49	-0.38	1.94	-0.02
73	72	14.49	-0.38	1.94	-0.02
73	73	14.60	1.09	1.29	-0.20
74	73	14.60	1.09	1.29	-0.20
74	74	14.72	2.56	3.76	-0.49
75	74	14.72	2.56	3.76	-0.49
75	75	14.83	4.02	0.68	-0.74
76	75	14.83	4.02	0.68	-0.74
76	76	14.94	5.49	1.26	-0.85
77	76	14.94	5.49	1.26	-0.85
77	77	15.06	6.96	-1.45	-0.84
78	77	15.06	6.96	-1.45	-0.84
78	78	15.17	8.42	10.80	-1.37
79	78	15.17	8.42	10.80	-1.37
79	79	15.28	9.89	-10.22	-1.41
80	79	15.28	9.89	-10.22	-1.41
80	80	15.40	11.36	18.56	-1.88
81	80	15.40	11.36	18.56	-1.88
81	81	15.51	12.83	-13.53	-2.17
82	81	15.51	12.83	-13.53	-2.17
82	82	15.62	14.29	11.73	-2.06
83	82	15.62	14.29	11.73	-2.06
83	83	15.74	15.76	-0.89	-2.68
84	83	15.74	15.76	-0.89	-2.68
84	84	15.85	17.23	6.77	-3.01
85	84	15.85	17.23	6.77	-3.01
85	85	15.97	18.69	5.49	-3.71
86	85	15.97	18.69	5.49	-3.71
86	86	16.08	20.16	-8.96	-3.51
87	86	16.08	20.16	-8.96	-3.51
87	87	16.19	21.63	8.44	-3.48
88	87	16.19	21.63	8.44	-3.48
88	88	16.31	23.09	9.29	-4.49
89	88	16.31	23.09	9.29	-4.49
89	89	16.42	24.56	2.16	-5.14





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
90	89	16.42	24.56	2.16	-5.14
90	90	16.53	26.03	-6.17	-4.91
91	90	16.53	26.03	-6.17	-4.91
91	91	16.65	27.49	21.21	-5.77
92	91	16.65	27.49	21.21	-5.77
92	92	16.76	28.96	-27.75	-5.40
93	92	16.76	28.96	-27.75	-5.40
93	93	16.87	30.43	43.83	-6.31
94	93	16.87	30.43	43.83	-6.31
94	94	16.99	31.89	-52.74	-5.80
95	94	16.99	31.89	-52.74	-5.80
95	95	17.10	33.39	44.60	-5.44
96	95	17.10	33.39	44.60	-5.44
96	96	17.22	34.91	-57.46	-4.68
97	96	17.22	34.91	-57.46	-4.68
97	97	17.35	36.63	22.08	-2.93
98	97	17.35	36.63	22.08	-2.93
98	98	17.50	38.54	-13.36	-3.57
99	98	17.50	38.54	-13.36	-3.57
99	99	17.69	32.34	3.96	-3.02
100	99	17.69	32.34	3.96	-3.02
100	100	17.91	24.14	-5.80	-2.82
101	100	17.91	24.14	-5.80	-2.82
101	101	18.13	22.09	-1.42	-2.02
102	101	18.13	22.09	-1.42	-2.02
102	102	18.35	22.19	-1.79	-1.66
103	102	18.35	22.19	-1.79	-1.66
103	103	18.58	19.98	-1.60	-1.29
104	103	18.58	19.98	-1.60	-1.29
104	104	18.80	19.34	-1.02	-1.00
105	104	18.80	19.34	-1.02	-1.00
105	105	19.02	17.21	-1.13	-0.76
106	105	19.02	17.21	-1.13	-0.76
106	106	19.24	16.10	-0.58	-0.57
107	106	19.24	16.10	-0.58	-0.57
107	107	19.46	14.03	-0.75	-0.42
108	107	19.46	14.03	-0.75	-0.42
108	108	19.68	12.59	-0.32	-0.30
109	108	19.68	12.59	-0.32	-0.30
109	109	19.91	10.54	-0.46	-0.22
110	109	19.91	10.54	-0.46	-0.22
110	110	20.13	8.90	-0.16	-0.15
111	110	20.13	8.90	-0.16	-0.15
111	111	20.35	6.87	-0.26	-0.10
112	111	20.35	6.87	-0.26	-0.10
112	112	20.57	5.10	-0.10	-0.06
113	112	20.57	5.10	-0.10	-0.06
113	113	20.79	3.11	-0.11	-0.04
114	113	20.79	3.11	-0.11	-0.04
114	114	21.01	1.17	-0.12	-0.01
115	114	21.01	1.17	-0.12	-0.01
115	115	21.24	-0.74	-0.12	0.01
116	115	21.24	-0.74	-0.12	0.01
116	116	21.46	-2.68	-0.10	0.04
117	116	21.46	-2.68	-0.10	0.04
117	117	21.68	-4.67	-0.10	0.06
118	117	21.68	-4.67	-0.10	0.06
118	118	21.90	-6.44	-0.24	0.10
119	118	21.90	-6.44	-0.24	0.10
119	119	22.12	-8.47	-0.15	0.14
120	119	22.12	-8.47	-0.15	0.14
120	120	22.35	-10.13	-0.43	0.20
121	120	22.35	-10.13	-0.43	0.20
121	121	22.57	-12.16	-0.28	0.28
122	121	22.57	-12.16	-0.28	0.28
122	122	22.79	-13.62	-0.69	0.39
123	122	22.79	-13.62	-0.69	0.39
123	123	23.01	-15.67	-0.53	0.53
124	123	23.01	-15.67	-0.53	0.53
124	124	23.23	-16.82	-1.06	0.70
125	124	23.23	-16.82	-1.06	0.70
125	125	23.45	-18.92	-0.93	0.92

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL






**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
126	125	23.45	-18.92	-0.93	0.92
126	126	23.68	-19.62	-1.52	1.20
127	126	23.68	-19.62	-1.52	1.20
127	127	23.90	-21.79	-1.71	1.55
128	127	23.90	-21.79	-1.71	1.55
128	128	24.12	-21.77	-1.24	1.88
129	128	24.12	-21.77	-1.24	1.88
129	129	24.34	-23.74	-5.86	2.67
130	129	24.34	-23.74	-5.86	2.67
130	130	24.56	-31.55	5.13	2.75
131	130	24.56	-31.55	5.13	2.75
131	131	24.75	-35.28	-19.90	3.75
132	131	24.75	-35.28	-19.90	3.75
132	132	24.91	-38.92	32.02	2.80
133	132	24.91	-38.92	32.02	2.80
133	133	25.04	-37.09	-71.11	4.11
134	133	25.04	-37.09	-71.11	4.11
134	134	25.15	-35.60	3.77	7.75
135	134	25.15	-35.60	3.77	7.75
135	135	25.26	-34.08	-9.07	8.06
136	135	25.26	-34.08	-9.07	8.06
136	136	25.38	-32.51	36.17	6.52
137	136	25.38	-32.51	36.17	6.52
137	137	25.49	-30.95	-18.07	5.49
138	137	25.49	-30.95	-18.07	5.49
138	138	25.60	-29.39	18.51	5.46
139	138	25.60	-29.39	18.51	5.46
139	139	25.72	-27.82	-4.69	4.68
140	139	25.72	-27.82	-4.69	4.68
140	140	25.83	-26.26	1.37	4.87
141	140	25.83	-26.26	1.37	4.87
141	141	25.95	-24.69	9.05	4.28
142	141	25.95	-24.69	9.05	4.28
142	142	26.06	-23.13	7.90	3.31
143	142	26.06	-23.13	7.90	3.31
143	143	26.17	-21.57	-8.57	3.35
144	143	26.17	-21.57	-8.57	3.35
144	144	26.29	-20.00	5.17	3.54
145	144	26.29	-20.00	5.17	3.54
145	145	26.40	-18.44	6.47	2.88
146	145	26.40	-18.44	6.47	2.88
146	146	26.51	-16.87	-0.96	2.57
147	146	26.51	-16.87	-0.96	2.57
147	147	26.63	-15.31	11.28	1.98
148	147	26.63	-15.31	11.28	1.98
148	148	26.74	-13.75	-13.05	2.08
149	148	26.74	-13.75	-13.05	2.08
149	149	26.85	-12.18	17.85	1.81
150	149	26.85	-12.18	17.85	1.81
150	150	26.97	-10.62	-9.88	1.36
151	150	26.97	-10.62	-9.88	1.36
151	151	27.08	-9.05	10.44	1.33
152	151	27.08	-9.05	10.44	1.33
152	152	27.19	-7.49	-1.43	0.82
153	152	27.19	-7.49	-1.43	0.82
153	153	27.31	-5.93	1.23	0.83
154	153	27.31	-5.93	1.23	0.83
154	154	27.42	-4.36	0.64	0.72
155	154	27.42	-4.36	0.64	0.72
155	155	27.54	-2.80	3.68	0.48
156	155	27.54	-2.80	3.68	0.48
156	156	27.65	-1.24	1.27	0.20
157	156	27.65	-1.24	1.27	0.20
157	157	27.76	0.33	1.91	0.01
158	157	27.76	0.33	1.91	0.01
158	158	27.88	1.18	1.73	-0.19
159	158	27.88	1.18	1.73	-0.19
159	159	27.99	3.09	1.69	-0.39
160	159	27.99	3.09	1.69	-0.39
160	160	28.10	3.72	1.67	-0.58
161	160	28.10	3.72	1.67	-0.58
161	161	28.22	5.07	2.33	-0.80

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





### 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
162	161	28.22	5.07	2.33	-0.80
162	162	28.33	4.21	2.42	-1.07
163	162	28.33	4.21	2.42	-1.07
163	163	28.44	10.75	-6.70	-0.83
164	163	28.44	10.75	-6.70	-0.83
164	164	28.56	10.93	10.20	-1.03
165	164	28.56	10.93	10.20	-1.03

### 4.1.3 Dimensionamiento

A continuación se muestran los esfuerzos de flexión, cortante y los axil en todos los nudos del modelo, así como las cuantías de armadura resultantes del cálculo. El armado se realiza con barras de acero corrugado de límite elástico 500 N/mm<sup>2</sup>.

Sólo se realizan las hipótesis sin sismo, ya que de los valores de esfuerzos para esta acción se comprueba que no es condicionante.

#### 4.1.3.1 Hipótesis 1

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	323.95	1.36	1.86	0.00	4.24	4.24	0.00
2	1	BOVEDA	323.95	1.36	1.86	0.00	4.24	4.24	0.00
2	2	BOVEDA	324.77	0.63	1.43	0.00	4.25	4.25	0.00
3	2	BOVEDA	324.77	0.63	1.43	0.00	4.25	4.25	0.00
3	3	BOVEDA	325.33	0.98	1.07	0.00	4.25	4.25	0.00
4	3	BOVEDA	325.33	0.98	1.07	0.00	4.25	4.25	0.00
4	4	BOVEDA	325.11	0.83	0.67	0.00	4.25	4.25	0.00
5	4	BOVEDA	325.11	0.83	0.67	0.00	4.25	4.25	0.00
5	5	BOVEDA	325.61	0.05	0.48	0.00	4.26	4.26	0.00
6	5	BOVEDA	325.61	0.05	0.48	0.00	4.26	4.26	0.00
6	6	BOVEDA	326.16	0.76	0.30	0.00	4.26	4.26	0.00
7	6	BOVEDA	326.16	0.76	0.30	0.00	4.26	4.26	0.00
7	7	BOVEDA	326.27	0.23	0.19	0.00	4.27	4.27	0.00
8	7	BOVEDA	326.27	0.23	0.19	0.00	4.27	4.27	0.00
8	8	BOVEDA	326.65	0.50	0.13	0.00	4.27	4.27	0.00
9	8	BOVEDA	326.65	0.50	0.13	0.00	4.27	4.27	0.00
9	9	BOVEDA	326.70	0.11	0.00	-0.01	4.27	4.27	0.00
10	9	BOVEDA	326.70	0.11	0.00	-0.01	4.27	4.27	0.00
10	10	BOVEDA	326.81	0.02	0.00	-0.03	4.27	4.27	0.00
11	10	BOVEDA	326.81	0.02	0.00	-0.03	4.27	4.27	0.00
11	11	BOVEDA	327.26	0.21	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
12	11	BOVEDA	327.26	0.21	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
12	12	BOVEDA	327.36	0.12	0.00	-0.09	4.28	4.28	0.00
13	12	BOVEDA	327.36	0.12	0.00	-0.09	4.28	4.28	0.00
13	13	BOVEDA	327.49	0.44	0.00	-0.16	4.28	4.28	0.00
14	13	BOVEDA	327.49	0.44	0.00	-0.16	4.28	4.28	0.00
14	14	BOVEDA	327.71	0.07	0.00	-0.24	4.28	4.28	0.00
15	14	BOVEDA	327.71	0.07	0.00	-0.24	4.28	4.28	0.00
15	15	BOVEDA	327.30	0.17	0.00	-0.26	4.28	4.28	0.00
16	15	BOVEDA	327.30	0.17	0.00	-0.26	4.28	4.28	0.00
16	16	BOVEDA	327.21	0.18	0.00	-0.26	4.28	4.28	0.00
17	16	BOVEDA	327.21	0.18	0.00	-0.26	4.28	4.28	0.00
17	17	BOVEDA	327.67	0.07	0.00	-0.24	4.28	4.28	0.00
18	17	BOVEDA	327.67	0.07	0.00	-0.24	4.28	4.28	0.00
18	18	BOVEDA	327.41	0.49	0.00	-0.14	4.28	4.28	0.00
19	18	BOVEDA	327.41	0.49	0.00	-0.14	4.28	4.28	0.00
19	19	BOVEDA	327.25	0.17	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
20	19	BOVEDA	327.25	0.17	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
20	20	BOVEDA	327.21	0.18	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
21	20	BOVEDA	327.21	0.18	0.00	-0.07	4.28	4.28	0.00
21	21	BOVEDA	326.74	0.04	0.00	-0.02	4.27	4.27	0.00
22	21	BOVEDA	326.74	0.04	0.00	-0.02	4.27	4.27	0.00
22	22	BOVEDA	326.59	0.04	0.00	-0.01	4.27	4.27	0.00
23	22	BOVEDA	326.59	0.04	0.00	-0.01	4.27	4.27	0.00





O.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
23	23	BOVEDA	326.57	0.51	0.11	0.00	4.27	4.27	0.00
24	23	BOVEDA	326.57	0.51	0.11	0.00	4.27	4.27	0.00
24	24	BOVEDA	326.17	0.22	0.18	0.00	4.26	4.26	0.00
25	24	BOVEDA	326.17	0.22	0.18	0.00	4.26	4.26	0.00
25	25	BOVEDA	326.11	0.64	0.27	0.00	4.26	4.26	0.00
26	25	BOVEDA	326.11	0.64	0.27	0.00	4.26	4.26	0.00
26	26	BOVEDA	325.47	0.28	0.47	0.00	4.26	4.26	0.00
27	26	BOVEDA	325.47	0.28	0.47	0.00	4.26	4.26	0.00
27	27	BOVEDA	325.14	0.67	0.68	0.00	4.25	4.25	0.00
28	27	BOVEDA	325.14	0.67	0.68	0.00	4.25	4.25	0.00
28	28	BOVEDA	325.06	1.02	1.05	0.00	4.25	4.25	0.00
29	28	BOVEDA	325.06	1.02	1.05	0.00	4.25	4.25	0.00
29	29	BOVEDA	324.48	0.52	1.39	0.00	4.24	4.24	0.00
30	29	BOVEDA	324.48	0.52	1.39	0.00	4.24	4.24	0.00
30	30	BOVEDA	323.98	1.57	1.85	0.00	4.24	4.24	0.00
31	30	BOVEDA	323.98	1.57	1.85	0.00	4.24	4.24	0.00
31	31	BOVEDA	323.73	1.31	2.48	0.00	4.23	4.23	0.00
32	31	BOVEDA	323.73	1.31	2.48	0.00	4.23	4.23	0.00
32	32	BOVEDA	323.85	2.35	3.05	0.00	4.23	4.23	0.00
33	32	BOVEDA	323.85	2.35	3.05	0.00	4.23	4.23	0.00
33	33	BOVEDA	323.59	2.78	3.67	0.00	4.23	4.23	0.00
34	33	BOVEDA	323.59	2.78	3.67	0.00	4.23	4.23	0.00
34	34	BOVEDA	323.40	2.99	4.36	0.00	4.23	4.23	0.00
35	34	BOVEDA	323.40	2.99	4.36	0.00	4.23	4.23	0.00
35	35	BOVEDA	323.30	2.85	5.06	0.00	4.23	4.23	0.00
36	35	BOVEDA	323.30	2.85	5.06	0.00	4.23	4.23	0.00
36	36	BOVEDA	323.30	2.18	5.66	0.00	4.23	4.23	0.00
37	36	BOVEDA	323.30	2.18	5.66	0.00	4.23	4.23	0.00
37	37	BOVEDA	323.48	0.92	6.03	0.00	4.23	4.23	0.00
38	37	BOVEDA	323.48	0.92	6.03	0.00	4.23	4.23	0.00
38	38	BOVEDA	323.68	1.58	5.95	0.00	4.23	4.23	0.00
39	38	BOVEDA	323.68	1.58	5.95	0.00	4.23	4.23	0.00
39	39	BOVEDA	324.10	5.75	5.07	0.00	4.24	4.24	0.00
40	39	BOVEDA	324.10	5.75	5.07	0.00	4.24	4.24	0.00
40	40	BOVEDA	324.43	11.10	3.05	0.00	4.24	4.24	0.00
41	40	BOVEDA	324.43	11.10	3.05	0.00	4.24	4.24	0.00
41	41	BOVEDA	324.82	20.70	0.00	-0.75	4.25	4.25	0.00
42	41	BOVEDA	324.82	20.70	0.00	-0.75	4.25	4.25	0.00
42	42	HASTIAL	325.83	32.96	0.00	-7.17	4.26	4.26	0.00
43	42	HASTIAL	325.83	32.96	0.00	-7.17	4.26	4.26	0.00
43	43	HASTIAL	326.45	48.48	0.00	-16.92	4.27	4.27	0.00
44	43	HASTIAL	326.45	48.48	0.00	-16.92	4.27	4.27	0.00
44	44	HASTIAL	327.45	68.52	0.00	-30.92	4.28	4.28	0.00
45	44	HASTIAL	327.45	68.52	0.00	-30.92	4.28	4.28	0.00
45	45	HASTIAL	328.14	92.08	0.00	-50.13	4.29	4.29	8.61
46	45	HASTIAL	328.14	92.08	0.00	-50.13	4.29	4.29	8.61
46	46	HASTIAL	326.92	118.67	0.00	-75.35	4.27	8.86	25.16
47	46	HASTIAL	326.92	118.67	0.00	-75.35	4.27	8.86	25.16
47	47	HASTIAL	327.77	148.31	0.00	-107.30	4.29	34.48	43.41
48	47	HASTIAL	327.77	148.31	0.00	-107.30	4.29	34.48	43.41
48	48	HASTIAL	248.84	258.60	0.00	-70.36	3.25	13.15	118.48
49	48	HASTIAL	248.84	258.60	0.00	-70.36	3.25	13.15	118.48
49	49	HASTIAL	270.88	61.90	0.00	-1.87	3.54	3.54	0.00
50	49	HASTIAL	270.88	61.90	0.00	-1.87	3.54	3.54	0.00
50	50	SOLERA	260.33	21.19	16.66	0.00	3.40	3.40	0.00
51	50	SOLERA	260.33	21.19	16.66	0.00	3.40	3.40	0.00
51	51	SOLERA	249.61	0.49	21.49	0.00	3.26	3.26	0.00
52	51	SOLERA	249.61	0.49	21.49	0.00	3.26	3.26	0.00
52	52	SOLERA	240.98	8.02	19.81	0.00	3.15	3.15	0.00
53	52	SOLERA	240.98	8.02	19.81	0.00	3.15	3.15	0.00
53	53	SOLERA	259.66	3.58	17.23	0.00	3.40	3.40	0.00
54	53	SOLERA	259.66	3.58	17.23	0.00	3.40	3.40	0.00
54	54	SOLERA	234.88	3.26	15.70	0.00	3.07	3.07	0.00
55	54	SOLERA	234.88	3.26	15.70	0.00	3.07	3.07	0.00
55	55	SOLERA	234.87	4.91	13.88	0.00	3.07	3.07	0.00
56	55	SOLERA	234.87	4.91	13.88	0.00	3.07	3.07	0.00
56	56	SOLERA	232.11	3.48	12.01	0.00	3.03	3.03	0.00
57	56	SOLERA	232.11	3.48	12.01	0.00	3.03	3.03	0.00
57	57	SOLERA	231.37	0.32	11.31	0.00	3.03	3.03	0.00
58	57	SOLERA	231.37	0.32	11.31	0.00	3.03	3.03	0.00
58	58	SOLERA	230.34	4.82	12.45	0.00	3.01	3.01	0.00
59	58	SOLERA	230.34	4.82	12.45	0.00	3.01	3.01	0.00





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
59	59	SOLERA	233.64	5.17	14.68	0.00	3.05	3.05	0.00
60	59	SOLERA	233.64	5.17	14.68	0.00	3.05	3.05	0.00
60	60	SOLERA	236.13	9.23	17.89	0.00	3.09	3.09	0.00
61	60	SOLERA	236.13	9.23	17.89	0.00	3.09	3.09	0.00
61	61	SOLERA	240.97	6.12	21.31	0.00	3.15	3.15	0.00
62	61	SOLERA	240.97	6.12	21.31	0.00	3.15	3.15	0.00
62	62	SOLERA	249.18	2.07	22.22	0.00	3.26	3.26	0.00
63	62	SOLERA	249.18	2.07	22.22	0.00	3.26	3.26	0.00
63	63	SOLERA	258.76	21.22	17.02	0.00	3.38	3.38	0.00
64	63	SOLERA	258.76	21.22	17.02	0.00	3.38	3.38	0.00
64	64	HASTIAL	269.66	61.26	0.00	-1.37	3.53	3.53	0.00
65	64	HASTIAL	269.66	61.26	0.00	-1.37	3.53	3.53	0.00
65	65	HASTIAL	254.28	263.98	0.00	-70.81	3.32	12.89	121.32
66	65	HASTIAL	254.28	263.98	0.00	-70.81	3.32	12.89	121.32
66	66	HASTIAL	328.20	150.45	0.00	-108.57	4.29	35.53	44.69
67	66	HASTIAL	328.20	150.45	0.00	-108.57	4.29	35.53	44.69
67	67	HASTIAL	327.39	119.65	0.00	-76.25	4.28	9.50	25.73
68	67	HASTIAL	327.39	119.65	0.00	-76.25	4.28	9.50	25.73
68	68	HASTIAL	327.81	93.21	0.00	-50.77	4.29	4.29	9.34
69	68	HASTIAL	327.81	93.21	0.00	-50.77	4.29	4.29	9.34
69	69	HASTIAL	326.84	69.21	0.00	-31.34	4.27	4.27	0.00
70	69	HASTIAL	326.84	69.21	0.00	-31.34	4.27	4.27	0.00
70	70	HASTIAL	326.25	49.00	0.00	-17.19	4.27	4.27	0.00
71	70	HASTIAL	326.25	49.00	0.00	-17.19	4.27	4.27	0.00
71	71	HASTIAL	325.79	33.39	0.00	-7.33	4.26	4.26	0.00
72	71	HASTIAL	325.79	33.39	0.00	-7.33	4.26	4.26	0.00
72	72	BOVEDA	324.86	20.96	0.00	-0.83	4.25	4.25	0.00
73	72	BOVEDA	324.86	20.96	0.00	-0.83	4.25	4.25	0.00
73	73	BOVEDA	324.57	11.10	3.01	0.00	4.24	4.24	0.00
74	73	BOVEDA	324.57	11.10	3.01	0.00	4.24	4.24	0.00
74	74	BOVEDA	324.50	5.67	5.02	0.00	4.24	4.24	0.00
75	74	BOVEDA	324.50	5.67	5.02	0.00	4.24	4.24	0.00
75	75	BOVEDA	323.90	1.93	5.93	0.00	4.24	4.24	0.00
76	75	BOVEDA	323.90	1.93	5.93	0.00	4.24	4.24	0.00
76	76	BOVEDA	323.71	0.95	6.04	0.00	4.23	4.23	0.00
77	76	BOVEDA	323.71	0.95	6.04	0.00	4.23	4.23	0.00
77	77	BOVEDA	323.54	2.19	5.67	0.00	4.23	4.23	0.00
78	77	BOVEDA	323.54	2.19	5.67	0.00	4.23	4.23	0.00
78	78	BOVEDA	323.54	2.89	5.06	0.00	4.23	4.23	0.00
79	78	BOVEDA	323.54	2.89	5.06	0.00	4.23	4.23	0.00
79	79	BOVEDA	323.65	2.97	4.36	0.00	4.23	4.23	0.00
80	79	BOVEDA	323.65	2.97	4.36	0.00	4.23	4.23	0.00
80	80	BOVEDA	323.79	2.71	3.68	0.00	4.23	4.23	0.00
81	80	BOVEDA	323.79	2.71	3.68	0.00	4.23	4.23	0.00
81	81	BOVEDA	323.97	2.24	3.09	0.00	4.24	4.24	0.00
82	81	BOVEDA	323.97	2.24	3.09	0.00	4.24	4.24	0.00
82	82	BOVEDA	323.87	1.50	2.49	0.00	4.23	4.23	0.00
83	82	BOVEDA	323.87	1.50	2.49	0.00	4.23	4.23	0.00

## 4.1.3.2 Hipótesis 2

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	550.72	1.36	1.86	0.00	7.20	7.20	0.00
2	1	BOVEDA	550.72	1.36	1.86	0.00	7.20	7.20	0.00
2	2	BOVEDA	552.11	0.63	1.43	0.00	7.22	7.22	0.00
3	2	BOVEDA	552.11	0.63	1.43	0.00	7.22	7.22	0.00
3	3	BOVEDA	553.06	0.98	1.07	0.00	7.23	7.23	0.00
4	3	BOVEDA	553.06	0.98	1.07	0.00	7.23	7.23	0.00
4	4	BOVEDA	552.69	0.83	0.67	0.00	7.23	7.23	0.00
5	4	BOVEDA	552.69	0.83	0.67	0.00	7.23	7.23	0.00
5	5	BOVEDA	553.54	0.05	0.48	0.00	7.24	7.24	0.00
6	5	BOVEDA	553.54	0.05	0.48	0.00	7.24	7.24	0.00
6	6	BOVEDA	554.47	0.76	0.30	0.00	7.25	7.25	0.00
7	6	BOVEDA	554.47	0.76	0.30	0.00	7.25	7.25	0.00
7	7	BOVEDA	554.66	0.23	0.19	0.00	7.25	7.25	0.00
8	7	BOVEDA	554.66	0.23	0.19	0.00	7.25	7.25	0.00
8	8	BOVEDA	555.31	0.50	0.13	0.00	7.26	7.26	0.00
9	8	BOVEDA	555.31	0.50	0.13	0.00	7.26	7.26	0.00
9	9	BOVEDA	555.39	0.11	0.00	-0.01	7.26	7.26	0.00




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
10	9	BOVEDA	555.39	0.11	0.00	-0.01	7.26	7.26	0.00
10	10	BOVEDA	555.58	0.02	0.00	-0.03	7.26	7.26	0.00
11	10	BOVEDA	555.58	0.02	0.00	-0.03	7.26	7.26	0.00
11	11	BOVEDA	556.34	0.21	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
12	11	BOVEDA	556.34	0.21	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
12	12	BOVEDA	556.51	0.12	0.00	-0.09	7.28	7.28	0.00
13	12	BOVEDA	556.51	0.12	0.00	-0.09	7.28	7.28	0.00
13	13	BOVEDA	556.73	0.44	0.00	-0.16	7.28	7.28	0.00
14	13	BOVEDA	556.73	0.44	0.00	-0.16	7.28	7.28	0.00
14	14	BOVEDA	557.11	0.07	0.00	-0.24	7.28	7.28	0.00
15	14	BOVEDA	557.11	0.07	0.00	-0.24	7.28	7.28	0.00
15	15	BOVEDA	556.41	0.17	0.00	-0.26	7.28	7.28	0.00
16	15	BOVEDA	556.41	0.17	0.00	-0.26	7.28	7.28	0.00
16	16	BOVEDA	556.26	0.18	0.00	-0.26	7.27	7.27	0.00
17	16	BOVEDA	556.26	0.18	0.00	-0.26	7.27	7.27	0.00
17	17	BOVEDA	557.04	0.07	0.00	-0.24	7.28	7.28	0.00
18	17	BOVEDA	557.04	0.07	0.00	-0.24	7.28	7.28	0.00
18	18	BOVEDA	556.60	0.49	0.00	-0.14	7.28	7.28	0.00
19	18	BOVEDA	556.60	0.49	0.00	-0.14	7.28	7.28	0.00
19	19	BOVEDA	556.33	0.17	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
20	19	BOVEDA	556.33	0.17	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
20	20	BOVEDA	556.26	0.18	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
21	20	BOVEDA	556.26	0.18	0.00	-0.07	7.27	7.27	0.00
21	21	BOVEDA	555.46	0.04	0.00	-0.02	7.26	7.26	0.00
22	21	BOVEDA	555.46	0.04	0.00	-0.02	7.26	7.26	0.00
22	22	BOVEDA	555.20	0.04	0.00	-0.01	7.26	7.26	0.00
23	22	BOVEDA	555.20	0.04	0.00	-0.01	7.26	7.26	0.00
23	23	BOVEDA	555.17	0.51	0.11	0.00	7.26	7.26	0.00
24	23	BOVEDA	555.17	0.51	0.11	0.00	7.26	7.26	0.00
24	24	BOVEDA	554.49	0.22	0.18	0.00	7.25	7.25	0.00
25	24	BOVEDA	554.49	0.22	0.18	0.00	7.25	7.25	0.00
25	25	BOVEDA	554.39	0.64	0.27	0.00	7.25	7.25	0.00
26	25	BOVEDA	554.39	0.64	0.27	0.00	7.25	7.25	0.00
26	26	BOVEDA	553.30	0.28	0.47	0.00	7.23	7.23	0.00
27	26	BOVEDA	553.30	0.28	0.47	0.00	7.23	7.23	0.00
27	27	BOVEDA	552.74	0.67	0.68	0.00	7.23	7.23	0.00
28	27	BOVEDA	552.74	0.67	0.68	0.00	7.23	7.23	0.00
28	28	BOVEDA	552.60	1.02	1.05	0.00	7.23	7.23	0.00
29	28	BOVEDA	552.60	1.02	1.05	0.00	7.23	7.23	0.00
29	29	BOVEDA	551.62	0.52	1.39	0.00	7.21	7.21	0.00
30	29	BOVEDA	551.62	0.52	1.39	0.00	7.21	7.21	0.00
30	30	BOVEDA	550.77	1.57	1.85	0.00	7.20	7.20	0.00
31	30	BOVEDA	550.77	1.57	1.85	0.00	7.20	7.20	0.00
31	31	BOVEDA	550.34	1.31	2.48	0.00	7.20	7.20	0.00
32	31	BOVEDA	550.34	1.31	2.48	0.00	7.20	7.20	0.00
32	32	BOVEDA	550.55	2.35	3.05	0.00	7.20	7.20	0.00
33	32	BOVEDA	550.55	2.35	3.05	0.00	7.20	7.20	0.00
33	33	BOVEDA	550.10	2.78	3.67	0.00	9.13	2.26	0.00
34	33	BOVEDA	550.10	2.78	3.67	0.00	9.13	2.26	0.00
34	34	BOVEDA	549.78	2.99	4.36	0.00	8.34	2.18	0.00
35	34	BOVEDA	549.78	2.99	4.36	0.00	8.34	2.18	0.00
35	35	BOVEDA	549.61	2.85	5.06	0.00	7.56	2.14	0.00
36	35	BOVEDA	549.61	2.85	5.06	0.00	7.56	2.14	0.00
36	36	BOVEDA	549.61	2.18	5.66	0.00	7.19	2.43	0.00
37	36	BOVEDA	549.61	2.18	5.66	0.00	7.19	2.43	0.00
37	37	BOVEDA	549.92	0.92	6.03	0.00	7.19	2.87	0.00
38	37	BOVEDA	549.92	0.92	6.03	0.00	7.19	2.87	0.00
38	38	BOVEDA	550.26	1.58	5.95	0.00	7.19	2.83	0.00
39	38	BOVEDA	550.26	1.58	5.95	0.00	7.19	2.83	0.00
39	39	BOVEDA	550.97	5.75	5.07	0.00	7.72	2.48	0.00
40	39	BOVEDA	550.97	5.75	5.07	0.00	7.72	2.48	0.00
40	40	BOVEDA	551.53	11.10	3.05	0.00	7.21	7.21	0.00
41	40	BOVEDA	551.53	11.10	3.05	0.00	7.21	7.21	0.00
41	41	BOVEDA	552.19	20.70	0.00	-0.75	7.22	7.22	0.00
42	41	BOVEDA	552.19	20.70	0.00	-0.75	7.22	7.22	0.00
42	42	HASTIAL	553.91	32.96	0.00	-7.17	7.24	7.24	0.00
43	42	HASTIAL	553.91	32.96	0.00	-7.17	7.24	7.24	0.00
43	43	HASTIAL	554.97	48.48	0.00	-16.92	7.26	7.26	0.00
44	43	HASTIAL	554.97	48.48	0.00	-16.92	7.26	7.26	0.00
44	44	HASTIAL	556.67	68.52	0.00	-30.92	7.28	7.28	0.00
45	44	HASTIAL	556.67	68.52	0.00	-30.92	7.28	7.28	0.00
45	45	HASTIAL	557.84	92.08	0.00	-50.13	7.29	7.29	1.66




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
46	45	HASTIAL	557.84	92.08	0.00	-50.13	7.29	7.29	1.66
46	46	HASTIAL	555.76	118.67	0.00	-75.35	7.27	7.27	18.10
47	46	HASTIAL	555.76	118.67	0.00	-75.35	7.27	7.27	18.10
47	47	HASTIAL	557.21	148.31	0.00	-107.30	11.67	17.12	36.43
48	47	HASTIAL	557.21	148.31	0.00	-107.30	11.67	17.12	36.43
48	48	HASTIAL	423.03	258.60	0.00	-70.36	5.53	5.53	104.61
49	48	HASTIAL	423.03	258.60	0.00	-70.36	5.53	5.53	104.61
49	49	HASTIAL	460.50	61.90	0.00	-1.87	6.02	6.02	0.00
50	49	HASTIAL	460.50	61.90	0.00	-1.87	6.02	6.02	0.00
50	50	SOLERA	442.56	21.19	16.66	0.00	7.68	7.68	0.00
51	50	SOLERA	442.56	21.19	16.66	0.00	7.68	7.68	0.00
51	51	SOLERA	424.34	0.49	21.49	0.00	7.68	7.68	0.00
52	51	SOLERA	424.34	0.49	21.49	0.00	7.68	7.68	0.00
52	52	SOLERA	409.67	8.02	19.81	0.00	7.68	7.68	0.00
53	52	SOLERA	409.67	8.02	19.81	0.00	7.68	7.68	0.00
53	53	SOLERA	441.42	3.58	17.23	0.00	7.68	7.68	0.00
54	53	SOLERA	441.42	3.58	17.23	0.00	7.68	7.68	0.00
54	54	SOLERA	399.30	3.26	15.70	0.00	7.68	7.68	0.00
55	54	SOLERA	399.30	3.26	15.70	0.00	7.68	7.68	0.00
55	55	SOLERA	399.28	4.91	13.88	0.00	7.68	7.68	0.00
56	55	SOLERA	399.28	4.91	13.88	0.00	7.68	7.68	0.00
56	56	SOLERA	394.59	3.48	12.01	0.00	7.68	7.68	0.00
57	56	SOLERA	394.59	3.48	12.01	0.00	7.68	7.68	0.00
57	57	SOLERA	393.33	0.32	11.31	0.00	7.68	7.68	0.00
58	57	SOLERA	393.33	0.32	11.31	0.00	7.68	7.68	0.00
58	58	SOLERA	391.58	4.82	12.45	0.00	7.68	7.68	0.00
59	58	SOLERA	391.58	4.82	12.45	0.00	7.68	7.68	0.00
59	59	SOLERA	397.19	5.17	14.68	0.00	7.68	7.68	0.00
60	59	SOLERA	397.19	5.17	14.68	0.00	7.68	7.68	0.00
60	60	SOLERA	401.42	9.23	17.89	0.00	7.68	7.68	0.00
61	60	SOLERA	401.42	9.23	17.89	0.00	7.68	7.68	0.00
61	61	SOLERA	409.65	6.12	21.31	0.00	7.68	7.68	0.00
62	61	SOLERA	409.65	6.12	21.31	0.00	7.68	7.68	0.00
62	62	SOLERA	423.61	2.07	22.22	0.00	7.68	7.68	0.00
63	62	SOLERA	423.61	2.07	22.22	0.00	7.68	7.68	0.00
63	63	SOLERA	439.89	21.22	17.02	0.00	7.68	7.68	0.00
64	63	SOLERA	439.89	21.22	17.02	0.00	7.68	7.68	0.00
64	64	HASTIAL	458.42	61.26	0.00	-1.37	5.99	5.99	0.00
65	64	HASTIAL	458.42	61.26	0.00	-1.37	5.99	5.99	0.00
65	65	HASTIAL	432.28	263.98	0.00	-70.81	5.65	5.65	107.93
66	65	HASTIAL	432.28	263.98	0.00	-70.81	5.65	5.65	107.93
66	66	HASTIAL	557.94	150.45	0.00	-108.57	12.53	17.78	37.75
67	66	HASTIAL	557.94	150.45	0.00	-108.57	12.53	17.78	37.75
67	67	HASTIAL	556.56	119.65	0.00	-76.25	7.28	7.28	18.71
68	67	HASTIAL	556.56	119.65	0.00	-76.25	7.28	7.28	18.71
68	68	HASTIAL	557.28	93.21	0.00	-50.77	7.29	7.29	2.36
69	68	HASTIAL	557.28	93.21	0.00	-50.77	7.29	7.29	2.36
69	69	HASTIAL	555.63	69.21	0.00	-31.34	7.27	7.27	0.00
70	69	HASTIAL	555.63	69.21	0.00	-31.34	7.27	7.27	0.00
70	70	HASTIAL	554.63	49.00	0.00	-17.19	7.25	7.25	0.00
71	70	HASTIAL	554.63	49.00	0.00	-17.19	7.25	7.25	0.00
71	71	HASTIAL	553.84	33.39	0.00	-7.33	7.24	7.24	0.00
72	71	HASTIAL	553.84	33.39	0.00	-7.33	7.24	7.24	0.00
72	72	BOVEDA	552.26	20.96	0.00	-0.83	7.22	7.22	0.00
73	72	BOVEDA	552.26	20.96	0.00	-0.83	7.22	7.22	0.00
73	73	BOVEDA	551.77	11.10	3.01	0.00	7.21	7.21	0.00
74	73	BOVEDA	551.77	11.10	3.01	0.00	7.21	7.21	0.00
74	74	BOVEDA	551.65	5.67	5.02	0.00	7.86	2.65	0.00
75	74	BOVEDA	551.65	5.67	5.02	0.00	7.86	2.65	0.00
75	75	BOVEDA	550.63	1.93	5.93	0.00	7.20	2.86	0.00
76	75	BOVEDA	550.63	1.93	5.93	0.00	7.20	2.86	0.00
76	76	BOVEDA	550.31	0.95	6.04	0.00	7.20	2.94	0.00
77	76	BOVEDA	550.31	0.95	6.04	0.00	7.20	2.94	0.00
77	77	BOVEDA	550.02	2.19	5.67	0.00	7.19	2.49	0.00
78	77	BOVEDA	550.02	2.19	5.67	0.00	7.19	2.49	0.00
78	78	BOVEDA	550.02	2.89	5.06	0.00	7.60	2.24	0.00
79	78	BOVEDA	550.02	2.89	5.06	0.00	7.60	2.24	0.00
79	79	BOVEDA	550.21	2.97	4.36	0.00	8.39	2.29	0.00
80	79	BOVEDA	550.21	2.97	4.36	0.00	8.39	2.29	0.00
80	80	BOVEDA	550.44	2.71	3.68	0.00	9.16	2.35	0.00
81	80	BOVEDA	550.44	2.71	3.68	0.00	9.16	2.35	0.00
81	81	BOVEDA	550.75	2.24	3.09	0.00	7.20	7.20	0.00





### 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
82	81	BOVEDA	550.75	2.24	3.09	0.00	7.20	7.20	0.00
82	82	BOVEDA	550.58	1.50	2.49	0.00	7.20	7.20	0.00
83	82	BOVEDA	550.58	1.50	2.49	0.00	7.20	7.20	0.00

### 4.1.3.3 Resumen

Los resultados de los esfuerzos obtenidos por dovela en el dimensionamiento, son los siguientes:

	$A_{INT}$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{EXT}$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{ST}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
BOVEDA	9,16	7,28	0,00
HASTIAL	12,53	35,53	121,32
SOLERA	7,68	7,68	0,00



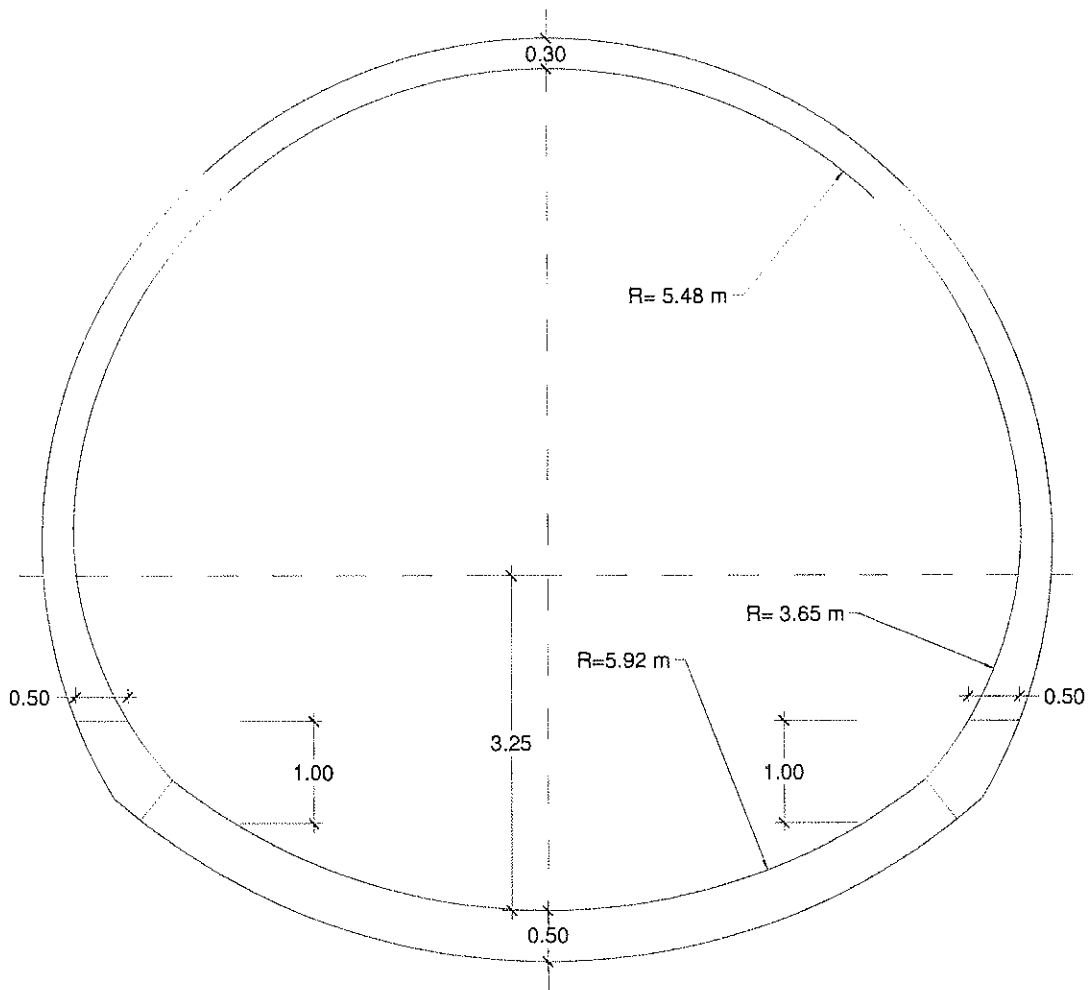


0.3.1. Túneles

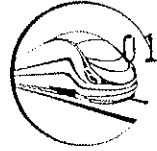
4.2 SECCIÓN CON CONTRABÓVEDA

4.2.1 Definición geométrica

La sección transversal del túnel es la siguiente:







### 0.3.1. Túneles

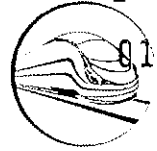
### 4.2.2 Esfuerzos

Los valores de los esfuerzos producidos por las acciones procedentes del terreno se han calculado mediante el programa de elementos finitos Phase2. Los resultados son los siguientes:

#### 4.2.2.1 Servicio

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
1	1	0.22	164.53	-0.12	2.37
2	1	0.22	164.53	-0.12	2.37
2	2	0.66	163.67	0.36	2.32
3	2	0.66	163.67	0.36	2.32
3	3	1.10	162.90	0.62	2.10
4	3	1.10	162.90	0.62	2.10
4	4	1.54	162.25	0.70	1.81
5	4	1.54	162.25	0.70	1.81
5	5	1.98	161.73	0.69	1.51
6	5	1.98	161.73	0.69	1.51
6	6	2.42	161.37	0.72	1.20
7	6	2.42	161.37	0.72	1.20
7	7	2.86	160.93	0.62	0.90
8	7	2.86	160.93	0.62	0.90
8	8	3.30	160.69	0.60	0.63
9	8	3.30	160.69	0.60	0.63
9	9	3.74	160.46	0.50	0.39
10	9	3.74	160.46	0.50	0.39
10	10	4.18	160.36	0.46	0.18
11	10	4.18	160.36	0.46	0.18
11	11	4.61	160.20	0.39	-0.01
12	11	4.61	160.20	0.39	-0.01
12	12	5.05	160.13	0.32	-0.16
13	12	5.05	160.13	0.32	-0.16
13	13	5.49	159.98	0.21	-0.28
14	13	5.49	159.98	0.21	-0.28
14	14	5.93	160.01	0.15	-0.36
15	14	5.93	160.01	0.15	-0.36
15	15	6.37	160.01	0.15	-0.42
16	15	6.37	160.01	0.15	-0.42
16	16	6.81	160.00	0.05	-0.46
17	16	6.81	160.00	0.05	-0.46
17	17	7.25	160.01	-0.05	-0.46
18	17	7.25	160.01	-0.05	-0.46
18	18	7.69	160.01	-0.13	-0.42
19	18	7.69	160.01	-0.13	-0.42
19	19	8.13	159.96	-0.13	-0.36
20	19	8.13	159.96	-0.13	-0.36
20	20	8.57	160.16	-0.28	-0.27
21	20	8.57	160.16	-0.28	-0.27
21	21	9.01	160.15	-0.30	-0.14
22	21	9.01	160.15	-0.30	-0.14
22	22	9.45	160.24	-0.40	0.01
23	22	9.45	160.24	-0.40	0.01
23	23	9.89	160.32	-0.42	0.19
24	23	9.89	160.32	-0.42	0.19
24	24	10.33	160.45	-0.50	0.39
25	24	10.33	160.45	-0.50	0.39
25	25	10.77	160.72	-0.60	0.63
26	25	10.77	160.72	-0.60	0.63
26	26	11.21	160.96	-0.65	0.91
27	26	11.21	160.96	-0.65	0.91
27	27	11.65	161.38	-0.71	1.20
28	27	11.65	161.38	-0.71	1.20
28	28	12.09	161.73	-0.67	1.51
29	28	12.09	161.73	-0.67	1.51
29	29	12.53	162.27	-0.69	1.81
30	29	12.53	162.27	-0.69	1.81
30	30	12.97	162.88	-0.61	2.09
31	30	12.97	162.88	-0.61	2.09





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
31	31	13.40	163.69	-0.36	2.30
32	31	13.40	163.69	-0.36	2.30
32	32	13.84	164.58	0.10	2.36
33	32	13.84	164.58	0.10	2.36
33	33	14.17	165.45	0.23	2.31
34	33	14.17	165.45	0.23	2.31
34	34	14.39	165.98	0.47	2.24
35	34	14.39	165.98	0.47	2.24
35	35	14.61	166.54	0.82	2.10
36	35	14.61	166.54	0.82	2.10
36	36	14.83	167.12	1.25	1.87
37	36	14.83	167.12	1.25	1.87
37	37	15.05	167.74	1.80	1.53
38	37	15.05	167.74	1.80	1.53
38	38	15.27	168.39	2.48	1.07
39	38	15.27	168.39	2.48	1.07
39	39	15.49	169.10	3.32	0.43
40	39	15.49	169.10	3.32	0.43
40	40	15.70	169.86	4.34	-0.41
41	40	15.70	169.86	4.34	-0.41
41	41	15.92	170.66	5.54	-1.49
42	41	15.92	170.66	5.54	-1.49
42	42	16.14	171.46	6.89	-2.85
43	42	16.14	171.46	6.89	-2.85
43	43	16.36	172.26	8.50	-4.53
44	43	16.36	172.26	8.50	-4.53
44	44	16.58	173.23	10.36	-6.59
45	44	16.58	173.23	10.36	-6.59
45	45	16.80	173.76	12.29	-9.07
46	45	16.80	173.76	12.29	-9.07
46	46	17.02	174.95	14.85	-12.04
47	46	17.02	174.95	14.85	-12.04
47	47	17.23	175.70	17.21	-15.54
48	47	17.23	175.70	17.21	-15.54
48	48	17.45	176.64	19.93	-19.60
49	48	17.45	176.64	19.93	-19.60
49	49	17.70	174.52	-26.64	-18.04
50	49	17.70	174.52	-26.64	-18.04
50	50	17.98	173.02	-21.15	-11.32
51	50	17.98	173.02	-21.15	-11.32
51	51	18.27	170.92	-16.22	-6.06
52	51	18.27	170.92	-16.22	-6.06
52	52	18.55	169.62	-12.30	-2.05
53	52	18.55	169.62	-12.30	-2.05
53	53	18.83	168.39	-9.05	0.95
54	53	18.83	168.39	-9.05	0.95
54	54	19.11	166.78	-6.33	3.11
55	54	19.11	166.78	-6.33	3.11
55	55	19.39	166.00	-4.23	4.60
56	55	19.39	166.00	-4.23	4.60
56	56	19.67	165.11	-2.64	5.57
57	56	19.67	165.11	-2.64	5.57
57	57	19.95	164.26	-1.52	6.15
58	57	19.95	164.26	-1.52	6.15
58	58	20.23	163.39	-0.77	6.47
59	58	20.23	163.39	-0.77	6.47
59	59	20.52	162.93	-0.25	6.61
60	59	20.52	162.93	-0.25	6.61
60	60	20.80	162.49	0.05	6.64
61	60	20.80	162.49	0.05	6.64
61	61	21.08	162.17	0.20	6.61
62	61	21.08	162.17	0.20	6.61
62	62	21.36	161.91	0.19	6.55
63	62	21.36	161.91	0.19	6.55
63	63	21.64	161.74	0.12	6.51
64	63	21.64	161.74	0.12	6.51
64	64	21.92	161.62	0.05	6.49
65	64	21.92	161.62	0.05	6.49
65	65	22.20	161.66	-0.05	6.49
66	65	22.20	161.66	-0.05	6.49
66	66	22.48	161.76	-0.14	6.52
67	66	22.48	161.76	-0.14	6.52



## 0.3.1. Túneles

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
67	67	22.77	161.92	-0.19	6.56
68	67	22.77	161.92	-0.19	6.56
68	68	23.05	162.19	-0.17	6.61
69	68	23.05	162.19	-0.17	6.61
69	69	23.33	162.46	-0.07	6.65
70	69	23.33	162.46	-0.07	6.65
70	70	23.61	163.00	0.26	6.62
71	70	23.61	163.00	0.26	6.62
71	71	23.89	163.40	0.79	6.47
72	71	23.89	163.40	0.79	6.47
72	72	24.17	164.19	1.63	6.13
73	72	24.17	164.19	1.63	6.13
73	73	24.45	164.91	2.73	5.52
74	73	24.45	164.91	2.73	5.52
74	74	24.73	165.60	4.16	4.55
75	74	24.73	165.60	4.16	4.55
75	75	25.02	166.68	6.17	3.10
76	75	25.02	166.68	6.17	3.10
76	76	25.30	168.23	9.08	0.95
77	76	25.30	168.23	9.08	0.95
77	77	25.58	169.40	12.26	-2.05
78	77	25.58	169.40	12.26	-2.05
78	78	25.86	171.02	16.38	-6.08
79	78	25.86	171.02	16.38	-6.08
79	79	26.14	172.89	21.28	-11.37
80	79	26.14	172.89	21.28	-11.37
80	80	26.42	174.51	26.67	-18.11
81	80	26.42	174.51	26.67	-18.11
81	81	26.67	176.58	-19.89	-19.69
82	81	26.67	176.58	-19.89	-19.69
82	82	26.89	175.75	-17.34	-15.62
83	82	26.89	175.75	-17.34	-15.62
83	83	27.11	174.91	-14.89	-12.10
84	83	27.11	174.91	-14.89	-12.10
84	84	27.33	173.98	-12.59	-9.09
85	84	27.33	173.98	-12.59	-9.09
85	85	27.55	173.00	-10.42	-6.57
86	85	27.55	173.00	-10.42	-6.57
86	86	27.77	172.16	-8.57	-4.50
87	86	27.77	172.16	-8.57	-4.50
87	87	27.98	171.37	-6.95	-2.80
88	87	27.98	171.37	-6.95	-2.80
88	88	28.20	170.56	-5.55	-1.43
89	88	28.20	170.56	-5.55	-1.43
89	89	28.42	169.79	-4.35	-0.35
90	89	28.42	169.79	-4.35	-0.35
90	90	28.64	169.03	-3.32	0.49
91	90	28.64	169.03	-3.32	0.49
91	91	28.86	168.32	-2.47	1.12
92	91	28.86	168.32	-2.47	1.12
92	92	29.08	167.66	-1.77	1.58
93	92	29.08	167.66	-1.77	1.58
93	93	29.30	167.03	-1.21	1.91
94	93	29.30	167.03	-1.21	1.91
94	94	29.52	166.45	-0.73	2.12
95	94	29.52	166.45	-0.73	2.12
95	95	29.73	165.98	-0.44	2.25
96	95	29.73	165.98	-0.44	2.25
96	96	29.95	165.39	-0.21	2.32

## 4.2.2.2 Sismo

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
1	1	0.11	11.76	-4.38	-2.24
2	1	0.11	11.76	-4.38	-2.24
2	2	0.32	9.24	4.53	-2.26
3	2	0.32	9.24	4.53	-2.26
3	3	0.53	10.34	0.84	-2.83
4	3	0.53	10.34	0.84	-2.83





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m-t)
4	4	0.75	9.55	2.70	-3.21
5	4	0.75	9.55	2.70	-3.21
5	5	0.96	10.77	1.21	-3.63
6	5	0.96	10.77	1.21	-3.63
6	6	1.17	10.09	2.26	-4.00
7	6	1.17	10.09	2.26	-4.00
7	7	1.38	11.18	0.97	-4.34
8	7	1.38	11.18	0.97	-4.34
8	8	1.60	10.58	2.10	-4.67
9	8	1.60	10.58	2.10	-4.67
9	9	1.81	11.43	0.60	-4.96
10	9	1.81	11.43	0.60	-4.96
10	10	2.02	10.96	1.73	-5.20
11	10	2.02	10.96	1.73	-5.20
11	11	2.24	11.61	-0.02	-5.39
12	11	2.24	11.61	-0.02	-5.39
12	12	2.45	11.50	1.40	-5.53
13	12	2.45	11.50	1.40	-5.53
13	13	2.66	11.93	-0.32	-5.65
14	13	2.66	11.93	-0.32	-5.65
14	14	2.88	11.88	0.81	-5.70
15	14	2.88	11.88	0.81	-5.70
15	15	3.09	11.97	-0.70	-5.71
16	15	3.09	11.97	-0.70	-5.71
16	16	3.30	12.01	0.64	-5.71
17	16	3.30	12.01	0.64	-5.71
17	17	3.52	11.81	-1.14	-5.65
18	17	3.52	11.81	-1.14	-5.65
18	18	3.73	11.93	0.11	-5.54
19	18	3.73	11.93	0.11	-5.54
19	19	3.94	11.36	-1.51	-5.40
20	19	3.94	11.36	-1.51	-5.40
20	20	4.15	11.68	-0.35	-5.20
21	20	4.15	11.68	-0.35	-5.20
21	21	4.37	10.90	-2.00	-4.95
22	21	4.37	10.90	-2.00	-4.95
22	22	4.58	11.38	-0.68	-4.66
23	22	4.58	11.38	-0.68	-4.66
23	23	4.79	10.41	-2.30	-4.34
24	23	4.79	10.41	-2.30	-4.34
24	24	5.01	11.16	-1.25	-3.96
25	24	5.01	11.16	-1.25	-3.96
25	25	5.22	9.97	-2.51	-3.56
26	25	5.22	9.97	-2.51	-3.56
26	26	5.43	10.84	-1.55	-3.13
27	26	5.43	10.84	-1.55	-3.13
27	27	5.65	9.51	-2.78	-2.67
28	27	5.65	9.51	-2.78	-2.67
28	28	5.86	10.44	-1.69	-2.20
29	28	5.86	10.44	-1.69	-2.20
29	29	6.07	8.97	-2.92	-1.70
30	29	6.07	8.97	-2.92	-1.70
30	30	6.29	9.98	-1.86	-1.19
31	30	6.29	9.98	-1.86	-1.19
31	31	6.50	8.46	-2.96	-0.68
32	31	6.50	8.46	-2.96	-0.68
32	32	6.71	9.51	-2.01	-0.15
33	32	6.71	9.51	-2.01	-0.15
33	33	6.92	7.98	-2.96	0.38
34	33	6.92	7.98	-2.96	0.38
34	34	7.14	8.99	-1.98	0.90
35	34	7.14	8.99	-1.98	0.90
35	35	7.35	7.47	-2.70	1.40
36	35	7.35	7.47	-2.70	1.40
36	36	7.56	8.47	-1.94	1.90
37	36	7.56	8.47	-1.94	1.90
37	37	7.78	7.08	-2.70	2.39
38	37	7.78	7.08	-2.70	2.39
38	38	7.99	7.95	-1.73	2.86
39	38	7.99	7.95	-1.73	2.86
39	39	8.20	6.57	-2.34	3.30
40	39	8.20	6.57	-2.34	3.30




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
40	40	8.42	7.25	-1.44	3.70
41	40	8.42	7.25	-1.44	3.70
41	41	8.63	6.09	-2.00	4.07
42	41	8.63	6.09	-2.00	4.07
42	42	8.84	6.68	-1.27	4.42
43	42	8.84	6.68	-1.27	4.42
43	43	9.06	5.69	-1.47	4.71
44	43	9.06	5.69	-1.47	4.71
44	44	9.27	6.07	-0.89	4.96
45	44	9.27	6.07	-0.89	4.96
45	45	9.48	5.35	-1.02	5.16
46	45	9.48	5.35	-1.02	5.16
46	46	9.69	5.51	-0.41	5.31
47	46	9.69	5.51	-0.41	5.31
47	47	9.91	5.06	-0.57	5.42
48	47	9.91	5.06	-0.57	5.42
48	48	10.12	5.12	-0.11	5.49
49	48	10.12	5.12	-0.11	5.49
49	49	10.33	4.91	-0.24	5.53
50	49	10.33	4.91	-0.24	5.53
50	50	10.55	4.86	0.13	5.54
51	50	10.55	4.86	0.13	5.54
51	51	10.76	4.83	-0.05	5.53
52	51	10.76	4.83	-0.05	5.53
52	52	10.97	4.76	0.29	5.51
53	52	10.97	4.76	0.29	5.51
53	53	11.19	4.92	0.17	5.46
54	53	11.19	4.92	0.17	5.46
54	54	11.40	4.80	0.54	5.39
55	54	11.40	4.80	0.54	5.39
55	55	11.61	5.18	0.43	5.28
56	55	11.61	5.18	0.43	5.28
56	56	11.83	4.97	0.93	5.14
57	56	11.83	4.97	0.93	5.14
57	57	12.04	5.59	0.73	4.96
58	57	12.04	5.59	0.73	4.96
58	58	12.25	5.26	1.34	4.74
59	58	12.25	5.26	1.34	4.74
59	59	12.46	6.17	1.16	4.47
60	59	12.46	6.17	1.16	4.47
60	60	12.68	5.66	1.81	4.16
61	60	12.68	5.66	1.81	4.16
61	61	12.89	6.80	1.74	3.78
62	61	12.89	6.80	1.74	3.78
62	62	13.10	6.10	1.47	3.44
63	62	13.10	6.10	1.47	3.44
63	63	13.32	7.18	4.50	2.80
64	63	13.32	7.18	4.50	2.80
64	64	13.53	8.48	-5.15	2.87
65	64	13.53	8.48	-5.15	2.87
65	65	13.69	9.46	22.59	2.23
66	65	13.69	9.46	22.59	2.23
66	66	13.79	10.10	-35.30	2.90
67	66	13.79	10.10	-35.30	2.90
67	67	13.90	10.74	43.38	2.48
68	67	13.90	10.74	43.38	2.48
68	68	14.00	11.39	-22.35	1.37
69	68	14.00	11.39	-22.35	1.37
69	69	14.11	12.03	16.97	1.65
70	69	14.11	12.03	16.97	1.65
70	70	14.22	12.68	-0.51	0.79
71	70	14.22	12.68	-0.51	0.79
71	71	14.32	13.32	2.42	0.69
72	71	14.32	13.32	2.42	0.69
72	72	14.43	13.97	4.77	0.31
73	72	14.43	13.97	4.77	0.31
73	73	14.53	14.61	3.12	-0.11
74	73	14.53	14.61	3.12	-0.11
74	74	14.64	15.25	1.87	-0.37
75	74	14.64	15.25	1.87	-0.37
75	75	14.74	15.90	11.02	-1.05
76	75	14.74	15.90	11.02	-1.05



## O.3.1. Túneles



BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
76	76	14.85	16.54	-4.28	-1.40
77	76	14.85	16.54	-4.28	-1.40
77	77	14.95	17.19	11.56	-1.78
78	77	14.95	17.19	11.56	-1.78
78	78	15.06	17.83	-6.06	-2.07
79	78	15.06	17.83	-6.06	-2.07
79	79	15.16	18.48	3.14	-1.92
80	79	15.16	18.48	3.14	-1.92
80	80	15.27	19.12	8.19	-2.52
81	80	15.27	19.12	8.19	-2.52
81	81	15.37	19.76	8.11	-3.37
82	81	15.37	19.76	8.11	-3.37
82	82	15.48	20.41	6.60	-4.15
83	82	15.48	20.41	6.60	-4.15
83	83	15.58	21.05	4.29	-4.72
84	83	15.58	21.05	4.29	-4.72
84	84	15.69	21.70	-22.26	-3.78
85	84	15.69	21.70	-22.26	-3.78
85	85	15.79	22.34	47.24	-5.09
86	85	15.79	22.34	47.24	-5.09
86	86	15.90	22.99	-40.56	-5.44
87	86	15.90	22.99	-40.56	-5.44
87	87	16.00	23.63	23.85	-4.56
88	87	16.00	23.63	23.85	-4.56
88	88	16.11	24.27	29.46	-7.37
89	88	16.11	24.27	29.46	-7.37
89	89	16.22	24.92	-62.92	-5.61
90	89	16.22	24.92	-62.92	-5.61
90	90	16.32	25.56	91.69	-7.12
91	90	16.32	25.56	91.69	-7.12
91	91	16.43	26.21	-88.14	-7.31
92	91	16.43	26.21	-88.14	-7.31
92	92	16.53	26.85	59.34	-5.79
93	92	16.53	26.85	59.34	-5.79
93	93	16.64	27.50	9.34	-9.41
94	93	16.64	27.50	9.34	-9.41
94	94	16.74	28.14	-46.98	-7.43
95	94	16.74	28.14	-46.98	-7.43
95	95	16.85	28.78	32.16	-6.65
96	95	16.85	28.78	32.16	-6.65
96	96	16.95	29.43	23.32	-9.56
97	96	16.95	29.43	23.32	-9.56
97	97	17.07	30.17	-33.70	-8.49
98	97	17.07	30.17	-33.70	-8.49
98	98	17.21	31.01	2.68	-6.37
99	98	17.21	31.01	2.68	-6.37
99	99	17.35	31.84	5.72	-6.94
100	99	17.35	31.84	5.72	-6.94
100	100	17.48	32.68	-19.81	-5.98
101	100	17.48	32.68	-19.81	-5.98
101	101	17.62	33.52	15.50	-5.68
102	101	17.62	33.52	15.50	-5.68
102	102	17.76	10.40	-9.98	-6.06
103	102	17.76	10.40	-9.98	-6.06
103	103	17.89	10.34	19.92	-6.74
104	103	17.89	10.34	19.92	-6.74
104	104	18.03	10.28	-28.24	-6.17
105	104	18.03	10.28	-28.24	-6.17
105	105	18.17	10.22	24.63	-5.92
106	105	18.17	10.22	24.63	-5.92
106	106	18.30	10.16	-26.00	-5.83
107	106	18.30	10.16	-26.00	-5.83
107	107	18.44	10.10	32.19	-6.25
108	107	18.44	10.10	32.19	-6.25
108	108	18.58	10.04	-17.57	-7.25
109	108	18.58	10.04	-17.57	-7.25
109	109	18.71	9.98	2.82	-6.25
110	109	18.71	9.98	2.82	-6.25
110	110	18.85	9.92	-12.22	-5.60
111	110	18.85	9.92	-12.22	-5.60
111	111	18.99	9.86	4.91	-5.10
112	111	18.99	9.86	4.91	-5.10


**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
112	112	19.12	9.80	-2.92	-5.24
113	112	19.12	9.80	-2.92	-5.24
113	113	19.26	9.74	-6.48	-4.60
114	113	19.26	9.74	-6.48	-4.60
114	114	19.40	9.68	2.32	-4.31
115	114	19.40	9.68	2.32	-4.31
115	115	19.53	9.62	-2.65	-4.29
116	115	19.53	9.62	-2.65	-4.29
116	116	19.67	9.56	-7.76	-3.58
117	116	19.67	9.56	-7.76	-3.58
117	117	19.81	9.50	4.15	-3.33
118	117	19.81	9.50	4.15	-3.33
118	118	19.94	9.43	-3.08	-3.41
119	118	19.94	9.43	-3.08	-3.41
119	119	20.08	9.37	-6.36	-2.76
120	119	20.08	9.37	-6.36	-2.76
120	120	20.22	9.31	-4.09	-2.05
121	120	20.22	9.31	-4.09	-2.05
121	121	20.35	9.25	-2.11	-1.62
122	121	20.35	9.25	-2.11	-1.62
122	122	20.49	9.19	-1.28	-1.39
123	122	20.49	9.19	-1.28	-1.39
123	123	20.63	9.13	-3.87	-1.04
124	123	20.63	9.13	-3.87	-1.04
124	124	20.76	9.07	-1.67	-0.66
125	124	20.76	9.07	-1.67	-0.66
125	125	20.90	9.01	-3.28	-0.32
126	125	20.90	9.01	-3.28	-0.32
126	126	21.04	8.95	-4.36	0.20
127	126	21.04	8.95	-4.36	0.20
127	127	21.17	8.89	3.04	0.29
128	127	21.17	8.89	3.04	0.29
128	128	21.31	8.83	-13.29	0.99
129	128	21.31	8.83	-13.29	0.99
129	129	21.45	8.77	10.17	1.20
130	129	21.45	8.77	10.17	1.20
130	130	21.58	8.71	-11.90	1.32
131	130	21.58	8.71	-11.90	1.32
131	131	21.72	8.65	3.67	1.88
132	131	21.72	8.65	3.67	1.88
132	132	21.86	8.59	-7.44	2.14
133	132	21.86	8.59	-7.44	2.14
133	133	21.99	8.53	0.25	2.63
134	133	21.99	8.53	0.25	2.63
134	134	22.13	3.64	-3.30	2.84
135	134	22.13	3.64	-3.30	2.84
135	135	22.27	2.89	-0.27	3.08
136	135	22.27	2.89	-0.27	3.08
136	136	22.40	2.15	-0.58	3.14
137	136	22.40	2.15	-0.58	3.14
137	137	22.54	1.40	-5.84	3.58
138	137	22.54	1.40	-5.84	3.58
138	138	22.68	0.65	-5.93	4.38
139	138	22.68	0.65	-5.93	4.38
139	139	22.81	-0.09	-2.55	4.96
140	139	22.81	-0.09	-2.55	4.96
140	140	22.95	-0.84	7.79	4.61
141	140	22.95	-0.84	7.79	4.61
141	141	23.09	-1.58	-9.45	4.72
142	141	23.09	-1.58	-9.45	4.72
142	142	23.22	-2.33	0.76	5.31
143	142	23.22	-2.33	0.76	5.31
143	143	23.36	-3.07	2.58	5.08
144	143	23.36	-3.07	2.58	5.08
144	144	23.50	-3.82	-5.08	5.25
145	144	23.50	-3.82	-5.08	5.25
145	145	23.63	-4.57	-1.92	5.73
146	145	23.63	-4.57	-1.92	5.73
146	146	23.77	-5.31	7.31	5.36
147	146	23.77	-5.31	7.31	5.36
147	147	23.91	-6.06	-11.66	5.66
148	147	23.91	-6.06	-11.66	5.66




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
148	148	24.04	-6.80	5.02	6.12
149	148	24.04	-6.80	5.02	6.12
149	149	24.18	-7.55	-14.07	6.73
150	149	24.18	-7.55	-14.07	6.73
150	150	24.32	-8.30	28.16	5.77
151	150	24.32	-8.30	28.16	5.77
151	151	24.45	-9.04	-16.31	4.96
152	151	24.45	-9.04	-16.31	4.96
152	152	24.59	-9.79	12.66	5.21
153	152	24.59	-9.79	12.66	5.21
153	153	24.73	-10.53	-12.29	5.19
154	153	24.73	-10.53	-12.29	5.19
154	154	24.86	-11.28	10.22	5.33
155	154	24.86	-11.28	10.22	5.33
155	155	24.97	-11.84	-0.01	4.63
156	155	24.97	-11.84	-0.01	4.63
156	156	25.03	-12.21	-90.88	7.73
157	156	25.03	-12.21	-90.88	7.73
157	157	25.10	-12.59	139.03	6.09
158	157	25.10	-12.59	139.03	6.09
158	158	25.17	-12.96	-123.72	5.57
159	158	25.17	-12.96	-123.72	5.57
159	159	25.24	-13.33	94.77	6.55
160	159	25.24	-13.33	94.77	6.55
160	160	25.31	-13.70	-76.57	5.93
161	160	25.31	-13.70	-76.57	5.93
161	161	25.41	2.39	45.72	5.42
162	161	25.41	2.39	45.72	5.42
162	162	25.55	3.00	-36.43	4.79
163	162	25.55	3.00	-36.43	4.79
163	163	25.68	13.46	26.48	5.47
164	163	25.68	13.46	26.48	5.47
164	164	25.80	13.50	-20.93	4.76
165	164	25.80	13.50	-20.93	4.76
165	165	25.91	13.52	29.32	4.32
166	165	25.91	13.52	29.32	4.32
166	166	26.01	13.55	-36.16	4.68
167	166	26.01	13.55	-36.16	4.68
167	167	26.12	13.58	13.19	5.89
168	167	26.12	13.58	13.19	5.89
168	168	26.22	13.61	26.81	3.79
169	168	26.22	13.61	26.81	3.79
169	169	26.33	13.63	-52.78	5.15
170	169	26.33	13.63	-52.78	5.15
170	170	26.44	13.66	61.36	4.70
171	170	26.44	13.66	61.36	4.70
171	171	26.54	13.69	-44.07	3.79
172	171	26.54	13.69	-44.07	3.79
172	172	26.65	13.72	17.55	5.19
173	172	26.65	13.72	17.55	5.19
173	173	26.75	13.75	18.52	3.29
174	173	26.75	13.75	18.52	3.29
174	174	26.86	13.77	-31.54	3.97
175	174	26.86	13.77	-31.54	3.97
175	175	26.96	13.80	35.29	3.77
176	175	26.96	13.80	35.29	3.77
176	176	27.07	13.83	-18.17	2.87
177	176	27.07	13.83	-18.17	2.87
177	177	27.17	13.86	3.95	3.62
178	177	27.17	13.86	3.95	3.62
178	178	27.28	13.89	2.98	3.26
179	178	27.28	13.89	2.98	3.26
179	179	27.38	13.91	7.38	2.71
180	179	27.38	13.91	7.38	2.71
180	180	27.49	6.22	4.50	2.09
181	180	27.49	6.22	4.50	2.09
181	181	27.59	6.15	3.98	1.64
182	181	27.59	6.15	3.98	1.64
182	182	27.70	6.08	-7.21	1.81
183	182	27.70	6.08	-7.21	1.81
183	183	27.80	6.01	11.44	1.59
184	183	27.80	6.01	11.44	1.59







### 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	Posición	N (t)	Q (t)	M (m·t)
184	184	27.91	5.94	-6.34	1.32
185	184	27.91	5.94	-6.34	1.32
185	185	28.01	5.88	11.29	1.06
186	185	28.01	5.88	11.29	1.06
186	186	28.12	5.81	-0.74	0.50
187	186	28.12	5.81	-0.74	0.50
187	187	28.22	5.74	4.54	0.30
188	187	28.22	5.74	4.54	0.30
188	188	28.33	5.67	1.85	-0.03
189	188	28.33	5.67	1.85	-0.03
189	189	28.43	5.60	4.09	-0.35
190	189	28.43	5.60	4.09	-0.35
190	190	28.54	5.53	-1.68	-0.47
191	190	28.54	5.53	-1.68	-0.47
191	191	28.65	5.47	13.98	-1.12
192	191	28.65	5.47	13.98	-1.12
192	192	28.75	5.40	-17.41	-0.94
193	192	28.75	5.40	-17.41	-0.94
193	193	28.86	5.33	34.39	-1.83
194	193	28.86	5.33	34.39	-1.83
194	194	28.96	5.26	-27.97	-2.17
195	194	28.96	5.26	-27.97	-2.17
195	195	29.07	5.19	19.14	-1.70

### 4.2.3 Dimensionamiento

A continuación se muestran los esfuerzos de flexión, cortante y los axil en todos los nudos del modelo, así como las cuantías de armadura resultantes del cálculo. El armado se realiza con barras de acero corrugado de límite elástico 500 N/mm<sup>2</sup>.

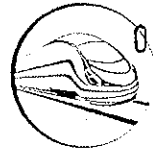
#### 4.2.3.1 Hipótesis 1

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	164.53	0.20	4.03	0.00	2.15	2.15	0.00
2	1	BOVEDA	164.53	0.20	4.03	0.00	2.15	2.15	0.00
2	2	BOVEDA	164.53	0.20	4.03	0.00	2.15	2.15	0.00
3	2	BOVEDA	164.53	0.20	4.03	0.00	2.15	2.15	0.00
3	3	BOVEDA	164.53	0.20	4.03	0.00	2.15	2.15	0.00
4	3	BOVEDA	163.67	0.61	3.94	0.00	2.14	2.14	0.00
4	4	BOVEDA	163.67	0.61	3.94	0.00	2.14	2.14	0.00
5	4	BOVEDA	163.67	0.61	3.94	0.00	2.14	2.14	0.00
5	5	BOVEDA	163.67	0.61	3.94	0.00	2.14	2.14	0.00
6	5	BOVEDA	162.90	1.06	3.57	0.00	2.13	2.13	0.00
6	6	BOVEDA	162.90	1.06	3.57	0.00	2.13	2.13	0.00
7	6	BOVEDA	162.90	1.06	3.57	0.00	2.13	2.13	0.00
7	7	BOVEDA	162.90	1.06	3.57	0.00	2.13	2.13	0.00
8	7	BOVEDA	162.25	1.19	3.08	0.00	2.12	2.12	0.00
8	8	BOVEDA	162.25	1.19	3.08	0.00	2.12	2.12	0.00
9	8	BOVEDA	162.25	1.19	3.08	0.00	2.12	2.12	0.00
9	9	BOVEDA	162.25	1.19	3.08	0.00	2.12	2.12	0.00
10	9	BOVEDA	162.25	1.19	3.08	0.00	2.12	2.12	0.00
10	10	BOVEDA	161.73	1.17	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
11	10	BOVEDA	161.73	1.17	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
11	11	BOVEDA	161.73	1.17	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
12	11	BOVEDA	161.73	1.17	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
12	12	BOVEDA	161.37	1.23	2.03	0.00	2.11	2.11	0.00
13	12	BOVEDA	161.37	1.23	2.03	0.00	2.11	2.11	0.00
13	13	BOVEDA	161.37	1.23	2.03	0.00	2.11	2.11	0.00
14	13	BOVEDA	161.37	1.23	2.03	0.00	2.11	2.11	0.00
14	14	BOVEDA	161.37	1.23	2.03	0.00	2.11	2.11	0.00
15	14	BOVEDA	160.93	1.06	1.53	0.00	2.10	2.10	0.00
15	15	BOVEDA	160.93	1.06	1.53	0.00	2.10	2.10	0.00
16	15	BOVEDA	160.93	1.06	1.53	0.00	2.10	2.10	0.00
16	16	BOVEDA	160.93	1.06	1.53	0.00	2.10	2.10	0.00
17	16	BOVEDA	160.69	1.02	1.08	0.00	2.10	2.10	0.00
17	17	BOVEDA	160.69	1.02	1.08	0.00	2.10	2.10	0.00




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+(m·t)	MD-(m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
18	17	BOVEDA	160.69	1.02	1.08	0.00	2.10	2.10	0.00
18	18	BOVEDA	160.69	1.02	1.08	0.00	2.10	2.10	0.00
19	18	BOVEDA	160.46	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
19	19	BOVEDA	160.46	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
20	19	BOVEDA	160.46	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
20	20	BOVEDA	160.46	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
21	20	BOVEDA	160.46	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
21	21	BOVEDA	160.36	0.78	0.31	0.00	2.10	2.10	0.00
22	21	BOVEDA	160.36	0.78	0.31	0.00	2.10	2.10	0.00
22	22	BOVEDA	160.36	0.78	0.31	0.00	2.10	2.10	0.00
23	22	BOVEDA	160.36	0.78	0.31	0.00	2.10	2.10	0.00
23	23	BOVEDA	160.20	0.66	0.00	-0.01	2.09	2.09	0.00
24	23	BOVEDA	160.20	0.66	0.00	-0.01	2.09	2.09	0.00
24	24	BOVEDA	160.20	0.66	0.00	-0.01	2.09	2.09	0.00
25	24	BOVEDA	160.20	0.66	0.00	-0.01	2.09	2.09	0.00
25	25	BOVEDA	160.20	0.66	0.00	-0.01	2.09	2.09	0.00
26	25	BOVEDA	160.13	0.54	0.00	-0.27	2.09	2.09	0.00
26	26	BOVEDA	160.13	0.54	0.00	-0.27	2.09	2.09	0.00
27	26	BOVEDA	160.13	0.54	0.00	-0.27	2.09	2.09	0.00
27	27	BOVEDA	160.13	0.54	0.00	-0.27	2.09	2.09	0.00
28	27	BOVEDA	159.98	0.36	0.00	-0.47	2.09	2.09	0.00
28	28	BOVEDA	159.98	0.36	0.00	-0.47	2.09	2.09	0.00
29	28	BOVEDA	159.98	0.36	0.00	-0.47	2.09	2.09	0.00
29	29	BOVEDA	159.98	0.36	0.00	-0.47	2.09	2.09	0.00
30	29	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.60	2.09	2.09	0.00
30	30	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.60	2.09	2.09	0.00
31	30	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.60	2.09	2.09	0.00
31	31	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.60	2.09	2.09	0.00
32	31	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.60	2.09	2.09	0.00
32	32	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.71	2.09	2.09	0.00
33	32	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.71	2.09	2.09	0.00
33	33	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.71	2.09	2.09	0.00
34	33	BOVEDA	160.01	0.25	0.00	-0.71	2.09	2.09	0.00
34	34	BOVEDA	160.00	0.08	0.00	-0.79	2.09	2.09	0.00
35	34	BOVEDA	160.00	0.08	0.00	-0.79	2.09	2.09	0.00
35	35	BOVEDA	160.00	0.08	0.00	-0.79	2.09	2.09	0.00
36	35	BOVEDA	160.00	0.08	0.00	-0.79	2.09	2.09	0.00
36	36	BOVEDA	160.00	0.08	0.00	-0.79	2.09	2.09	0.00
37	36	BOVEDA	160.01	0.09	0.00	-0.78	2.09	2.09	0.00
37	37	BOVEDA	160.01	0.09	0.00	-0.78	2.09	2.09	0.00
38	37	BOVEDA	160.01	0.09	0.00	-0.78	2.09	2.09	0.00
38	38	BOVEDA	160.01	0.09	0.00	-0.78	2.09	2.09	0.00
39	38	BOVEDA	160.01	0.23	0.00	-0.72	2.09	2.09	0.00
39	39	BOVEDA	160.01	0.23	0.00	-0.72	2.09	2.09	0.00
40	39	BOVEDA	160.01	0.23	0.00	-0.72	2.09	2.09	0.00
40	40	BOVEDA	160.01	0.23	0.00	-0.72	2.09	2.09	0.00
41	40	BOVEDA	159.96	0.22	0.00	-0.62	2.09	2.09	0.00
41	41	BOVEDA	159.96	0.22	0.00	-0.62	2.09	2.09	0.00
42	41	BOVEDA	159.96	0.22	0.00	-0.62	2.09	2.09	0.00
42	42	BOVEDA	159.96	0.22	0.00	-0.62	2.09	2.09	0.00
43	42	BOVEDA	159.96	0.22	0.00	-0.62	2.09	2.09	0.00
43	43	BOVEDA	160.16	0.48	0.00	-0.46	2.09	2.09	0.00
44	43	BOVEDA	160.16	0.48	0.00	-0.46	2.09	2.09	0.00
44	44	BOVEDA	160.16	0.48	0.00	-0.46	2.09	2.09	0.00
45	44	BOVEDA	160.16	0.48	0.00	-0.46	2.09	2.09	0.00
45	45	BOVEDA	160.15	0.51	0.00	-0.25	2.09	2.09	0.00
46	45	BOVEDA	160.15	0.51	0.00	-0.25	2.09	2.09	0.00
46	46	BOVEDA	160.15	0.51	0.00	-0.25	2.09	2.09	0.00
47	46	BOVEDA	160.15	0.51	0.00	-0.25	2.09	2.09	0.00
47	47	BOVEDA	160.24	0.68	0.01	0.00	2.10	2.10	0.00
48	47	BOVEDA	160.24	0.68	0.01	0.00	2.10	2.10	0.00
48	48	BOVEDA	160.24	0.68	0.01	0.00	2.10	2.10	0.00
49	48	BOVEDA	160.24	0.68	0.01	0.00	2.10	2.10	0.00
49	49	BOVEDA	160.24	0.68	0.01	0.00	2.10	2.10	0.00
50	49	BOVEDA	160.32	0.71	0.32	0.00	2.10	2.10	0.00
50	50	BOVEDA	160.32	0.71	0.32	0.00	2.10	2.10	0.00
51	50	BOVEDA	160.32	0.71	0.32	0.00	2.10	2.10	0.00
51	51	BOVEDA	160.32	0.71	0.32	0.00	2.10	2.10	0.00
52	51	BOVEDA	160.45	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
52	52	BOVEDA	160.45	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
53	52	BOVEDA	160.45	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
53	53	BOVEDA	160.45	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00


**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+(m·t)	MD-(m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
54	53	BOVEDA	160.45	0.85	0.66	0.00	2.10	2.10	0.00
54	54	BOVEDA	160.72	1.03	1.07	0.00	2.10	2.10	0.00
55	54	BOVEDA	160.72	1.03	1.07	0.00	2.10	2.10	0.00
55	55	BOVEDA	160.72	1.03	1.07	0.00	2.10	2.10	0.00
56	55	BOVEDA	160.72	1.03	1.07	0.00	2.10	2.10	0.00
56	56	BOVEDA	160.96	1.10	1.54	0.00	2.10	2.10	0.00
57	56	BOVEDA	160.96	1.10	1.54	0.00	2.10	2.10	0.00
57	57	BOVEDA	160.96	1.10	1.54	0.00	2.10	2.10	0.00
58	57	BOVEDA	160.96	1.10	1.54	0.00	2.10	2.10	0.00
58	58	BOVEDA	161.38	1.20	2.05	0.00	2.11	2.11	0.00
59	58	BOVEDA	161.38	1.20	2.05	0.00	2.11	2.11	0.00
59	59	BOVEDA	161.38	1.20	2.05	0.00	2.11	2.11	0.00
60	59	BOVEDA	161.38	1.20	2.05	0.00	2.11	2.11	0.00
60	60	BOVEDA	161.38	1.20	2.05	0.00	2.11	2.11	0.00
61	60	BOVEDA	161.73	1.14	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
61	61	BOVEDA	161.73	1.14	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
62	61	BOVEDA	161.73	1.14	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
62	62	BOVEDA	161.73	1.14	2.56	0.00	2.11	2.11	0.00
63	62	BOVEDA	162.27	1.18	3.07	0.00	2.12	2.12	0.00
63	63	BOVEDA	162.27	1.18	3.07	0.00	2.12	2.12	0.00
64	63	BOVEDA	162.27	1.18	3.07	0.00	2.12	2.12	0.00
64	64	BOVEDA	162.27	1.18	3.07	0.00	2.12	2.12	0.00
65	64	BOVEDA	162.27	1.18	3.07	0.00	2.12	2.12	0.00
65	65	BOVEDA	162.88	1.03	3.56	0.00	2.13	2.13	0.00
66	65	BOVEDA	162.88	1.03	3.56	0.00	2.13	2.13	0.00
66	66	BOVEDA	162.88	1.03	3.56	0.00	2.13	2.13	0.00
67	66	BOVEDA	162.88	1.03	3.56	0.00	2.13	2.13	0.00
67	67	BOVEDA	163.69	0.61	3.92	0.00	2.14	2.14	0.00
68	67	BOVEDA	163.69	0.61	3.92	0.00	2.14	2.14	0.00
68	68	BOVEDA	163.69	0.61	3.92	0.00	2.14	2.14	0.00
69	68	BOVEDA	163.69	0.61	3.92	0.00	2.14	2.14	0.00
69	69	BOVEDA	164.58	0.17	4.01	0.00	2.15	2.15	0.00
70	69	BOVEDA	164.58	0.17	4.01	0.00	2.15	2.15	0.00
70	70	BOVEDA	164.58	0.17	4.01	0.00	2.15	2.15	0.00
71	70	BOVEDA	164.58	0.17	4.01	0.00	2.15	2.15	0.00
71	71	BOVEDA	165.45	0.40	3.93	0.00	2.16	2.16	0.00
72	71	BOVEDA	165.45	0.40	3.93	0.00	2.16	2.16	0.00
72	72	BOVEDA	165.98	0.80	3.80	0.00	2.17	2.17	0.00
73	72	BOVEDA	165.98	0.80	3.80	0.00	2.17	2.17	0.00
73	73	BOVEDA	166.54	1.40	3.56	0.00	2.18	2.18	0.00
74	73	BOVEDA	166.54	1.40	3.56	0.00	2.18	2.18	0.00
74	74	BOVEDA	167.12	2.13	3.18	0.00	2.19	2.19	0.00
75	74	BOVEDA	167.12	2.13	3.18	0.00	2.19	2.19	0.00
75	75	BOVEDA	167.74	3.06	2.61	0.00	2.19	2.19	0.00
76	75	BOVEDA	167.74	3.06	2.61	0.00	2.19	2.19	0.00
76	76	BOVEDA	167.74	3.06	2.61	0.00	2.19	2.19	0.00
77	76	BOVEDA	168.39	4.21	1.81	0.00	2.20	2.20	0.00
77	77	BOVEDA	168.39	4.21	1.81	0.00	2.20	2.20	0.00
78	77	BOVEDA	169.10	5.65	0.73	0.00	2.21	2.21	0.00
78	78	BOVEDA	169.10	5.65	0.73	0.00	2.21	2.21	0.00
79	78	BOVEDA	169.86	7.38	0.00	-0.69	2.22	2.22	0.00
79	79	BOVEDA	169.86	7.38	0.00	-0.69	2.22	2.22	0.00
80	79	BOVEDA	170.66	9.41	0.00	-2.53	2.23	2.23	0.00
80	80	BOVEDA	170.66	9.41	0.00	-2.53	2.23	2.23	0.00
81	80	BOVEDA	171.46	11.72	0.00	-4.84	2.24	2.24	0.00
81	81	HASTIAL	171.46	11.72	0.00	-4.84	2.24	2.24	0.00
82	81	HASTIAL	171.46	11.72	0.00	-4.84	2.24	2.24	0.00
82	82	HASTIAL	172.26	14.45	0.00	-7.70	2.25	2.25	0.00
83	82	HASTIAL	172.26	14.45	0.00	-7.70	2.25	2.25	0.00
83	83	HASTIAL	173.23	17.62	0.00	-11.21	2.27	2.27	0.00
84	83	HASTIAL	173.23	17.62	0.00	-11.21	2.27	2.27	0.00
84	84	HASTIAL	173.76	20.90	0.00	-15.42	2.27	2.27	0.00
85	84	HASTIAL	173.76	20.90	0.00	-15.42	2.27	2.27	0.00
85	85	HASTIAL	174.95	25.25	0.00	-20.46	2.29	2.29	0.00
86	85	HASTIAL	174.95	25.25	0.00	-20.46	2.29	2.29	0.00
86	86	HASTIAL	175.70	29.26	0.00	-26.42	2.30	2.30	0.00
87	86	HASTIAL	175.70	29.26	0.00	-26.42	2.30	2.30	0.00
87	87	HASTIAL	175.70	29.26	0.00	-26.42	2.30	2.30	0.00
88	87	HASTIAL	176.64	33.87	0.00	-33.33	2.31	2.31	0.00
88	88	HASTIAL	176.64	33.87	0.00	-33.33	2.31	2.31	0.00
89	88	HASTIAL	174.52	45.29	0.00	-30.66	2.28	2.28	0.00
89	89	HASTIAL	174.52	45.29	0.00	-30.66	2.28	2.28	0.00




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+(m·t)	MD-(m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
90	89	HASTIAL	174.52	45.29	0.00	-30.66	2.28	2.28	0.00
90	90	HASTIAL	173.02	35.96	0.00	-19.24	2.26	2.26	0.00
91	90	HASTIAL	173.02	35.96	0.00	-19.24	2.26	2.26	0.00
91	91	HASTIAL	173.02	35.96	0.00	-19.24	2.26	2.26	0.00
92	91	CONTRABOVEDA	170.92	27.58	0.00	-10.30	2.23	2.23	0.00
92	92	CONTRABOVEDA	170.92	27.58	0.00	-10.30	2.23	2.23	0.00
93	92	CONTRABOVEDA	169.62	20.90	0.00	-3.49	2.22	2.22	0.00
93	93	CONTRABOVEDA	169.62	20.90	0.00	-3.49	2.22	2.22	0.00
94	93	CONTRABOVEDA	169.62	20.90	0.00	-3.49	2.22	2.22	0.00
94	94	CONTRABOVEDA	168.39	15.39	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
95	94	CONTRABOVEDA	168.39	15.39	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
95	95	CONTRABOVEDA	168.39	15.39	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
96	95	CONTRABOVEDA	166.78	10.75	5.29	0.00	2.18	2.18	0.00
96	96	CONTRABOVEDA	166.78	10.75	5.29	0.00	2.18	2.18	0.00
97	96	CONTRABOVEDA	166.78	10.75	5.29	0.00	2.18	2.18	0.00
97	97	CONTRABOVEDA	166.00	7.20	7.82	0.00	2.17	2.17	0.00
98	97	CONTRABOVEDA	166.00	7.20	7.82	0.00	2.17	2.17	0.00
98	98	CONTRABOVEDA	166.00	7.20	7.82	0.00	2.17	2.17	0.00
99	98	CONTRABOVEDA	165.11	4.49	9.46	0.00	2.16	2.16	0.00
99	99	CONTRABOVEDA	165.11	4.49	9.46	0.00	2.16	2.16	0.00
100	99	CONTRABOVEDA	165.11	4.49	9.46	0.00	2.16	2.16	0.00
100	100	CONTRABOVEDA	164.26	2.58	10.46	0.00	2.15	2.15	0.00
101	100	CONTRABOVEDA	164.26	2.58	10.46	0.00	2.15	2.15	0.00
101	101	CONTRABOVEDA	163.39	1.30	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
102	101	CONTRABOVEDA	163.39	1.30	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
102	102	CONTRABOVEDA	163.39	1.30	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
103	102	CONTRABOVEDA	162.93	0.43	11.24	0.00	2.13	2.13	0.00
103	103	CONTRABOVEDA	162.93	0.43	11.24	0.00	2.13	2.13	0.00
104	103	CONTRABOVEDA	162.93	0.43	11.24	0.00	2.13	2.13	0.00
104	104	CONTRABOVEDA	162.49	0.08	11.29	0.00	2.12	2.12	0.00
105	104	CONTRABOVEDA	162.49	0.08	11.29	0.00	2.12	2.12	0.00
105	105	CONTRABOVEDA	162.49	0.08	11.29	0.00	2.12	2.12	0.00
106	105	CONTRABOVEDA	162.17	0.34	11.23	0.00	2.12	2.12	0.00
106	106	CONTRABOVEDA	162.17	0.34	11.23	0.00	2.12	2.12	0.00
107	106	CONTRABOVEDA	162.17	0.34	11.23	0.00	2.12	2.12	0.00
107	107	CONTRABOVEDA	161.91	0.32	11.14	0.00	2.12	2.12	0.00
108	107	CONTRABOVEDA	161.91	0.32	11.14	0.00	2.12	2.12	0.00
108	108	CONTRABOVEDA	161.74	0.20	11.07	0.00	2.11	2.11	0.00
109	108	CONTRABOVEDA	161.74	0.20	11.07	0.00	2.11	2.11	0.00
109	109	CONTRABOVEDA	161.74	0.20	11.07	0.00	2.11	2.11	0.00
110	109	CONTRABOVEDA	161.62	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
110	110	CONTRABOVEDA	161.62	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
111	110	CONTRABOVEDA	161.62	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
111	111	CONTRABOVEDA	161.66	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
112	111	CONTRABOVEDA	161.66	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
112	112	CONTRABOVEDA	161.66	0.08	11.03	0.00	2.11	2.11	0.00
113	112	CONTRABOVEDA	161.76	0.24	11.08	0.00	2.12	2.12	0.00
113	113	CONTRABOVEDA	161.76	0.24	11.08	0.00	2.12	2.12	0.00
114	113	CONTRABOVEDA	161.76	0.24	11.08	0.00	2.12	2.12	0.00
114	114	CONTRABOVEDA	161.92	0.32	11.16	0.00	2.12	2.12	0.00
115	114	CONTRABOVEDA	161.92	0.32	11.16	0.00	2.12	2.12	0.00
115	115	CONTRABOVEDA	162.19	0.29	11.24	0.00	2.12	2.12	0.00
116	115	CONTRABOVEDA	162.19	0.29	11.24	0.00	2.12	2.12	0.00
116	116	CONTRABOVEDA	162.19	0.29	11.24	0.00	2.12	2.12	0.00
117	116	CONTRABOVEDA	162.46	0.12	11.30	0.00	2.12	2.12	0.00
117	117	CONTRABOVEDA	162.46	0.12	11.30	0.00	2.12	2.12	0.00
118	117	CONTRABOVEDA	162.46	0.12	11.30	0.00	2.12	2.12	0.00
118	118	CONTRABOVEDA	163.00	0.44	11.26	0.00	2.13	2.13	0.00
119	118	CONTRABOVEDA	163.00	0.44	11.26	0.00	2.13	2.13	0.00
119	119	CONTRABOVEDA	163.00	0.44	11.26	0.00	2.13	2.13	0.00
120	119	CONTRABOVEDA	163.40	1.35	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
120	120	CONTRABOVEDA	163.40	1.35	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
121	120	CONTRABOVEDA	163.40	1.35	11.00	0.00	2.14	2.14	0.00
121	121	CONTRABOVEDA	164.19	2.77	10.42	0.00	2.15	2.15	0.00
122	121	CONTRABOVEDA	164.19	2.77	10.42	0.00	2.15	2.15	0.00
122	122	CONTRABOVEDA	164.19	2.77	10.42	0.00	2.15	2.15	0.00
123	122	CONTRABOVEDA	164.91	4.65	9.38	0.00	2.16	2.16	0.00
123	123	CONTRABOVEDA	164.91	4.65	9.38	0.00	2.16	2.16	0.00
124	123	CONTRABOVEDA	165.60	7.08	7.73	0.00	2.17	2.17	0.00
124	124	CONTRABOVEDA	165.60	7.08	7.73	0.00	2.17	2.17	0.00
125	124	CONTRABOVEDA	165.60	7.08	7.73	0.00	2.17	2.17	0.00
125	125	CONTRABOVEDA	166.68	10.49	5.26	0.00	2.18	2.18	0.00





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
126	125	CONTRABOVEDA	166.68	10.49	5.26	0.00	2.18	2.18	0.00
126	126	CONTRABOVEDA	166.68	10.49	5.26	0.00	2.18	2.18	0.00
127	126	CONTRABOVEDA	168.23	15.44	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
127	127	CONTRABOVEDA	168.23	15.44	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
128	127	CONTRABOVEDA	168.23	15.44	1.62	0.00	2.20	2.20	0.00
128	128	CONTRABOVEDA	169.40	20.84	0.00	-3.49	2.21	2.21	0.00
129	128	CONTRABOVEDA	169.40	20.84	0.00	-3.49	2.21	2.21	0.00
129	129	CONTRABOVEDA	169.40	20.84	0.00	-3.49	2.21	2.21	0.00
130	129	HASTIAL	171.02	27.85	0.00	-10.33	2.24	2.24	0.00
130	130	HASTIAL	171.02	27.85	0.00	-10.33	2.24	2.24	0.00
131	130	HASTIAL	172.89	36.17	0.00	-19.33	2.26	2.26	0.00
131	131	HASTIAL	172.89	36.17	0.00	-19.33	2.26	2.26	0.00
132	131	HASTIAL	172.89	36.17	0.00	-19.33	2.26	2.26	0.00
132	132	HASTIAL	174.51	45.33	0.00	-30.79	2.28	2.28	0.00
133	132	HASTIAL	174.51	45.33	0.00	-30.79	2.28	2.28	0.00
133	133	HASTIAL	174.51	45.33	0.00	-30.79	2.28	2.28	0.00
134	133	HASTIAL	176.58	33.81	0.00	-33.47	2.31	2.31	0.00
134	134	HASTIAL	176.58	33.81	0.00	-33.47	2.31	2.31	0.00
135	134	HASTIAL	175.75	29.47	0.00	-26.55	2.30	2.30	0.00
135	135	HASTIAL	175.75	29.47	0.00	-26.55	2.30	2.30	0.00
136	135	HASTIAL	174.91	25.31	0.00	-20.56	2.29	2.29	0.00
136	136	HASTIAL	174.91	25.31	0.00	-20.56	2.29	2.29	0.00
137	136	HASTIAL	173.98	21.41	0.00	-15.45	2.27	2.27	0.00
137	137	HASTIAL	173.98	21.41	0.00	-15.45	2.27	2.27	0.00
138	137	HASTIAL	173.00	17.71	0.00	-11.17	2.26	2.26	0.00
138	138	HASTIAL	173.00	17.71	0.00	-11.17	2.26	2.26	0.00
139	138	HASTIAL	173.00	17.71	0.00	-11.17	2.26	2.26	0.00
139	139	HASTIAL	172.16	14.57	0.00	-7.65	2.25	2.25	0.00
140	139	BOVEDA	172.16	14.57	0.00	-7.65	2.25	2.25	0.00
140	140	BOVEDA	171.37	11.81	0.00	-4.76	2.24	2.24	0.00
141	140	BOVEDA	171.37	11.81	0.00	-4.76	2.24	2.24	0.00
141	141	BOVEDA	170.56	9.43	0.00	-2.44	2.23	2.23	0.00
142	141	BOVEDA	170.56	9.43	0.00	-2.44	2.23	2.23	0.00
142	142	BOVEDA	169.79	7.39	0.00	-0.60	2.22	2.22	0.00
143	142	BOVEDA	169.79	7.39	0.00	-0.60	2.22	2.22	0.00
143	143	BOVEDA	169.03	5.65	0.83	0.00	2.21	2.21	0.00
144	143	BOVEDA	169.03	5.65	0.83	0.00	2.21	2.21	0.00
144	144	BOVEDA	169.03	5.65	0.83	0.00	2.21	2.21	0.00
145	144	BOVEDA	168.32	4.20	1.90	0.00	2.20	2.20	0.00
145	145	BOVEDA	168.32	4.20	1.90	0.00	2.20	2.20	0.00
146	145	BOVEDA	167.66	3.01	2.69	0.00	2.19	2.19	0.00
146	146	BOVEDA	167.66	3.01	2.69	0.00	2.19	2.19	0.00
147	146	BOVEDA	167.03	2.06	3.25	0.00	2.18	2.18	0.00
147	147	BOVEDA	167.03	2.06	3.25	0.00	2.18	2.18	0.00
148	147	BOVEDA	166.45	1.24	3.61	0.00	2.18	2.18	0.00
148	148	BOVEDA	166.45	1.24	3.61	0.00	2.18	2.18	0.00
149	148	BOVEDA	165.98	0.74	3.83	0.00	2.17	2.17	0.00

## 4.2.3.2 Hipótesis 2

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	279.70	0.20	4.03	0.00	3.66	3.66	0.00
2	1	BOVEDA	279.70	0.20	4.03	0.00	3.66	3.66	0.00
2	2	BOVEDA	279.70	0.20	4.03	0.00	3.66	3.66	0.00
3	2	BOVEDA	279.70	0.20	4.03	0.00	3.66	3.66	0.00
3	3	BOVEDA	279.70	0.20	4.03	0.00	3.66	3.66	0.00
4	3	BOVEDA	278.24	0.61	3.94	0.00	3.64	3.64	0.00
4	4	BOVEDA	278.24	0.61	3.94	0.00	3.64	3.64	0.00
5	4	BOVEDA	278.24	0.61	3.94	0.00	3.64	3.64	0.00
5	5	BOVEDA	278.24	0.61	3.94	0.00	3.64	3.64	0.00
6	5	BOVEDA	276.93	1.06	3.57	0.00	3.62	3.62	0.00
6	6	BOVEDA	276.93	1.06	3.57	0.00	3.62	3.62	0.00
7	6	BOVEDA	276.93	1.06	3.57	0.00	3.62	3.62	0.00
7	7	BOVEDA	276.93	1.06	3.57	0.00	3.62	3.62	0.00
8	7	BOVEDA	275.83	1.19	3.08	0.00	3.61	3.61	0.00
8	8	BOVEDA	275.83	1.19	3.08	0.00	3.61	3.61	0.00
9	8	BOVEDA	275.83	1.19	3.08	0.00	3.61	3.61	0.00
9	9	BOVEDA	275.83	1.19	3.08	0.00	3.61	3.61	0.00
10	9	BOVEDA	275.83	1.19	3.08	0.00	3.61	3.61	0.00




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
10	10	BOVEDA	274.94	1.17	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
11	10	BOVEDA	274.94	1.17	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
11	11	BOVEDA	274.94	1.17	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
12	11	BOVEDA	274.94	1.17	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
12	12	BOVEDA	274.33	1.23	2.03	0.00	3.59	3.59	0.00
13	12	BOVEDA	274.33	1.23	2.03	0.00	3.59	3.59	0.00
13	13	BOVEDA	274.33	1.23	2.03	0.00	3.59	3.59	0.00
14	13	BOVEDA	274.33	1.23	2.03	0.00	3.59	3.59	0.00
14	14	BOVEDA	274.33	1.23	2.03	0.00	3.59	3.59	0.00
15	14	BOVEDA	273.58	1.06	1.53	0.00	3.58	3.58	0.00
15	15	BOVEDA	273.58	1.06	1.53	0.00	3.58	3.58	0.00
16	15	BOVEDA	273.58	1.06	1.53	0.00	3.58	3.58	0.00
16	16	BOVEDA	273.58	1.06	1.53	0.00	3.58	3.58	0.00
17	16	BOVEDA	273.17	1.02	1.08	0.00	3.57	3.57	0.00
17	17	BOVEDA	273.17	1.02	1.08	0.00	3.57	3.57	0.00
18	17	BOVEDA	273.17	1.02	1.08	0.00	3.57	3.57	0.00
18	18	BOVEDA	273.17	1.02	1.08	0.00	3.57	3.57	0.00
19	18	BOVEDA	272.78	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
19	19	BOVEDA	272.78	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
20	19	BOVEDA	272.78	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
20	20	BOVEDA	272.78	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
21	20	BOVEDA	272.78	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
21	21	BOVEDA	272.61	0.78	0.31	0.00	3.56	3.56	0.00
22	21	BOVEDA	272.61	0.78	0.31	0.00	3.56	3.56	0.00
22	22	BOVEDA	272.61	0.78	0.31	0.00	3.56	3.56	0.00
23	22	BOVEDA	272.61	0.78	0.31	0.00	3.56	3.56	0.00
23	23	BOVEDA	272.34	0.66	0.00	-0.01	3.56	3.56	0.00
24	23	BOVEDA	272.34	0.66	0.00	-0.01	3.56	3.56	0.00
24	24	BOVEDA	272.34	0.66	0.00	-0.01	3.56	3.56	0.00
25	24	BOVEDA	272.34	0.66	0.00	-0.01	3.56	3.56	0.00
25	25	BOVEDA	272.34	0.66	0.00	-0.01	3.56	3.56	0.00
26	25	BOVEDA	272.22	0.54	0.00	-0.27	3.56	3.56	0.00
26	26	BOVEDA	272.22	0.54	0.00	-0.27	3.56	3.56	0.00
27	26	BOVEDA	272.22	0.54	0.00	-0.27	3.56	3.56	0.00
27	27	BOVEDA	272.22	0.54	0.00	-0.27	3.56	3.56	0.00
28	27	BOVEDA	271.97	0.36	0.00	-0.47	3.56	3.56	0.00
28	28	BOVEDA	271.97	0.36	0.00	-0.47	3.56	3.56	0.00
29	28	BOVEDA	271.97	0.36	0.00	-0.47	3.56	3.56	0.00
29	29	BOVEDA	271.97	0.36	0.00	-0.47	3.56	3.56	0.00
30	29	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.60	3.56	3.56	0.00
30	30	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.60	3.56	3.56	0.00
31	30	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.60	3.56	3.56	0.00
31	31	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.60	3.56	3.56	0.00
32	31	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.60	3.56	3.56	0.00
32	32	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.71	3.56	3.56	0.00
33	32	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.71	3.56	3.56	0.00
33	33	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.71	3.56	3.56	0.00
34	33	BOVEDA	272.02	0.25	0.00	-0.71	3.56	3.56	0.00
34	34	BOVEDA	272.00	0.08	0.00	-0.79	3.56	3.56	0.00
35	34	BOVEDA	272.00	0.08	0.00	-0.79	3.56	3.56	0.00
35	35	BOVEDA	272.00	0.08	0.00	-0.79	3.56	3.56	0.00
36	35	BOVEDA	272.00	0.08	0.00	-0.79	3.56	3.56	0.00
36	36	BOVEDA	272.00	0.08	0.00	-0.79	3.56	3.56	0.00
37	36	BOVEDA	272.02	0.09	0.00	-0.78	3.56	3.56	0.00
37	37	BOVEDA	272.02	0.09	0.00	-0.78	3.56	3.56	0.00
38	37	BOVEDA	272.02	0.09	0.00	-0.78	3.56	3.56	0.00
38	38	BOVEDA	272.02	0.09	0.00	-0.78	3.56	3.56	0.00
39	38	BOVEDA	272.02	0.23	0.00	-0.72	3.56	3.56	0.00
39	39	BOVEDA	272.02	0.23	0.00	-0.72	3.56	3.56	0.00
40	39	BOVEDA	272.02	0.23	0.00	-0.72	3.56	3.56	0.00
40	40	BOVEDA	272.02	0.23	0.00	-0.72	3.56	3.56	0.00
41	40	BOVEDA	271.93	0.22	0.00	-0.62	3.56	3.56	0.00
41	41	BOVEDA	271.93	0.22	0.00	-0.62	3.56	3.56	0.00
42	41	BOVEDA	271.93	0.22	0.00	-0.62	3.56	3.56	0.00
42	42	BOVEDA	271.93	0.22	0.00	-0.62	3.56	3.56	0.00
43	42	BOVEDA	271.93	0.22	0.00	-0.62	3.56	3.56	0.00
43	43	BOVEDA	272.27	0.48	0.00	-0.46	3.56	3.56	0.00
44	43	BOVEDA	272.27	0.48	0.00	-0.46	3.56	3.56	0.00
44	44	BOVEDA	272.27	0.48	0.00	-0.46	3.56	3.56	0.00
45	44	BOVEDA	272.27	0.48	0.00	-0.46	3.56	3.56	0.00
45	45	BOVEDA	272.26	0.51	0.00	-0.25	3.56	3.56	0.00
46	45	BOVEDA	272.26	0.51	0.00	-0.25	3.56	3.56	0.00




**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+(m·t)	MD-(m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
46	46	BOVEDA	272.26	0.51	0.00	-0.25	3.56	3.56	0.00
47	46	BOVEDA	272.26	0.51	0.00	-0.25	3.56	3.56	0.00
47	47	BOVEDA	272.41	0.68	0.01	0.00	3.56	3.56	0.00
48	47	BOVEDA	272.41	0.68	0.01	0.00	3.56	3.56	0.00
48	48	BOVEDA	272.41	0.68	0.01	0.00	3.56	3.56	0.00
49	48	BOVEDA	272.41	0.68	0.01	0.00	3.56	3.56	0.00
49	49	BOVEDA	272.41	0.68	0.01	0.00	3.56	3.56	0.00
50	49	BOVEDA	272.54	0.71	0.32	0.00	3.56	3.56	0.00
50	50	BOVEDA	272.54	0.71	0.32	0.00	3.56	3.56	0.00
51	50	BOVEDA	272.54	0.71	0.32	0.00	3.56	3.56	0.00
51	51	BOVEDA	272.54	0.71	0.32	0.00	3.56	3.56	0.00
52	51	BOVEDA	272.77	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
52	52	BOVEDA	272.77	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
53	52	BOVEDA	272.77	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
53	53	BOVEDA	272.77	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
54	53	BOVEDA	272.77	0.85	0.66	0.00	3.57	3.57	0.00
54	54	BOVEDA	273.22	1.03	1.07	0.00	3.57	3.57	0.00
55	54	BOVEDA	273.22	1.03	1.07	0.00	3.57	3.57	0.00
55	55	BOVEDA	273.22	1.03	1.07	0.00	3.57	3.57	0.00
56	55	BOVEDA	273.22	1.03	1.07	0.00	3.57	3.57	0.00
56	56	BOVEDA	273.63	1.10	1.54	0.00	3.58	3.58	0.00
57	56	BOVEDA	273.63	1.10	1.54	0.00	3.58	3.58	0.00
57	57	BOVEDA	273.63	1.10	1.54	0.00	3.58	3.58	0.00
58	57	BOVEDA	273.63	1.10	1.54	0.00	3.58	3.58	0.00
58	58	BOVEDA	274.35	1.20	2.05	0.00	3.59	3.59	0.00
59	58	BOVEDA	274.35	1.20	2.05	0.00	3.59	3.59	0.00
59	59	BOVEDA	274.35	1.20	2.05	0.00	3.59	3.59	0.00
60	59	BOVEDA	274.35	1.20	2.05	0.00	3.59	3.59	0.00
60	60	BOVEDA	274.35	1.20	2.05	0.00	3.59	3.59	0.00
61	60	BOVEDA	274.94	1.14	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
61	61	BOVEDA	274.94	1.14	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
62	61	BOVEDA	274.94	1.14	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
62	62	BOVEDA	274.94	1.14	2.56	0.00	3.60	3.60	0.00
63	62	BOVEDA	275.86	1.18	3.07	0.00	3.61	3.61	0.00
63	63	BOVEDA	275.86	1.18	3.07	0.00	3.61	3.61	0.00
64	63	BOVEDA	275.86	1.18	3.07	0.00	3.61	3.61	0.00
64	64	BOVEDA	275.86	1.18	3.07	0.00	3.61	3.61	0.00
65	64	BOVEDA	275.86	1.18	3.07	0.00	3.61	3.61	0.00
65	65	BOVEDA	276.90	1.03	3.56	0.00	3.62	3.62	0.00
66	65	BOVEDA	276.90	1.03	3.56	0.00	3.62	3.62	0.00
66	66	BOVEDA	276.90	1.03	3.56	0.00	3.62	3.62	0.00
67	66	BOVEDA	276.90	1.03	3.56	0.00	3.62	3.62	0.00
67	67	BOVEDA	278.27	0.61	3.92	0.00	3.64	3.64	0.00
68	67	BOVEDA	278.27	0.61	3.92	0.00	3.64	3.64	0.00
68	68	BOVEDA	278.27	0.61	3.92	0.00	3.64	3.64	0.00
69	68	BOVEDA	278.27	0.61	3.92	0.00	3.64	3.64	0.00
69	69	BOVEDA	279.79	0.17	4.01	0.00	3.66	3.66	0.00
70	69	BOVEDA	279.79	0.17	4.01	0.00	3.66	3.66	0.00
70	70	BOVEDA	279.79	0.17	4.01	0.00	3.66	3.66	0.00
71	70	BOVEDA	279.79	0.17	4.01	0.00	3.66	3.66	0.00
71	71	BOVEDA	281.27	0.40	3.93	0.00	3.68	3.68	0.00
72	71	BOVEDA	281.27	0.40	3.93	0.00	3.68	3.68	0.00
72	72	BOVEDA	282.17	0.80	3.80	0.00	3.69	3.69	0.00
73	72	BOVEDA	282.17	0.80	3.80	0.00	3.69	3.69	0.00
73	73	BOVEDA	283.12	1.40	3.56	0.00	3.70	3.70	0.00
74	73	BOVEDA	283.12	1.40	3.56	0.00	3.70	3.70	0.00
74	74	BOVEDA	284.10	2.13	3.18	0.00	3.71	3.71	0.00
75	74	BOVEDA	284.10	2.13	3.18	0.00	3.71	3.71	0.00
75	75	BOVEDA	285.16	3.06	2.61	0.00	3.73	3.73	0.00
76	75	BOVEDA	285.16	3.06	2.61	0.00	3.73	3.73	0.00
76	76	BOVEDA	285.16	3.06	2.61	0.00	3.73	3.73	0.00
77	76	BOVEDA	286.26	4.21	1.81	0.00	3.74	3.74	0.00
77	77	BOVEDA	286.26	4.21	1.81	0.00	3.74	3.74	0.00
78	77	BOVEDA	287.47	5.65	0.73	0.00	3.76	3.76	0.00
78	78	BOVEDA	287.47	5.65	0.73	0.00	3.76	3.76	0.00
79	78	BOVEDA	288.76	7.38	0.00	-0.69	3.78	3.78	0.00
79	79	BOVEDA	288.76	7.38	0.00	-0.69	3.78	3.78	0.00
80	79	BOVEDA	290.12	9.41	0.00	-2.53	3.79	3.79	0.00
80	80	BOVEDA	290.12	9.41	0.00	-2.53	3.79	3.79	0.00
81	80	BOVEDA	291.48	11.72	0.00	-4.84	3.81	3.81	0.00
81	81	HASTIAL	291.48	11.72	0.00	-4.84	3.81	3.81	0.00
82	81	HASTIAL	291.48	11.72	0.00	-4.84	3.81	3.81	0.00

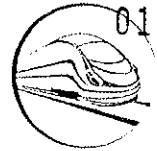



**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
82	82	HASTIAL	292.84	14.45	0.00	-7.70	3.83	3.83	0.00
83	82	HASTIAL	292.84	14.45	0.00	-7.70	3.83	3.83	0.00
83	83	HASTIAL	294.49	17.62	0.00	-11.21	3.85	3.85	0.00
84	83	HASTIAL	294.49	17.62	0.00	-11.21	3.85	3.85	0.00
84	84	HASTIAL	295.39	20.90	0.00	-15.42	3.86	3.86	0.00
85	84	HASTIAL	295.39	20.90	0.00	-15.42	3.86	3.86	0.00
85	85	HASTIAL	297.42	25.25	0.00	-20.46	3.89	3.89	0.00
86	85	HASTIAL	297.42	25.25	0.00	-20.46	3.89	3.89	0.00
86	86	HASTIAL	298.69	29.26	0.00	-26.42	3.91	3.91	0.00
87	86	HASTIAL	298.69	29.26	0.00	-26.42	3.91	3.91	0.00
87	87	HASTIAL	298.69	29.26	0.00	-26.42	3.91	3.91	0.00
88	87	HASTIAL	300.29	33.87	0.00	-33.33	3.93	3.93	0.00
88	88	HASTIAL	300.29	33.87	0.00	-33.33	3.93	3.93	0.00
89	88	HASTIAL	296.68	45.29	0.00	-30.66	3.88	3.88	0.00
89	89	HASTIAL	296.68	45.29	0.00	-30.66	3.88	3.88	0.00
90	89	HASTIAL	296.68	45.29	0.00	-30.66	3.88	3.88	0.00
90	90	HASTIAL	294.13	35.96	0.00	-19.24	3.85	3.85	0.00
91	90	HASTIAL	294.13	35.96	0.00	-19.24	3.85	3.85	0.00
91	91	HASTIAL	294.13	35.96	0.00	-19.24	3.85	3.85	0.00
92	91	CONTRABOVEDA	290.56	27.58	0.00	-10.30	3.80	3.80	0.00
92	92	CONTRABOVEDA	290.56	27.58	0.00	-10.30	3.80	3.80	0.00
93	92	CONTRABOVEDA	288.35	20.90	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
93	93	CONTRABOVEDA	288.35	20.90	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
94	93	CONTRABOVEDA	288.35	20.90	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
94	94	CONTRABOVEDA	286.26	15.39	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
95	94	CONTRABOVEDA	286.26	15.39	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
95	95	CONTRABOVEDA	286.26	15.39	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
96	95	CONTRABOVEDA	283.53	10.75	5.29	0.00	3.71	3.71	0.00
96	96	CONTRABOVEDA	283.53	10.75	5.29	0.00	3.71	3.71	0.00
97	96	CONTRABOVEDA	283.53	10.75	5.29	0.00	3.71	3.71	0.00
97	97	CONTRABOVEDA	282.20	7.20	7.82	0.00	3.69	3.69	0.00
98	97	CONTRABOVEDA	282.20	7.20	7.82	0.00	3.69	3.69	0.00
98	98	CONTRABOVEDA	282.20	7.20	7.82	0.00	3.69	3.69	0.00
99	98	CONTRABOVEDA	280.69	4.49	9.46	0.00	3.67	3.67	0.00
99	99	CONTRABOVEDA	280.69	4.49	9.46	0.00	3.67	3.67	0.00
100	99	CONTRABOVEDA	280.69	4.49	9.46	0.00	3.67	3.67	0.00
100	100	CONTRABOVEDA	279.24	2.58	10.46	0.00	3.65	3.65	0.00
101	100	CONTRABOVEDA	279.24	2.58	10.46	0.00	3.65	3.65	0.00
101	101	CONTRABOVEDA	277.76	1.30	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
102	101	CONTRABOVEDA	277.76	1.30	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
102	102	CONTRABOVEDA	277.76	1.30	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
103	102	CONTRABOVEDA	276.98	0.43	11.24	0.00	3.62	3.62	0.00
103	103	CONTRABOVEDA	276.98	0.43	11.24	0.00	3.62	3.62	0.00
104	103	CONTRABOVEDA	276.98	0.43	11.24	0.00	3.62	3.62	0.00
104	104	CONTRABOVEDA	276.23	0.08	11.29	0.00	3.61	3.61	0.00
105	104	CONTRABOVEDA	276.23	0.08	11.29	0.00	3.61	3.61	0.00
105	105	CONTRABOVEDA	276.23	0.08	11.29	0.00	3.61	3.61	0.00
106	105	CONTRABOVEDA	275.69	0.34	11.23	0.00	3.60	3.60	0.00
106	106	CONTRABOVEDA	275.69	0.34	11.23	0.00	3.60	3.60	0.00
107	106	CONTRABOVEDA	275.69	0.34	11.23	0.00	3.60	3.60	0.00
107	107	CONTRABOVEDA	275.25	0.32	11.14	0.00	3.60	3.60	0.00
108	107	CONTRABOVEDA	275.25	0.32	11.14	0.00	3.60	3.60	0.00
108	108	CONTRABOVEDA	274.96	0.20	11.07	0.00	3.60	3.60	0.00
109	108	CONTRABOVEDA	274.96	0.20	11.07	0.00	3.60	3.60	0.00
109	109	CONTRABOVEDA	274.96	0.20	11.07	0.00	3.60	3.60	0.00
110	109	CONTRABOVEDA	274.75	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
110	110	CONTRABOVEDA	274.75	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
111	110	CONTRABOVEDA	274.75	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
111	111	CONTRABOVEDA	274.82	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
112	111	CONTRABOVEDA	274.82	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
112	112	CONTRABOVEDA	274.82	0.08	11.03	0.00	3.59	3.59	0.00
113	112	CONTRABOVEDA	274.99	0.24	11.08	0.00	3.60	3.60	0.00
113	113	CONTRABOVEDA	274.99	0.24	11.08	0.00	3.60	3.60	0.00
114	113	CONTRABOVEDA	274.99	0.24	11.08	0.00	3.60	3.60	0.00
114	114	CONTRABOVEDA	275.26	0.32	11.16	0.00	3.60	3.60	0.00
115	114	CONTRABOVEDA	275.26	0.32	11.16	0.00	3.60	3.60	0.00
115	115	CONTRABOVEDA	275.72	0.29	11.24	0.00	3.61	3.61	0.00
116	115	CONTRABOVEDA	275.72	0.29	11.24	0.00	3.61	3.61	0.00
116	116	CONTRABOVEDA	275.72	0.29	11.24	0.00	3.61	3.61	0.00
117	116	CONTRABOVEDA	276.18	0.12	11.30	0.00	3.61	3.61	0.00
117	117	CONTRABOVEDA	276.18	0.12	11.30	0.00	3.61	3.61	0.00
118	117	CONTRABOVEDA	276.18	0.12	11.30	0.00	3.61	3.61	0.00






**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
118	118	CONTRABOVEDA	277.10	0.44	11.26	0.00	3.62	3.62	0.00
119	118	CONTRABOVEDA	277.10	0.44	11.26	0.00	3.62	3.62	0.00
119	119	CONTRABOVEDA	277.10	0.44	11.26	0.00	3.62	3.62	0.00
120	119	CONTRABOVEDA	277.78	1.35	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
120	120	CONTRABOVEDA	277.78	1.35	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
121	120	CONTRABOVEDA	277.78	1.35	11.00	0.00	3.63	3.63	0.00
121	121	CONTRABOVEDA	279.12	2.77	10.42	0.00	3.65	3.65	0.00
122	121	CONTRABOVEDA	279.12	2.77	10.42	0.00	3.65	3.65	0.00
122	122	CONTRABOVEDA	279.12	2.77	10.42	0.00	3.65	3.65	0.00
123	122	CONTRABOVEDA	280.35	4.65	9.38	0.00	3.67	3.67	0.00
123	123	CONTRABOVEDA	280.35	4.65	9.38	0.00	3.67	3.67	0.00
124	123	CONTRABOVEDA	281.52	7.08	7.73	0.00	3.68	3.68	0.00
124	124	CONTRABOVEDA	281.52	7.08	7.73	0.00	3.68	3.68	0.00
125	124	CONTRABOVEDA	281.52	7.08	7.73	0.00	3.68	3.68	0.00
125	125	CONTRABOVEDA	283.36	10.49	5.26	0.00	3.71	3.71	0.00
126	125	CONTRABOVEDA	283.36	10.49	5.26	0.00	3.71	3.71	0.00
126	126	CONTRABOVEDA	283.36	10.49	5.26	0.00	3.71	3.71	0.00
127	126	CONTRABOVEDA	285.99	15.44	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
127	127	CONTRABOVEDA	285.99	15.44	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
128	127	CONTRABOVEDA	285.99	15.44	1.62	0.00	3.74	3.74	0.00
128	128	CONTRABOVEDA	287.98	20.84	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
129	128	CONTRABOVEDA	287.98	20.84	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
129	129	CONTRABOVEDA	287.98	20.84	0.00	-3.49	3.77	3.77	0.00
130	129	HASTIAL	290.73	27.85	0.00	-10.33	3.80	3.80	0.00
130	130	HASTIAL	290.73	27.85	0.00	-10.33	3.80	3.80	0.00
131	130	HASTIAL	293.91	36.17	0.00	-19.33	3.84	3.84	0.00
131	131	HASTIAL	293.91	36.17	0.00	-19.33	3.84	3.84	0.00
132	131	HASTIAL	293.91	36.17	0.00	-19.33	3.84	3.84	0.00
132	132	HASTIAL	296.67	45.33	0.00	-30.79	3.88	3.88	0.00
133	132	HASTIAL	296.67	45.33	0.00	-30.79	3.88	3.88	0.00
133	133	HASTIAL	296.67	45.33	0.00	-30.79	3.88	3.88	0.00
134	133	HASTIAL	300.19	33.81	0.00	-33.47	3.93	3.93	0.00
134	134	HASTIAL	300.19	33.81	0.00	-33.47	3.93	3.93	0.00
135	134	HASTIAL	298.78	29.47	0.00	-26.55	3.91	3.91	0.00
135	135	HASTIAL	298.78	29.47	0.00	-26.55	3.91	3.91	0.00
136	135	HASTIAL	297.35	25.31	0.00	-20.56	3.89	3.89	0.00
136	136	HASTIAL	297.35	25.31	0.00	-20.56	3.89	3.89	0.00
137	136	HASTIAL	295.77	21.41	0.00	-15.45	3.87	3.87	0.00
137	137	HASTIAL	295.77	21.41	0.00	-15.45	3.87	3.87	0.00
138	137	HASTIAL	294.10	17.71	0.00	-11.17	3.85	3.85	0.00
138	138	HASTIAL	294.10	17.71	0.00	-11.17	3.85	3.85	0.00
139	138	HASTIAL	294.10	17.71	0.00	-11.17	3.85	3.85	0.00
139	139	HASTIAL	292.67	14.57	0.00	-7.65	3.83	3.83	0.00
140	139	BOVEDA	292.67	14.57	0.00	-7.65	3.83	3.83	0.00
140	140	BOVEDA	291.33	11.81	0.00	-4.76	3.81	3.81	0.00
141	140	BOVEDA	291.33	11.81	0.00	-4.76	3.81	3.81	0.00
141	141	BOVEDA	289.95	9.43	0.00	-2.44	3.79	3.79	0.00
142	141	BOVEDA	289.95	9.43	0.00	-2.44	3.79	3.79	0.00
142	142	BOVEDA	288.64	7.39	0.00	-0.60	3.77	3.77	0.00
143	142	BOVEDA	288.64	7.39	0.00	-0.60	3.77	3.77	0.00
143	143	BOVEDA	287.35	5.65	0.83	0.00	3.76	3.76	0.00
144	143	BOVEDA	287.35	5.65	0.83	0.00	3.76	3.76	0.00
144	144	BOVEDA	287.35	5.65	0.83	0.00	3.76	3.76	0.00
145	144	BOVEDA	286.14	4.20	1.90	0.00	3.74	3.74	0.00
145	145	BOVEDA	286.14	4.20	1.90	0.00	3.74	3.74	0.00
146	145	BOVEDA	285.02	3.01	2.69	0.00	3.73	3.73	0.00
146	146	BOVEDA	285.02	3.01	2.69	0.00	3.73	3.73	0.00
147	146	BOVEDA	283.95	2.06	3.25	0.00	3.71	3.71	0.00
147	147	BOVEDA	283.95	2.06	3.25	0.00	3.71	3.71	0.00
148	147	BOVEDA	282.97	1.24	3.61	0.00	3.70	3.70	0.00
148	148	BOVEDA	282.97	1.24	3.61	0.00	3.70	3.70	0.00
149	148	BOVEDA	282.17	0.74	3.83	0.00	3.69	3.69	0.00

**4.2.3.3 Hipótesis 3**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	176.29	4.52	2.96	-2.24	2.31	2.31	0.00
2	1	BOVEDA	173.77	4.67	2.96	-2.26	2.27	2.27	0.00
2	2	BOVEDA	173.77	4.67	2.96	-2.26	2.27	2.27	0.00
3	2	BOVEDA	174.87	0.99	2.96	-2.83	2.29	2.29	0.00




**O.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
3	3	BOVEDA	174.87	0.99	2.96	-2.83	2.29	2.29	0.00
4	3	BOVEDA	173.22	3.15	2.89	-3.21	2.26	2.26	0.00
4	4	BOVEDA	173.22	3.15	2.89	-3.21	2.26	2.26	0.00
5	4	BOVEDA	173.22	3.15	2.89	-3.21	2.26	2.26	0.00
5	5	BOVEDA	174.44	1.66	2.89	-3.63	2.28	2.28	0.00
6	5	BOVEDA	173.67	1.99	2.63	-3.63	2.27	2.27	0.00
6	6	BOVEDA	172.99	3.04	2.63	-4.00	2.26	2.26	0.00
7	6	BOVEDA	172.99	3.04	2.63	-4.00	2.26	2.26	0.00
7	7	BOVEDA	174.08	1.75	2.63	-4.34	2.28	2.28	0.00
8	7	BOVEDA	173.43	1.85	2.26	-4.34	2.27	2.27	0.00
8	8	BOVEDA	172.83	2.98	2.26	-4.67	2.26	2.26	0.00
9	8	BOVEDA	172.83	2.98	2.26	-4.67	2.26	2.26	0.00
9	9	BOVEDA	173.68	1.47	2.26	-4.96	2.27	2.27	0.00
10	9	BOVEDA	173.68	1.47	2.26	-4.96	2.27	2.27	0.00
10	10	BOVEDA	172.69	2.59	1.88	-5.20	2.26	2.26	0.00
11	10	BOVEDA	172.69	2.59	1.88	-5.20	2.26	2.26	0.00
11	11	BOVEDA	173.34	0.88	1.88	-5.39	2.27	2.27	0.00
12	11	BOVEDA	173.34	0.88	1.88	-5.39	2.27	2.27	0.00
12	12	BOVEDA	172.98	0.93	1.50	-5.39	2.26	2.26	0.00
13	12	BOVEDA	172.87	2.30	1.50	-5.53	2.26	2.26	0.00
13	13	BOVEDA	172.87	2.30	1.50	-5.53	2.26	2.26	0.00
14	13	BOVEDA	173.30	1.22	1.50	-5.65	2.27	2.27	0.00
14	14	BOVEDA	173.30	1.22	1.50	-5.65	2.27	2.27	0.00
15	14	BOVEDA	172.81	1.59	1.13	-5.70	2.26	2.26	0.00
15	15	BOVEDA	172.81	1.59	1.13	-5.70	2.26	2.26	0.00
16	15	BOVEDA	172.90	1.48	1.13	-5.71	2.26	2.26	0.00
16	16	BOVEDA	172.90	1.48	1.13	-5.71	2.26	2.26	0.00
17	16	BOVEDA	172.70	1.39	0.79	-5.71	2.26	2.26	0.00
17	17	BOVEDA	172.70	1.39	0.79	-5.71	2.26	2.26	0.00
18	17	BOVEDA	172.50	1.89	0.79	-5.65	2.26	2.26	0.00
18	18	BOVEDA	172.50	1.89	0.79	-5.65	2.26	2.26	0.00
19	18	BOVEDA	172.39	0.74	0.49	-5.54	2.25	2.25	0.00
19	19	BOVEDA	172.39	0.74	0.49	-5.54	2.25	2.25	0.00
20	19	BOVEDA	171.82	2.13	0.49	-5.40	2.25	2.25	0.00
20	20	BOVEDA	171.82	2.13	0.49	-5.40	2.25	2.25	0.00
21	20	BOVEDA	171.82	2.13	0.49	-5.40	2.25	2.25	0.00
21	21	BOVEDA	172.04	0.93	0.23	-5.20	2.25	2.25	0.00
22	21	BOVEDA	172.04	0.93	0.23	-5.20	2.25	2.25	0.00
22	22	BOVEDA	171.26	2.58	0.23	-4.95	2.24	2.24	0.00
23	22	BOVEDA	171.26	2.58	0.23	-4.95	2.24	2.24	0.00
23	23	BOVEDA	171.58	1.17	0.00	-4.67	2.24	2.24	0.00
24	23	BOVEDA	171.58	1.17	0.00	-4.67	2.24	2.24	0.00
24	24	BOVEDA	170.61	2.78	0.00	-4.35	2.23	2.23	0.00
25	24	BOVEDA	170.61	2.78	0.00	-4.35	2.23	2.23	0.00
25	25	BOVEDA	171.36	1.74	0.00	-3.97	2.24	2.24	0.00
26	25	BOVEDA	171.29	1.65	0.00	-4.24	2.24	2.24	0.00
26	26	BOVEDA	170.10	2.90	0.00	-3.84	2.22	2.22	0.00
27	26	BOVEDA	170.10	2.90	0.00	-3.84	2.22	2.22	0.00
27	27	BOVEDA	170.97	1.94	0.00	-3.40	2.24	2.24	0.00
28	27	BOVEDA	170.82	1.81	0.00	-3.60	2.23	2.23	0.00
28	28	BOVEDA	169.49	3.04	0.00	-3.14	2.22	2.22	0.00
29	28	BOVEDA	169.49	3.04	0.00	-3.14	2.22	2.22	0.00
29	29	BOVEDA	169.49	3.04	0.00	-3.14	2.22	2.22	0.00
30	29	BOVEDA	170.45	1.88	0.00	-2.80	2.23	2.23	0.00
30	30	BOVEDA	170.45	1.88	0.00	-2.80	2.23	2.23	0.00
31	30	BOVEDA	168.98	3.11	0.00	-2.31	2.21	2.21	0.00
31	31	BOVEDA	168.98	3.11	0.00	-2.31	2.21	2.21	0.00
32	31	BOVEDA	169.99	2.04	0.00	-1.80	2.22	2.22	0.00
32	32	BOVEDA	169.99	2.04	0.00	-1.91	2.22	2.22	0.00
33	32	BOVEDA	168.47	3.14	0.00	-1.39	2.20	2.20	0.00
33	33	BOVEDA	168.47	3.14	0.00	-1.39	2.20	2.20	0.00
34	33	BOVEDA	169.52	2.20	0.00	-0.86	2.22	2.22	0.00
34	34	BOVEDA	169.51	2.07	0.00	-0.94	2.22	2.22	0.00
35	34	BOVEDA	167.98	3.01	0.38	-0.79	2.20	2.20	0.00
35	35	BOVEDA	167.98	3.01	0.38	-0.79	2.20	2.20	0.00
36	35	BOVEDA	168.99	2.04	0.90	-0.79	2.21	2.21	0.00
36	36	BOVEDA	168.99	2.04	0.90	-0.79	2.21	2.21	0.00
37	36	BOVEDA	169.00	2.04	0.90	-0.78	2.21	2.21	0.00
37	37	BOVEDA	167.48	2.77	1.40	-0.78	2.19	2.19	0.00
38	37	BOVEDA	167.48	2.77	1.40	-0.78	2.19	2.19	0.00
38	38	BOVEDA	168.48	2.01	1.90	-0.78	2.20	2.20	0.00
39	38	BOVEDA	168.48	2.11	1.90	-0.72	2.20	2.20	0.00

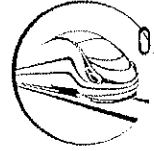




## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
39	39	BOVEDA	167.09	2.87	2.39	-0.72	2.18	2.18	0.00
40	39	BOVEDA	167.09	2.87	2.39	-0.72	2.18	2.18	0.00
40	40	BOVEDA	167.96	1.89	2.86	-0.72	2.20	2.20	0.00
41	40	BOVEDA	167.91	1.89	2.86	-0.62	2.20	2.20	0.00
41	41	BOVEDA	166.53	2.51	3.30	-0.62	2.18	2.18	0.00
42	41	BOVEDA	166.53	2.51	3.30	-0.62	2.18	2.18	0.00
42	42	BOVEDA	167.21	1.60	3.70	-0.62	2.19	2.19	0.00
43	42	BOVEDA	167.21	1.60	3.70	-0.62	2.19	2.19	0.00
43	43	BOVEDA	166.25	2.35	4.07	-0.46	2.17	2.17	0.00
44	43	BOVEDA	166.25	2.35	4.07	-0.46	2.17	2.17	0.00
44	44	BOVEDA	166.84	1.62	4.42	-0.46	2.18	2.18	0.00
45	44	BOVEDA	166.84	1.62	4.42	-0.46	2.18	2.18	0.00
45	45	BOVEDA	166.83	1.65	4.42	-0.25	2.18	2.18	0.00
46	45	BOVEDA	165.84	1.85	4.71	-0.25	2.17	2.17	0.00
46	46	BOVEDA	165.84	1.85	4.71	-0.25	2.17	2.17	0.00
47	46	BOVEDA	166.22	1.26	4.96	-0.25	2.17	2.17	0.00
47	47	BOVEDA	166.31	1.39	4.97	0.00	2.17	2.17	0.00
48	47	BOVEDA	165.59	1.52	5.17	0.00	2.17	2.17	0.00
48	48	BOVEDA	165.59	1.52	5.17	0.00	2.17	2.17	0.00
49	48	BOVEDA	165.75	0.91	5.33	0.00	2.17	2.17	0.00
49	49	BOVEDA	165.75	0.91	5.33	0.00	2.17	2.17	0.00
50	49	BOVEDA	165.38	1.09	5.65	0.00	2.16	2.16	0.00
50	50	BOVEDA	165.38	1.09	5.65	0.00	2.16	2.16	0.00
51	50	BOVEDA	165.44	0.63	5.73	0.00	2.16	2.16	0.00
51	51	BOVEDA	165.44	0.63	5.73	0.00	2.16	2.16	0.00
52	51	BOVEDA	165.36	0.87	6.02	0.00	2.16	2.16	0.00
52	52	BOVEDA	165.36	0.87	6.02	0.00	2.16	2.16	0.00
53	52	BOVEDA	165.31	0.75	6.03	0.00	2.16	2.16	0.00
53	53	BOVEDA	165.31	0.75	6.03	0.00	2.16	2.16	0.00
54	53	BOVEDA	165.31	0.75	6.03	0.00	2.16	2.16	0.00
54	54	BOVEDA	165.55	0.81	6.32	0.00	2.16	2.16	0.00
55	54	BOVEDA	165.55	0.81	6.32	0.00	2.16	2.16	0.00
55	55	BOVEDA	165.48	1.05	6.30	0.00	2.16	2.16	0.00
56	55	BOVEDA	165.48	1.05	6.30	0.00	2.16	2.16	0.00
56	56	BOVEDA	165.88	0.98	6.59	0.00	2.17	2.17	0.00
57	56	BOVEDA	165.88	0.98	6.59	0.00	2.17	2.17	0.00
57	57	BOVEDA	165.76	1.35	6.52	0.00	2.17	2.17	0.00
58	57	BOVEDA	165.76	1.35	6.52	0.00	2.17	2.17	0.00
58	58	BOVEDA	166.56	1.31	6.79	0.00	2.18	2.18	0.00
59	58	BOVEDA	166.56	1.31	6.79	0.00	2.18	2.18	0.00
59	59	BOVEDA	166.35	1.81	6.64	0.00	2.18	2.18	0.00
60	59	BOVEDA	166.35	1.81	6.64	0.00	2.18	2.18	0.00
60	60	BOVEDA	166.97	1.61	6.47	0.00	2.18	2.18	0.00
61	60	BOVEDA	167.32	1.56	6.84	0.00	2.19	2.19	0.00
61	61	BOVEDA	167.32	1.56	6.84	0.00	2.19	2.19	0.00
62	61	BOVEDA	166.99	2.18	6.62	0.00	2.18	2.18	0.00
62	62	BOVEDA	166.99	2.18	6.62	0.00	2.18	2.18	0.00
63	62	BOVEDA	168.44	2.02	6.73	0.00	2.20	2.20	0.00
63	63	BOVEDA	168.44	2.02	6.73	0.00	2.20	2.20	0.00
64	63	BOVEDA	167.93	2.68	6.42	0.00	2.20	2.20	0.00
64	64	BOVEDA	167.93	2.68	6.42	0.00	2.20	2.20	0.00
65	64	BOVEDA	169.07	2.60	6.04	0.00	2.21	2.21	0.00
65	65	BOVEDA	169.68	2.49	6.40	0.00	2.22	2.22	0.00
66	65	BOVEDA	168.98	2.23	6.06	0.00	2.21	2.21	0.00
66	66	BOVEDA	168.98	2.23	6.06	0.00	2.21	2.21	0.00
67	66	BOVEDA	170.06	5.26	5.42	0.00	2.22	2.22	0.00
67	67	BOVEDA	170.87	4.95	5.68	0.00	2.23	2.23	0.00
68	67	BOVEDA	172.17	5.60	5.75	0.00	2.25	2.25	0.00
68	68	BOVEDA	172.17	5.60	5.75	0.00	2.25	2.25	0.00
69	68	BOVEDA	173.15	23.04	5.11	0.00	2.26	2.26	0.00
69	69	BOVEDA	174.68	35.43	5.85	0.00	2.28	2.28	0.00
70	69	BOVEDA	175.32	43.50	5.43	0.00	2.29	2.29	0.00
70	70	BOVEDA	175.97	22.48	4.32	0.00	2.30	2.30	0.00
71	70	BOVEDA	176.61	17.09	4.61	0.00	2.31	2.31	0.00
71	71	BOVEDA	178.13	0.80	3.68	0.00	2.33	2.33	0.00
72	71	BOVEDA	178.77	2.71	3.58	0.00	2.34	2.34	0.00
72	72	BOVEDA	179.95	5.35	3.11	0.00	2.35	2.35	0.00
73	72	BOVEDA	180.59	3.70	2.80	-0.11	2.36	2.36	0.00
73	73	BOVEDA	181.79	2.90	2.62	-0.37	2.38	2.38	0.00
74	73	BOVEDA	182.44	12.05	2.62	-1.05	2.39	2.39	0.00
74	74	BOVEDA	183.66	5.85	2.34	-1.40	2.40	2.40	0.00
75	74	BOVEDA	183.66	5.85	2.34	-1.40	2.40	2.40	0.00





## 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
75	75	BOVEDA	184.93	13.81	1.92	-1.78	2.42	2.42	0.00
76	75	BOVEDA	185.57	8.32	1.92	-2.07	2.43	2.43	0.00
76	76	BOVEDA	186.22	5.39	1.92	-1.92	2.43	2.43	0.00
77	76	BOVEDA	187.51	11.29	1.33	-2.52	2.45	2.45	0.00
77	77	BOVEDA	188.15	11.21	1.33	-3.37	2.46	2.46	0.00
78	77	BOVEDA	189.51	10.75	0.54	-4.15	2.48	2.48	0.00
78	78	BOVEDA	190.15	8.45	0.54	-4.72	2.49	2.49	0.00
79	78	BOVEDA	191.56	27.68	0.00	-4.47	2.50	2.50	0.00
79	79	BOVEDA	192.20	52.67	0.00	-5.78	2.51	2.51	5.21
80	79	BOVEDA	193.65	47.48	0.00	-7.97	2.53	2.53	0.00
80	80	BOVEDA	194.29	30.77	0.00	-7.09	2.54	2.54	0.00
81	80	BOVEDA	195.73	38.07	0.00	-12.21	2.56	2.56	0.00
81	81	HASTIAL	196.38	71.54	0.00	-10.44	2.57	2.57	7.40
82	81	HASTIAL	197.02	100.31	0.00	-11.96	2.58	2.58	25.13
82	82	HASTIAL	198.47	98.76	0.00	-15.01	2.60	2.60	24.05
83	82	HASTIAL	199.11	69.96	0.00	-13.49	2.60	2.60	6.19
83	83	HASTIAL	200.73	22.29	0.00	-20.61	2.62	2.62	0.00
84	83	HASTIAL	201.37	59.93	0.00	-18.63	2.63	2.63	0.00
84	84	HASTIAL	202.54	47.52	0.00	-22.06	2.65	2.65	0.00
85	84	HASTIAL	202.54	47.52	0.00	-22.06	2.65	2.65	0.00
85	85	HASTIAL	204.38	41.88	0.00	-30.03	2.67	2.67	0.00
86	85	HASTIAL	205.12	52.27	0.00	-28.95	2.68	2.68	0.00
86	86	HASTIAL	206.71	24.19	0.00	-32.79	2.70	2.70	0.00
87	86	HASTIAL	207.54	27.24	0.00	-33.37	2.71	2.71	0.00
87	87	HASTIAL	207.54	27.24	0.00	-33.37	2.71	2.71	0.00
88	87	HASTIAL	209.32	44.72	0.00	-39.31	2.74	2.74	0.00
88	88	HASTIAL	210.16	40.40	0.00	-39.01	2.75	2.75	0.00
89	88	HASTIAL	208.04	48.80	0.00	-36.35	2.72	2.72	0.00
89	89	HASTIAL	184.92	43.29	0.00	-36.72	2.42	2.42	0.00
90	89	HASTIAL	184.86	53.22	0.00	-37.40	2.42	2.42	0.00
90	90	HASTIAL	183.30	54.68	0.00	-25.41	2.40	2.40	0.00
91	90	HASTIAL	183.30	54.68	0.00	-25.41	2.40	2.40	0.00
91	91	HASTIAL	183.24	51.07	0.00	-25.16	2.40	2.40	0.00
92	91	CONTRABOVEDA	181.08	46.28	0.00	-16.13	2.37	2.37	0.00
92	92	CONTRABOVEDA	181.02	52.47	0.00	-16.56	2.37	2.37	0.00
93	92	CONTRABOVEDA	179.72	47.56	0.00	-9.74	2.35	2.35	0.00
93	93	CONTRABOVEDA	179.66	32.94	0.00	-10.74	2.35	2.35	0.00
94	93	CONTRABOVEDA	179.60	18.19	0.00	-9.73	2.35	2.35	0.00
94	94	CONTRABOVEDA	178.31	23.53	1.19	-5.60	2.33	2.33	0.00
95	94	CONTRABOVEDA	178.31	23.53	1.19	-5.60	2.33	2.33	0.00
95	95	CONTRABOVEDA	178.25	16.23	1.19	-5.10	2.33	2.33	0.00
96	95	CONTRABOVEDA	176.58	10.83	3.89	-5.24	2.31	2.31	0.00
96	96	CONTRABOVEDA	176.58	10.83	3.89	-5.24	2.31	2.31	0.00
97	96	CONTRABOVEDA	176.52	14.39	3.89	-4.60	2.31	2.31	0.00
97	97	CONTRABOVEDA	175.68	7.61	5.75	-4.31	2.30	2.30	0.00
98	97	CONTRABOVEDA	175.62	7.94	5.75	-4.29	2.30	2.30	0.00
98	98	CONTRABOVEDA	175.62	7.94	5.75	-4.29	2.30	2.30	0.00
99	98	CONTRABOVEDA	174.67	11.06	6.96	-3.58	2.28	2.28	0.00
99	99	CONTRABOVEDA	174.61	7.45	6.96	-3.33	2.28	2.28	0.00
100	99	CONTRABOVEDA	174.54	6.38	6.96	-3.41	2.28	2.28	0.00
100	100	CONTRABOVEDA	173.69	4.98	7.69	-3.41	2.27	2.27	0.00
101	100	CONTRABOVEDA	173.63	8.25	7.69	-2.76	2.27	2.27	0.00
101	101	CONTRABOVEDA	172.70	5.05	8.09	-2.05	2.26	2.26	0.00
102	101	CONTRABOVEDA	172.70	5.05	8.09	-2.05	2.26	2.26	0.00
102	102	CONTRABOVEDA	172.64	3.07	8.09	-1.62	2.26	2.26	0.00
103	102	CONTRABOVEDA	172.12	1.59	8.27	-1.39	2.25	2.25	0.00
103	103	CONTRABOVEDA	172.06	4.18	8.27	-1.04	2.25	2.25	0.00
104	103	CONTRABOVEDA	172.06	4.18	8.27	-1.04	2.25	2.25	0.00
104	104	CONTRABOVEDA	171.56	1.73	8.30	-0.66	2.24	2.24	0.00
105	104	CONTRABOVEDA	171.50	3.34	8.30	-0.32	2.24	2.24	0.00
105	105	CONTRABOVEDA	171.44	4.42	8.50	0.00	2.24	2.24	0.00
106	105	CONTRABOVEDA	171.12	4.61	8.46	0.00	2.24	2.24	0.00
106	106	CONTRABOVEDA	171.06	3.29	8.55	0.00	2.24	2.24	0.00
107	106	CONTRABOVEDA	171.00	13.54	9.25	0.00	2.24	2.24	0.00
107	107	CONTRABOVEDA	170.68	10.40	9.39	0.00	2.23	2.23	0.00
108	107	CONTRABOVEDA	170.68	10.40	9.39	0.00	2.23	2.23	0.00
108	108	CONTRABOVEDA	170.45	12.05	9.46	0.00	2.23	2.23	0.00
109	108	CONTRABOVEDA	170.39	3.82	10.02	0.00	2.23	2.23	0.00
109	109	CONTRABOVEDA	170.39	3.82	10.02	0.00	2.23	2.23	0.00
110	109	CONTRABOVEDA	170.21	7.49	10.25	0.00	2.23	2.23	0.00
110	110	CONTRABOVEDA	170.15	0.31	10.74	0.00	2.22	2.22	0.00
111	110	CONTRABOVEDA	165.26	3.35	10.95	0.00	2.16	2.16	0.00

## 0.3.1. Túneles

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
111	111	CONTRABOVEDA	165.30	3.36	10.95	0.00	2.16	2.16	0.00
112	111	CONTRABOVEDA	164.55	0.33	11.19	0.00	2.15	2.15	0.00
112	112	CONTRABOVEDA	163.81	0.64	11.25	0.00	2.14	2.14	0.00
113	112	CONTRABOVEDA	163.16	6.02	11.72	0.00	2.13	2.13	0.00
113	113	CONTRABOVEDA	163.16	6.02	11.72	0.00	2.13	2.13	0.00
114	113	CONTRABOVEDA	162.41	6.11	12.53	0.00	2.12	2.12	0.00
114	114	CONTRABOVEDA	161.83	2.78	13.17	0.00	2.12	2.12	0.00
115	114	CONTRABOVEDA	161.08	8.02	12.81	0.00	2.11	2.11	0.00
115	115	CONTRABOVEDA	161.35	8.01	12.87	0.00	2.11	2.11	0.00
116	115	CONTRABOVEDA	160.61	9.66	12.98	0.00	2.10	2.10	0.00
116	116	CONTRABOVEDA	159.86	0.98	13.58	0.00	2.09	2.09	0.00
117	116	CONTRABOVEDA	160.13	0.85	13.62	0.00	2.09	2.09	0.00
117	117	CONTRABOVEDA	159.39	2.67	13.39	0.00	2.08	2.08	0.00
118	117	CONTRABOVEDA	158.64	5.17	13.56	0.00	2.07	2.07	0.00
118	118	CONTRABOVEDA	158.43	2.24	14.01	0.00	2.07	2.07	0.00
119	118	CONTRABOVEDA	158.43	2.24	14.01	0.00	2.07	2.07	0.00
119	119	CONTRABOVEDA	157.69	7.64	13.64	0.00	2.06	2.06	0.00
120	119	CONTRABOVEDA	157.34	12.65	13.75	0.00	2.06	2.06	0.00
120	120	CONTRABOVEDA	156.60	6.01	14.21	0.00	2.05	2.05	0.00
121	120	CONTRABOVEDA	156.60	6.01	14.21	0.00	2.05	2.05	0.00
121	121	CONTRABOVEDA	156.64	16.11	14.40	0.00	2.05	2.05	0.00
122	121	CONTRABOVEDA	155.89	30.20	13.44	0.00	2.04	2.04	0.00
122	122	CONTRABOVEDA	155.89	30.20	13.44	0.00	2.04	2.04	0.00
123	122	CONTRABOVEDA	155.87	19.73	11.86	0.00	2.04	2.04	0.00
123	123	CONTRABOVEDA	155.12	16.08	12.11	0.00	2.03	2.03	0.00
124	123	CONTRABOVEDA	155.07	17.49	10.87	0.00	2.03	2.03	0.00
124	124	CONTRABOVEDA	155.07	17.49	10.87	0.00	2.03	2.03	0.00
125	124	CONTRABOVEDA	154.32	15.42	11.01	0.00	2.02	2.02	0.00
125	125	CONTRABOVEDA	154.47	98.59	11.60	0.00	2.02	2.02	27.78
126	125	CONTRABOVEDA	154.09	146.74	9.96	0.00	2.01	2.01	57.58
126	126	CONTRABOVEDA	153.35	102.48	10.42	0.00	2.01	2.01	30.28
127	126	CONTRABOVEDA	154.53	87.93	7.12	0.00	2.02	2.02	21.18
127	127	CONTRABOVEDA	170.62	57.08	6.61	0.00	2.23	2.23	0.71
128	127	CONTRABOVEDA	171.23	47.79	5.98	0.00	2.24	2.24	0.00
128	128	CONTRABOVEDA	172.40	51.76	4.79	-3.49	2.25	2.25	0.00
129	128	CONTRABOVEDA	182.86	41.81	5.47	-3.49	2.39	2.39	0.00
129	129	CONTRABOVEDA	182.90	36.26	4.76	-3.49	2.39	2.39	0.00
130	129	HASTIAL	184.54	49.79	4.32	-10.33	2.41	2.41	0.00
130	130	HASTIAL	184.57	56.64	4.68	-10.33	2.41	2.41	0.00
131	130	HASTIAL	186.47	39.78	5.89	-19.33	2.44	2.44	0.00
131	131	HASTIAL	186.50	53.40	3.79	-19.33	2.44	2.44	0.00
132	131	HASTIAL	186.52	79.37	5.15	-19.33	2.44	2.44	13.10
132	132	HASTIAL	188.17	94.69	4.70	-30.79	2.46	2.46	22.43
133	132	HASTIAL	188.20	77.41	3.79	-30.79	2.46	2.46	11.74
133	133	HASTIAL	188.23	50.88	5.19	-30.79	2.46	2.46	0.00
134	133	HASTIAL	190.30	42.41	5.19	-33.47	2.49	2.49	0.00
134	134	HASTIAL	190.33	43.39	3.29	-33.47	2.49	2.49	0.00
135	134	HASTIAL	189.52	53.21	3.97	-26.55	2.48	2.48	0.00
135	135	HASTIAL	189.55	56.96	3.77	-26.55	2.48	2.48	0.00
136	135	HASTIAL	188.74	36.78	2.87	-20.56	2.47	2.47	0.00
136	136	HASTIAL	188.77	22.56	3.62	-20.56	2.47	2.47	0.00
137	136	HASTIAL	187.87	18.72	3.26	-15.45	2.46	2.46	0.00
137	137	HASTIAL	187.89	23.12	2.71	-15.45	2.46	2.46	0.00
138	137	HASTIAL	179.22	17.53	2.09	-11.17	2.34	2.34	0.00
138	138	HASTIAL	179.15	17.00	1.64	-11.17	2.34	2.34	0.00
139	138	HASTIAL	179.08	20.23	1.81	-11.17	2.34	2.34	0.00
139	139	HASTIAL	178.17	22.16	1.59	-7.65	2.33	2.33	0.00
140	139	BOVEDA	178.10	17.05	1.32	-7.65	2.33	2.33	0.00
140	140	BOVEDA	177.25	19.98	1.06	-4.76	2.32	2.32	0.00
141	140	BOVEDA	177.18	9.42	0.50	-4.76	2.32	2.32	0.00
141	141	BOVEDA	176.30	11.48	0.30	-2.44	2.31	2.31	0.00
142	141	BOVEDA	176.23	8.79	0.00	-2.47	2.30	2.30	0.00
142	142	BOVEDA	175.39	9.52	0.00	-0.94	2.29	2.29	0.00
143	142	BOVEDA	175.32	7.11	0.00	-1.07	2.29	2.29	0.00
143	143	BOVEDA	174.50	18.13	0.61	-1.12	2.28	2.28	0.00
144	143	BOVEDA	174.50	18.13	0.61	-1.12	2.28	2.28	0.00
144	144	BOVEDA	174.43	21.56	0.61	-0.94	2.28	2.28	0.00
145	144	BOVEDA	173.65	37.48	1.40	-1.83	2.27	2.27	0.00
145	145	BOVEDA	173.58	31.06	1.40	-2.17	2.27	2.27	0.00
146	145	BOVEDA	172.85	21.35	1.98	-1.70	2.26	2.26	0.00
146	146	BOVEDA	172.85	21.35	1.98	-1.70	2.26	2.26	0.00
147	146	BOVEDA	172.22	20.65	2.39	-1.70	2.25	2.25	0.00





### 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
147	147	BOVEDA	172.22	20.65	2.39	-1.70	2.25	2.25	0.00
148	147	BOVEDA	171.64	20.05	2.65	-1.70	2.24	2.24	0.00
148	148	BOVEDA	171.64	20.05	2.65	-1.70	2.24	2.24	0.00
149	148	BOVEDA	171.17	19.68	2.81	-1.70	2.24	2.24	0.00

### 4.2.3.4 Hipótesis 4

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	BOVEDA	217.42	4.52	2.96	-2.24	2.84	2.84	0.00
2	1	BOVEDA	214.91	4.67	2.96	-2.26	2.81	2.81	0.00
2	2	BOVEDA	214.91	4.67	2.96	-2.26	2.81	2.81	0.00
3	2	BOVEDA	216.00	0.99	2.96	-2.83	2.82	2.82	0.00
3	3	BOVEDA	216.00	0.99	2.96	-2.83	2.82	2.82	0.00
4	3	BOVEDA	214.13	3.15	2.89	-3.21	2.80	2.80	0.00
4	4	BOVEDA	214.13	3.15	2.89	-3.21	2.80	2.80	0.00
5	4	BOVEDA	214.13	3.15	2.89	-3.21	2.80	2.80	0.00
5	5	BOVEDA	215.36	1.66	2.89	-3.63	2.82	2.82	0.00
6	5	BOVEDA	214.40	1.99	2.63	-3.63	2.80	2.80	0.00
6	6	BOVEDA	213.72	3.04	2.63	-4.00	2.79	2.79	0.00
7	6	BOVEDA	213.72	3.04	2.63	-4.00	2.79	2.79	0.00
7	7	BOVEDA	214.81	1.75	2.63	-4.34	2.81	2.81	0.00
8	7	BOVEDA	214.00	1.85	2.26	-4.34	2.80	2.80	0.00
8	8	BOVEDA	213.39	2.98	2.26	-4.67	2.79	2.79	0.00
9	8	BOVEDA	213.39	2.98	2.26	-4.67	2.79	2.79	0.00
9	9	BOVEDA	214.24	1.47	2.26	-4.96	2.80	2.80	0.00
10	9	BOVEDA	214.24	1.47	2.26	-4.96	2.80	2.80	0.00
10	10	BOVEDA	213.12	2.59	1.88	-5.20	2.79	2.79	0.00
11	10	BOVEDA	213.12	2.59	1.88	-5.20	2.79	2.79	0.00
11	11	BOVEDA	213.77	0.88	1.88	-5.39	2.80	2.80	0.00
12	11	BOVEDA	213.77	0.88	1.88	-5.39	2.80	2.80	0.00
12	12	BOVEDA	213.32	0.93	1.50	-5.39	2.79	2.79	0.00
13	12	BOVEDA	213.21	2.30	1.50	-5.53	2.79	2.79	0.00
13	13	BOVEDA	213.21	2.30	1.50	-5.53	2.79	2.79	0.00
14	13	BOVEDA	213.64	1.22	1.50	-5.65	2.79	2.79	0.00
14	14	BOVEDA	213.64	1.22	1.50	-5.65	2.79	2.79	0.00
15	14	BOVEDA	213.04	1.59	1.13	-5.70	2.79	2.79	0.00
15	15	BOVEDA	213.04	1.59	1.13	-5.70	2.79	2.79	0.00
16	15	BOVEDA	213.13	1.48	1.13	-5.71	2.79	2.79	0.00
16	16	BOVEDA	213.13	1.48	1.13	-5.71	2.79	2.79	0.00
17	16	BOVEDA	212.87	1.39	0.79	-5.71	2.78	2.78	0.00
17	17	BOVEDA	212.87	1.39	0.79	-5.71	2.78	2.78	0.00
18	17	BOVEDA	212.67	1.89	0.79	-5.65	2.78	2.78	0.00
18	18	BOVEDA	212.67	1.89	0.79	-5.65	2.78	2.78	0.00
19	18	BOVEDA	212.50	0.74	0.49	-5.54	2.78	2.78	0.00
19	19	BOVEDA	212.50	0.74	0.49	-5.54	2.78	2.78	0.00
20	19	BOVEDA	211.93	2.13	0.49	-5.40	2.77	2.77	0.00
20	20	BOVEDA	211.93	2.13	0.49	-5.40	2.77	2.77	0.00
21	20	BOVEDA	211.93	2.13	0.49	-5.40	2.77	2.77	0.00
21	21	BOVEDA	212.13	0.93	0.23	-5.20	2.77	2.77	0.00
22	21	BOVEDA	212.13	0.93	0.23	-5.20	2.77	2.77	0.00
22	22	BOVEDA	211.35	2.58	0.23	-4.95	2.76	2.76	0.00
23	22	BOVEDA	211.35	2.58	0.23	-4.95	2.76	2.76	0.00
23	23	BOVEDA	211.63	1.17	0.00	-4.67	2.77	2.77	0.00
24	23	BOVEDA	211.63	1.17	0.00	-4.67	2.77	2.77	0.00
24	24	BOVEDA	210.66	2.78	0.00	-4.35	2.75	2.75	0.00
25	24	BOVEDA	210.66	2.78	0.00	-4.35	2.75	2.75	0.00
25	25	BOVEDA	211.41	1.74	0.00	-3.97	2.76	2.76	0.00
26	25	BOVEDA	211.32	1.65	0.00	-4.24	2.76	2.76	0.00
26	26	BOVEDA	210.13	2.90	0.00	-3.84	2.75	2.75	0.00
27	26	BOVEDA	210.13	2.90	0.00	-3.84	2.75	2.75	0.00
27	27	BOVEDA	211.01	1.94	0.00	-3.40	2.76	2.76	0.00
28	27	BOVEDA	210.82	1.81	0.00	-3.60	2.76	2.76	0.00
28	28	BOVEDA	209.48	3.04	0.00	-3.14	2.74	2.74	0.00
29	28	BOVEDA	209.48	3.04	0.00	-3.14	2.74	2.74	0.00
29	29	BOVEDA	209.48	3.04	0.00	-3.14	2.74	2.74	0.00
30	29	BOVEDA	210.45	1.88	0.00	-2.80	2.75	2.75	0.00
30	30	BOVEDA	210.45	1.88	0.00	-2.80	2.75	2.75	0.00
31	30	BOVEDA	208.98	3.11	0.00	-2.31	2.73	2.73	0.00
31	31	BOVEDA	208.98	3.11	0.00	-2.31	2.73	2.73	0.00





0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+(m·t)	MD-(m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
32	31	BOVEDA	209.99	2.04	0.00	-1.80	2.75	2.75	0.00
32	32	BOVEDA	209.99	2.04	0.00	-1.91	2.75	2.75	0.00
33	32	BOVEDA	208.48	3.14	0.00	-1.39	2.73	2.73	0.00
33	33	BOVEDA	208.48	3.14	0.00	-1.39	2.73	2.73	0.00
34	33	BOVEDA	209.53	2.20	0.00	-0.86	2.74	2.74	0.00
34	34	BOVEDA	209.51	2.07	0.00	-0.94	2.74	2.74	0.00
35	34	BOVEDA	207.98	3.01	0.38	-0.79	2.72	2.72	0.00
35	35	BOVEDA	207.98	3.01	0.38	-0.79	2.72	2.72	0.00
36	35	BOVEDA	208.99	2.04	0.90	-0.79	2.73	2.73	0.00
36	36	BOVEDA	208.99	2.04	0.90	-0.79	2.73	2.73	0.00
37	36	BOVEDA	209.00	2.04	0.90	-0.78	2.73	2.73	0.00
37	37	BOVEDA	207.49	2.77	1.40	-0.78	2.71	2.71	0.00
38	37	BOVEDA	207.49	2.77	1.40	-0.78	2.71	2.71	0.00
38	38	BOVEDA	208.49	2.01	1.90	-0.78	2.73	2.73	0.00
39	38	BOVEDA	208.49	2.11	1.90	-0.72	2.73	2.73	0.00
39	39	BOVEDA	207.09	2.87	2.39	-0.72	2.71	2.71	0.00
40	39	BOVEDA	207.09	2.87	2.39	-0.72	2.71	2.71	0.00
40	40	BOVEDA	207.96	1.89	2.86	-0.72	2.72	2.72	0.00
41	40	BOVEDA	207.90	1.89	2.86	-0.62	2.72	2.72	0.00
41	41	BOVEDA	206.52	2.51	3.30	-0.62	2.70	2.70	0.00
42	41	BOVEDA	206.52	2.51	3.30	-0.62	2.70	2.70	0.00
42	42	BOVEDA	207.20	1.60	3.70	-0.62	2.71	2.71	0.00
43	42	BOVEDA	207.20	1.60	3.70	-0.62	2.71	2.71	0.00
43	43	BOVEDA	206.29	2.35	4.07	-0.46	2.70	2.70	0.00
44	43	BOVEDA	206.29	2.35	4.07	-0.46	2.70	2.70	0.00
44	44	BOVEDA	206.88	1.62	4.42	-0.46	2.71	2.71	0.00
45	44	BOVEDA	206.88	1.62	4.42	-0.46	2.71	2.71	0.00
45	45	BOVEDA	206.87	1.65	4.42	-0.25	2.70	2.70	0.00
46	45	BOVEDA	205.87	1.85	4.71	-0.25	2.69	2.69	0.00
46	46	BOVEDA	205.87	1.85	4.71	-0.25	2.69	2.69	0.00
47	46	BOVEDA	206.26	1.26	4.96	-0.25	2.70	2.70	0.00
47	47	BOVEDA	206.37	1.39	4.97	0.00	2.70	2.70	0.00
48	47	BOVEDA	205.65	1.52	5.17	0.00	2.69	2.69	0.00
48	48	BOVEDA	205.65	1.52	5.17	0.00	2.69	2.69	0.00
49	48	BOVEDA	205.81	0.91	5.33	0.00	2.69	2.69	0.00
49	49	BOVEDA	205.81	0.91	5.33	0.00	2.69	2.69	0.00
50	49	BOVEDA	205.46	1.09	5.65	0.00	2.69	2.69	0.00
50	50	BOVEDA	205.46	1.09	5.65	0.00	2.69	2.69	0.00
51	50	BOVEDA	205.52	0.63	5.73	0.00	2.69	2.69	0.00
51	51	BOVEDA	205.52	0.63	5.73	0.00	2.69	2.69	0.00
52	51	BOVEDA	205.47	0.87	6.02	0.00	2.69	2.69	0.00
52	52	BOVEDA	205.47	0.87	6.02	0.00	2.69	2.69	0.00
53	52	BOVEDA	205.42	0.75	6.03	0.00	2.69	2.69	0.00
53	53	BOVEDA	205.42	0.75	6.03	0.00	2.69	2.69	0.00
54	53	BOVEDA	205.42	0.75	6.03	0.00	2.69	2.69	0.00
54	54	BOVEDA	205.73	0.81	6.32	0.00	2.69	2.69	0.00
55	54	BOVEDA	205.73	0.81	6.32	0.00	2.69	2.69	0.00
55	55	BOVEDA	205.66	1.05	6.30	0.00	2.69	2.69	0.00
56	55	BOVEDA	205.66	1.05	6.30	0.00	2.69	2.69	0.00
56	56	BOVEDA	206.12	0.98	6.59	0.00	2.70	2.70	0.00
57	56	BOVEDA	206.12	0.98	6.59	0.00	2.70	2.70	0.00
57	57	BOVEDA	206.00	1.35	6.52	0.00	2.69	2.69	0.00
58	57	BOVEDA	206.00	1.35	6.52	0.00	2.69	2.69	0.00
58	58	BOVEDA	206.91	1.31	6.79	0.00	2.71	2.71	0.00
59	58	BOVEDA	206.91	1.31	6.79	0.00	2.71	2.71	0.00
59	59	BOVEDA	206.69	1.81	6.64	0.00	2.70	2.70	0.00
60	59	BOVEDA	206.69	1.81	6.64	0.00	2.70	2.70	0.00
60	60	BOVEDA	207.31	1.61	6.47	0.00	2.71	2.71	0.00
61	60	BOVEDA	207.75	1.56	6.84	0.00	2.72	2.72	0.00
61	61	BOVEDA	207.75	1.56	6.84	0.00	2.72	2.72	0.00
62	61	BOVEDA	207.42	2.18	6.62	0.00	2.71	2.71	0.00
62	62	BOVEDA	207.42	2.18	6.62	0.00	2.71	2.71	0.00
63	62	BOVEDA	209.00	2.02	6.73	0.00	2.73	2.73	0.00
63	63	BOVEDA	209.00	2.02	6.73	0.00	2.73	2.73	0.00
64	63	BOVEDA	208.50	2.68	6.42	0.00	2.73	2.73	0.00
64	64	BOVEDA	208.50	2.68	6.42	0.00	2.73	2.73	0.00
65	64	BOVEDA	209.64	2.60	6.04	0.00	2.74	2.74	0.00
65	65	BOVEDA	210.40	2.49	6.40	0.00	2.75	2.75	0.00
66	65	BOVEDA	209.70	2.23	6.06	0.00	2.74	2.74	0.00
66	66	BOVEDA	209.70	2.23	6.06	0.00	2.74	2.74	0.00
67	66	BOVEDA	210.78	5.26	5.42	0.00	2.76	2.76	0.00
67	67	BOVEDA	211.79	4.95	5.68	0.00	2.77	2.77	0.00




**O.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
68	67	BOVEDA	213.09	5.60	5.75	0.00	2.79	2.79	0.00
68	68	BOVEDA	213.09	5.60	5.75	0.00	2.79	2.79	0.00
69	68	BOVEDA	214.07	23.04	5.11	0.00	2.80	2.80	0.00
69	69	BOVEDA	215.82	35.43	5.85	0.00	2.82	2.82	0.00
70	69	BOVEDA	216.47	43.50	5.43	0.00	2.83	2.83	0.00
70	70	BOVEDA	217.11	22.48	4.32	0.00	2.84	2.84	0.00
71	70	BOVEDA	217.76	17.09	4.61	0.00	2.85	2.85	0.00
71	71	BOVEDA	219.49	0.80	3.68	0.00	2.87	2.87	0.00
72	71	BOVEDA	220.13	2.71	3.58	0.00	2.88	2.88	0.00
72	72	BOVEDA	221.44	5.35	3.11	0.00	2.90	2.90	0.00
73	72	BOVEDA	222.09	3.70	2.80	-0.11	2.90	2.90	0.00
73	73	BOVEDA	223.43	2.90	2.62	-0.37	2.92	2.92	0.00
74	73	BOVEDA	224.07	12.05	2.62	-1.05	2.93	2.93	0.00
74	74	BOVEDA	225.44	5.85	2.34	-1.40	2.95	2.95	0.00
75	74	BOVEDA	225.44	5.85	2.34	-1.40	2.95	2.95	0.00
75	75	BOVEDA	226.86	13.81	1.92	-1.78	2.97	2.97	0.00
76	75	BOVEDA	227.51	8.32	1.92	-2.07	2.97	2.97	0.00
76	76	BOVEDA	228.15	5.39	1.92	-1.92	2.98	2.98	0.00
77	76	BOVEDA	229.61	11.29	1.33	-2.52	3.00	3.00	0.00
77	77	BOVEDA	230.25	11.21	1.33	-3.37	3.01	3.01	0.00
78	77	BOVEDA	231.78	10.75	0.54	-4.15	3.03	3.03	0.00
78	78	BOVEDA	232.43	8.45	0.54	-4.72	3.04	3.04	0.00
79	78	BOVEDA	234.02	27.68	0.00	-4.47	3.06	3.06	0.00
79	79	BOVEDA	234.67	52.67	0.00	-5.78	3.07	3.07	0.00
80	79	BOVEDA	236.31	47.48	0.00	-7.97	3.09	3.09	0.00
80	80	BOVEDA	236.96	30.77	0.00	-7.09	3.10	3.10	0.00
81	80	BOVEDA	238.60	38.07	0.00	-12.21	3.12	3.12	0.00
81	81	HASTIAL	239.24	71.54	0.00	-10.44	3.13	3.13	3.67
82	81	HASTIAL	239.89	100.31	0.00	-11.96	3.14	3.14	21.39
82	82	HASTIAL	241.53	98.76	0.00	-15.01	3.16	3.16	20.30
83	82	HASTIAL	242.18	69.96	0.00	-13.49	3.17	3.17	2.44
83	83	HASTIAL	244.03	22.29	0.00	-20.61	3.19	3.19	0.00
84	83	HASTIAL	244.68	59.93	0.00	-18.63	3.20	3.20	0.00
84	84	HASTIAL	245.98	47.52	0.00	-22.06	3.22	3.22	0.00
85	84	HASTIAL	245.98	47.52	0.00	-22.06	3.22	3.22	0.00
85	85	HASTIAL	248.12	41.88	0.00	-30.03	3.24	3.24	0.00
86	85	HASTIAL	248.86	52.27	0.00	-28.95	3.25	3.25	0.00
86	86	HASTIAL	250.63	24.19	0.00	-32.79	3.28	3.28	0.00
87	86	HASTIAL	251.47	27.24	0.00	-33.37	3.29	3.29	0.00
87	87	HASTIAL	251.47	27.24	0.00	-33.37	3.29	3.29	0.00
88	87	HASTIAL	253.48	44.72	0.00	-39.31	3.31	3.31	0.00
88	88	HASTIAL	254.32	40.40	0.00	-39.01	3.33	3.33	0.00
89	88	HASTIAL	251.67	48.80	0.00	-36.35	3.29	3.29	0.00
89	89	HASTIAL	228.55	43.29	0.00	-36.72	2.99	2.99	0.00
90	89	HASTIAL	228.49	53.22	0.00	-37.40	2.99	2.99	0.00
90	90	HASTIAL	226.56	54.68	0.00	-25.41	2.96	2.96	0.00
91	90	HASTIAL	226.56	54.68	0.00	-25.41	2.96	2.96	0.00
91	91	HASTIAL	226.50	51.07	0.00	-25.16	2.96	2.96	0.00
92	91	CONTRABOVEDA	223.81	46.28	0.00	-16.13	2.93	2.93	0.00
92	92	CONTRABOVEDA	223.75	52.47	0.00	-16.56	2.93	2.93	0.00
93	92	CONTRABOVEDA	222.13	47.56	0.00	-9.74	2.90	2.90	0.00
93	93	CONTRABOVEDA	222.07	32.94	0.00	-10.74	2.90	2.90	0.00
94	93	CONTRABOVEDA	222.00	18.19	0.00	-9.73	2.90	2.90	0.00
94	94	CONTRABOVEDA	220.41	23.53	1.19	-5.60	2.88	2.88	0.00
95	94	CONTRABOVEDA	220.41	23.53	1.19	-5.60	2.88	2.88	0.00
95	95	CONTRABOVEDA	220.35	16.23	1.19	-5.10	2.88	2.88	0.00
96	95	CONTRABOVEDA	218.27	10.83	3.89	-5.24	2.85	2.85	0.00
96	96	CONTRABOVEDA	218.27	10.83	3.89	-5.24	2.85	2.85	0.00
97	96	CONTRABOVEDA	218.21	14.39	3.89	-4.60	2.85	2.85	0.00
97	97	CONTRABOVEDA	217.18	7.61	5.75	-4.31	2.84	2.84	0.00
98	97	CONTRABOVEDA	217.12	7.94	5.75	-4.29	2.84	2.84	0.00
98	98	CONTRABOVEDA	217.12	7.94	5.75	-4.29	2.84	2.84	0.00
99	98	CONTRABOVEDA	215.94	11.06	6.96	-3.58	2.82	2.82	0.00
99	99	CONTRABOVEDA	215.88	7.45	6.96	-3.33	2.82	2.82	0.00
100	99	CONTRABOVEDA	215.82	6.38	6.96	-3.41	2.82	2.82	0.00
100	100	CONTRABOVEDA	214.76	4.98	7.69	-3.41	2.81	2.81	0.00
101	100	CONTRABOVEDA	214.70	8.25	7.69	-2.76	2.81	2.81	0.00
101	101	CONTRABOVEDA	213.55	5.05	8.09	-2.05	2.79	2.79	0.00
102	101	CONTRABOVEDA	213.55	5.05	8.09	-2.05	2.79	2.79	0.00
102	102	CONTRABOVEDA	213.49	3.07	8.09	-1.62	2.79	2.79	0.00
103	102	CONTRABOVEDA	212.85	1.59	8.27	-1.39	2.78	2.78	0.00
103	103	CONTRABOVEDA	212.79	4.18	8.27	-1.04	2.78	2.78	0.00






**0.3.1. Túneles**

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm <sup>2</sup> )	AEXT (cm <sup>2</sup> )	AST (cm <sup>2</sup> /m)
104	103	CONTRABOVEDA	212.79	4.18	8.27	-1.04	2.78	2.78	0.00
104	104	CONTRABOVEDA	212.18	1.73	8.30	-0.66	2.77	2.77	0.00
105	104	CONTRABOVEDA	212.12	3.34	8.30	-0.32	2.77	2.77	0.00
105	105	CONTRABOVEDA	212.06	4.42	8.50	0.00	2.77	2.77	0.00
106	105	CONTRABOVEDA	211.66	4.61	8.46	0.00	2.77	2.77	0.00
106	106	CONTRABOVEDA	211.60	3.29	8.55	0.00	2.77	2.77	0.00
107	106	CONTRABOVEDA	211.54	13.54	9.25	0.00	2.77	2.77	0.00
107	107	CONTRABOVEDA	211.16	10.40	9.39	0.00	2.76	2.76	0.00
108	107	CONTRABOVEDA	211.16	10.40	9.39	0.00	2.76	2.76	0.00
108	108	CONTRABOVEDA	210.88	12.05	9.46	0.00	2.76	2.76	0.00
109	108	CONTRABOVEDA	210.82	3.82	10.02	0.00	2.76	2.76	0.00
109	109	CONTRABOVEDA	210.82	3.82	10.02	0.00	2.76	2.76	0.00
110	109	CONTRABOVEDA	210.61	7.49	10.25	0.00	2.75	2.75	0.00
110	110	CONTRABOVEDA	210.55	0.31	10.74	0.00	2.75	2.75	0.00
111	110	CONTRABOVEDA	205.66	3.35	10.95	0.00	2.69	2.69	0.00
111	111	CONTRABOVEDA	205.71	3.36	10.95	0.00	2.69	2.69	0.00
112	111	CONTRABOVEDA	204.97	0.33	11.19	0.00	2.68	2.68	0.00
112	112	CONTRABOVEDA	204.22	0.64	11.25	0.00	2.67	2.67	0.00
113	112	CONTRABOVEDA	203.60	6.02	11.72	0.00	2.66	2.66	0.00
113	113	CONTRABOVEDA	203.60	6.02	11.72	0.00	2.66	2.66	0.00
114	113	CONTRABOVEDA	202.85	6.11	12.53	0.00	2.65	2.65	0.00
114	114	CONTRABOVEDA	202.31	2.78	13.17	0.00	2.65	2.65	0.00
115	114	CONTRABOVEDA	201.56	8.02	12.81	0.00	2.64	2.64	0.00
115	115	CONTRABOVEDA	201.90	8.01	12.87	0.00	2.64	2.64	0.00
116	115	CONTRABOVEDA	201.15	9.66	12.98	0.00	2.63	2.63	0.00
116	116	CONTRABOVEDA	200.41	0.98	13.58	0.00	2.62	2.62	0.00
117	116	CONTRABOVEDA	200.75	0.85	13.62	0.00	2.62	2.62	0.00
117	117	CONTRABOVEDA	200.00	2.67	13.39	0.00	2.62	2.62	0.00
118	117	CONTRABOVEDA	199.25	5.17	13.56	0.00	2.61	2.61	0.00
118	118	CONTRABOVEDA	199.18	2.24	14.01	0.00	2.60	2.60	0.00
119	118	CONTRABOVEDA	199.18	2.24	14.01	0.00	2.60	2.60	0.00
119	119	CONTRABOVEDA	198.44	7.64	13.64	0.00	2.59	2.59	0.00
120	119	CONTRABOVEDA	198.19	12.65	13.75	0.00	2.59	2.59	0.00
120	120	CONTRABOVEDA	197.45	6.01	14.21	0.00	2.58	2.58	0.00
121	120	CONTRABOVEDA	197.45	6.01	14.21	0.00	2.58	2.58	0.00
121	121	CONTRABOVEDA	197.69	16.11	14.40	0.00	2.58	2.58	0.00
122	121	CONTRABOVEDA	196.94	30.20	13.44	0.00	2.58	2.58	0.00
122	122	CONTRABOVEDA	196.94	30.20	13.44	0.00	2.58	2.58	0.00
123	122	CONTRABOVEDA	197.10	19.73	11.86	0.00	2.58	2.58	0.00
123	123	CONTRABOVEDA	196.35	16.08	12.11	0.00	2.57	2.57	0.00
124	123	CONTRABOVEDA	196.47	17.49	10.87	0.00	2.57	2.57	0.00
124	124	CONTRABOVEDA	196.47	17.49	10.87	0.00	2.57	2.57	0.00
125	124	CONTRABOVEDA	195.72	15.42	11.01	0.00	2.56	2.56	0.00
125	125	CONTRABOVEDA	196.14	98.59	11.60	0.00	2.56	2.56	24.15
126	125	CONTRABOVEDA	195.76	146.74	9.96	0.00	2.56	2.56	53.95
126	126	CONTRABOVEDA	195.02	102.48	10.42	0.00	2.55	2.55	26.65
127	126	CONTRABOVEDA	196.58	87.93	7.12	0.00	2.57	2.57	17.51
127	127	CONTRABOVEDA	212.68	57.08	6.61	0.00	2.78	2.78	0.00
128	127	CONTRABOVEDA	213.29	47.79	5.98	0.00	2.79	2.79	0.00
128	128	CONTRABOVEDA	214.75	51.76	4.79	-3.49	2.81	2.81	0.00
129	128	CONTRABOVEDA	225.21	41.81	5.47	-3.49	2.94	2.94	0.00
129	129	CONTRABOVEDA	225.25	36.26	4.76	-3.49	2.95	2.95	0.00
130	129	HASTIAL	227.30	49.79	4.32	-10.33	2.97	2.97	0.00
130	130	HASTIAL	227.33	56.64	4.68	-10.33	2.97	2.97	0.00
131	130	HASTIAL	229.69	39.78	5.89	-19.33	3.00	3.00	0.00
131	131	HASTIAL	229.72	53.40	3.79	-19.33	3.00	3.00	0.00
132	131	HASTIAL	229.75	79.37	5.15	-19.33	3.00	3.00	9.34
132	132	HASTIAL	231.80	94.69	4.70	-30.79	3.03	3.03	18.63
133	132	HASTIAL	231.83	77.41	3.79	-30.79	3.03	3.03	7.94
133	133	HASTIAL	231.86	50.88	5.19	-30.79	3.03	3.03	0.00
134	133	HASTIAL	234.44	42.41	5.19	-33.47	3.07	3.07	0.00
134	134	HASTIAL	234.47	43.39	3.29	-33.47	3.07	3.07	0.00
135	134	HASTIAL	233.46	53.21	3.97	-26.55	3.05	3.05	0.00
135	135	HASTIAL	233.49	56.96	3.77	-26.55	3.05	3.05	0.00
136	135	HASTIAL	232.47	36.78	2.87	-20.56	3.04	3.04	0.00
136	136	HASTIAL	232.50	22.56	3.62	-20.56	3.04	3.04	0.00
137	136	HASTIAL	231.36	18.72	3.26	-15.45	3.03	3.03	0.00
137	137	HASTIAL	231.39	23.12	2.71	-15.45	3.03	3.03	0.00
138	137	HASTIAL	222.47	17.53	2.09	-11.17	2.91	2.91	0.00
138	138	HASTIAL	222.40	17.00	1.64	-11.17	2.91	2.91	0.00
139	138	HASTIAL	222.33	20.23	1.81	-11.17	2.91	2.91	0.00
139	139	HASTIAL	221.21	22.16	1.59	-7.65	2.89	2.89	0.00





### 0.3.1. Túneles

BARRA	NUDO	SECCION	ND (t)	QD (t)	MD+ (m·t)	MD- (m·t)	AINT (cm2)	AEXT (cm2)	AST (cm2/m)
140	139	BOVEDA	221.14	17.05	1.32	-7.65	2.89	2.89	0.00
140	140	BOVEDA	220.09	19.98	1.06	-4.76	2.88	2.88	0.00
141	140	BOVEDA	220.02	9.42	0.50	-4.76	2.88	2.88	0.00
141	141	BOVEDA	218.94	11.48	0.30	-2.44	2.86	2.86	0.00
142	141	BOVEDA	218.87	8.79	0.00	-2.47	2.86	2.86	0.00
142	142	BOVEDA	217.84	9.52	0.00	-0.94	2.85	2.85	0.00
143	142	BOVEDA	217.77	7.11	0.00	-1.07	2.85	2.85	0.00
143	143	BOVEDA	216.75	18.13	0.61	-1.12	2.83	2.83	0.00
144	143	BOVEDA	216.75	18.13	0.61	-1.12	2.83	2.83	0.00
144	144	BOVEDA	216.69	21.56	0.61	-0.94	2.83	2.83	0.00
145	144	BOVEDA	215.73	37.48	1.40	-1.83	2.82	2.82	0.00
145	145	BOVEDA	215.66	31.06	1.40	-2.17	2.82	2.82	0.00
146	145	BOVEDA	214.77	21.35	1.98	-1.70	2.81	2.81	0.00
146	146	BOVEDA	214.77	21.35	1.98	-1.70	2.81	2.81	0.00
147	146	BOVEDA	213.98	20.65	2.39	-1.70	2.80	2.80	0.00
147	147	BOVEDA	213.98	20.65	2.39	-1.70	2.80	2.80	0.00
148	147	BOVEDA	213.26	20.05	2.65	-1.70	2.79	2.79	0.00
148	148	BOVEDA	213.26	20.05	2.65	-1.70	2.79	2.79	0.00
149	148	BOVEDA	212.67	19.68	2.81	-1.70	2.78	2.78	0.00

### 4.2.3.5 Resumen

Los resultados de los esfuerzos obtenidos por dovela en el dimensionamiento, son los siguientes:

	$A_{INT}$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{EXT}$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{ST}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
<b>BOVEDA</b>	3,83	3,83	5,21
<b>HASTIAL</b>	3,93	3,93	25,13
<b>SOLERA</b>	3,80	3,80	57,58



[13398]

O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



012399

O.3.2.  Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A  TIPO DE DOCUMENTO
----------------------------	--

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

## O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL

### APÉNDICE 5. CÁLCULOS DE DAÑOS A ESTRUCTURAS SENSIBLES.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.

Localización: del P.K. 19+565, zona de cruce de la Avenida Nicolás Ayllón con la Vía de Evitamiento  
Estado: estudio, cruce de vías a distinto nivel por medio de un paso superior

Sección a analizar: 19+515

ayeso  
Engineering, Information, Imagination.

Datos básicos de partida:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z: 19,80 m  
Diámetro del túnel, D: 10,2 m

Línea de trazado:

Estación	Excentro (m)	Velocidad (km/h)	Curva (C)	Grav. (g)	Acc. (m/s²)
R	1,50	16,70	0,0	38	35000
GP-S	6,20	20,00	15,0	38	33000
GP-S I	13,16	23,00	32,0	39	38600

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión, I: 10,58 m

Distancia: 1,28

$$f(I) = f(0,52 I_n - 0,121)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sarsate y Otero (1974)

Estación de máxima subsidencia:

Pérdida de suelo, V<sub>1</sub>: 0,50 m

Volumen de escombros, V<sub>2</sub>: 0,409 m³/m

Determinación del eje de máxima subsidencia:

Excentro: 0,015 m

$$S_{max} = \frac{V_1 + V_2}{2 \cdot \pi} \approx 2,5 f$$

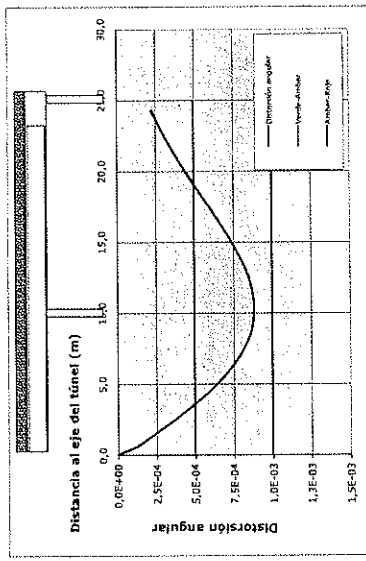
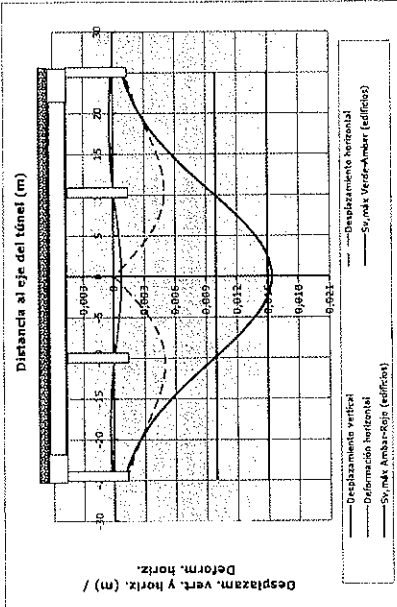
Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

Cálculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub>: 0,0050 m

$$S_{max} = \frac{f \cdot S_1}{z_n} = \frac{f \cdot (-0,61 \cdot S_{max})}{z_n}$$

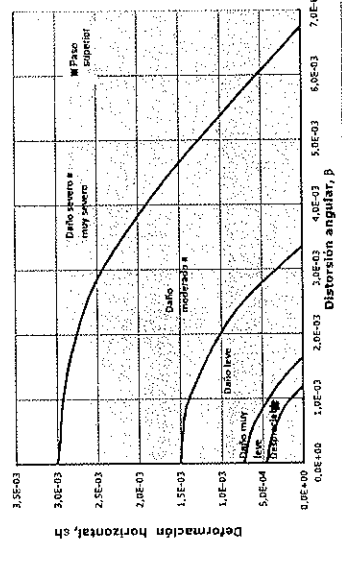
Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)



Uchegle en el frente:

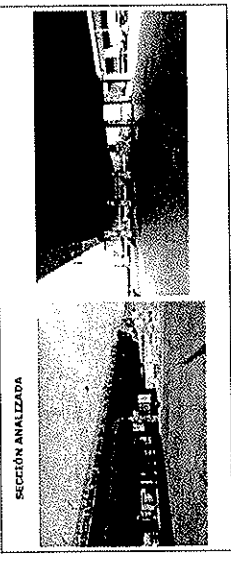
Elemento	Distancia al eje (m)	Distancia al eje (mm)	AL/L	AL/L (%)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,00%
0,2	1,5	1,5	1,5	0,08%
0,4	3,0	3,0	3,0	0,16%
0,6	4,5	4,5	4,5	0,24%
0,8	6,0	6,0	6,0	0,32%
1,0	7,5	7,5	7,5	0,40%
1,2	9,0	9,0	9,0	0,48%
1,4	10,5	10,5	10,5	0,56%
1,6	12,0	12,0	12,0	0,64%
1,8	13,5	13,5	13,5	0,72%
2,0	15,0	15,0	15,0	0,80%
2,2	16,5	16,5	16,5	0,88%
2,4	18,0	18,0	18,0	0,96%
2,6	19,5	19,5	19,5	1,04%
2,8	21,0	21,0	21,0	1,12%
3,0	22,5	22,5	22,5	1,20%
3,2	24,0	24,0	24,0	1,28%
3,4	25,5	25,5	25,5	1,36%
3,6	27,0	27,0	27,0	1,44%
3,8	28,5	28,5	28,5	1,52%
4,0	30,0	30,0	30,0	1,60%

Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	AL/L	AL/L (%)	Daño
Paso superior	10,0	9,9	0,07334	2,0E-03
				Muy leve



OBSERVACIONES  
En esta PP. KK. hay un paso superior que permite el cruce de dos vías a distinto nivel. Las pilas de la estructura más cercanas al trazado se encuentran aproximadamente a unos 10 m del eje de la excavación. En principio se esperarían movimientos y distorsiones angulares que podrían dañar muy ligeramente la estructura.

**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**

**ayesa**  
 Ingeniería  
 information.  
 imagination.

Datos iniciales de variación.

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $L_0$  18,20 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  3,02 m

Tipo de terreno.

Entebral	Espesor (m)	$(\text{KN/m}^2)$	$(\text{KN/m}^2)$	$(\text{KN/m}^2)$	$(\text{KN/m}^2)$	$(\text{KN/m}^2)$	$(\text{KN/m}^2)$
1	1,50	18,70	0,0	28	35,00	0,0	1,0
2	0,25	27,00	0,0	13,0	35,00	0,0	1,0
3	0,5	20,45	21,00	22,0	39	34,00	0,20

Determinación del punto de inflexión.

Punto de inflexión,  $I$  9,45 m

Tirante

1,28

$$I/D = \mu(0,52 \sqrt{K_{m1}} - 0,21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Spessko y Oates (1974)

Pérdida de sujeción.

Pérdida de sujeción,  $V_1$  0,50 %

Volumen de asientos,  $V_2$  0,409 m<sup>3</sup>/m

Determinación del avance máximo.

$S_{max}$  0,017 m

$$N_{max} = 2,7 \cdot J \cdot I$$

$$N_{max} = 2,7 \cdot J \cdot 2,5 I$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

Cálculo del desplazamiento horizontal máximo.

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0,0055 m

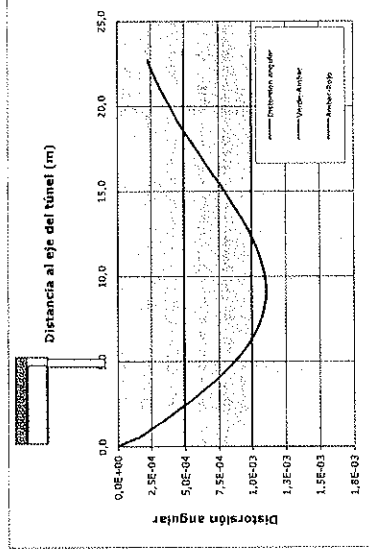
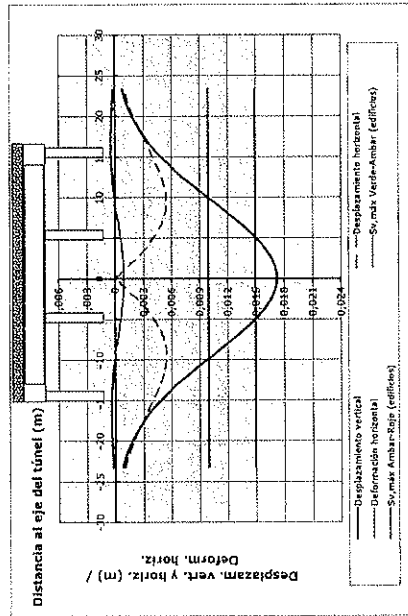
$$S_{max} = \int_{-L_0}^{L_0} S_1 = \int_{-L_0}^{L_0} -0,61 \cdot S_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 19-840

Localización: P.K. 19+840, en la Avenida Carretera Central

Nota: se trata de una zona donde el eje del trazado pasa por debajo de una pasarela peatonal



Litología en el frente:

Heterogéneo	Dist. eje (m)	h (m)	γ (KN/m³)	φ (°)	c (KN/m²)	Es (MPa)	ν (%)
	0,0	17,2	17,80	0,0	0,0	0,050	
	0,6	17,2	17,80	0,0	0,0	0,050	
	1,2	16,9	17,200	1,5	0,050		
	2,3	16,7	17,200	2,1	0,050		
	2,9	16,4	17,174	2,8	0,050		
	3,5	16,1	17,131	3,1	0,050		
	4,7	15,3	17,101	3,0	0,050		
	5,2	14,8	17,113	4,1	0,050		
	5,6	14,3	17,105	4,6	0,050		
	6,0	13,7	17,058	5,0	0,050		
	7,6	12,5	17,532	5,1	0,020		
	8,2	11,9	17,515	5,3	0,020		
	8,7	11,2	17,506	5,4	0,010		
	9,3	10,5	17,505	5,4	0,010		
	10,5	9,3	17,531	5,4	0,010		
	11,7	8,1	17,564	5,2	0,010		
	12,2	7,5	17,576	5,0	0,010		
	13,4	6,3	17,580	4,6	0,010		
	14,0	5,8	17,135	4,4	0,040		
	14,6	5,3	17,139	4,2	0,040		
	15,1	4,8	17,174	4,0	0,040		
	15,7	4,3	17,180	3,7	0,040		
	16,2	3,8	17,154	3,2	0,040		
	17,5	3,1	17,106	3,0	0,040		
	18,1	2,8	17,158	2,8	0,040		
	18,6	2,5	17,203	2,5	0,040		
	19,2	2,2	17,236	2,3	0,040		
	19,8	1,9	17,274	2,0	0,040		
	21,0	1,5	17,305	1,7	0,030		
	21,6	1,3	17,324	1,5	0,030		
	22,1	1,1	17,362	1,4	0,030		
	22,7	0,9	17,435	1,2	0,030		
	23,3	0,8	17,507	1,1	0,020		

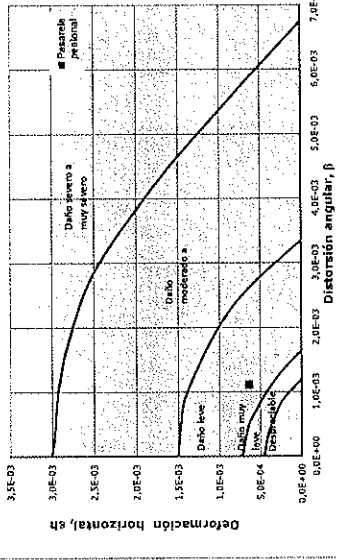
RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje SV (mm)	ΔI/L	Δ	Dañó
Passarela peatonal	5,0	15,0	15,3	1/ 803 (5,35E-04)

SECCIÓN ANALIZADA



Valoración de daños según Buscarding & Cording (1989)



OBSERVACIONES

En este P.K. hay un paso peatonal superior cimentado superficialmente. La pila de la estructura más cercana al trazado se encuentra a unos 5 m aproximadamente del eje de la excavación. En principio se esperan movimientos y distorsiones angulares que podrían dañar levemente la estructura.



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**

Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



**Datos iniciales de obra:**  
 Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  17,24 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  7,02 m

**Tipo de terreno:**

Enterrado	Espesor (m)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c$ (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$E_{av}$ (MPa)	$\mu$
R	2,00	16,70	0,0	28	28000	0,30
GP-5	2,50	16,28	15,0	34	33000	0,30
GP-3 I	9,45	22,00	32,0	35	360000	0,30

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión,  $l$  8,20 m

$\mu_{punto}$  1,19

$$I/D = \mu(0,52 \cdot Z_0 - 0,21) \cdot D$$

**Nota:** la formulación empleada es la de Siggstad y Oves (1974)

**Definición de suelo arcilloso:**

Pérdida de suco,  $V_L$  0,50 %

Volumen de asientos,  $V_A$  0,409 m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asiente máximo:**

$$s_{max} = 0,020 \cdot m$$

$$N_{max} = 2 \cdot X \cdot J \cdot 2,5 \cdot I$$

**Nota:** la formulación empleada es la de Peck (1969)

**Cálculo del movimiento horizontal máximo:**

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0,0058 m

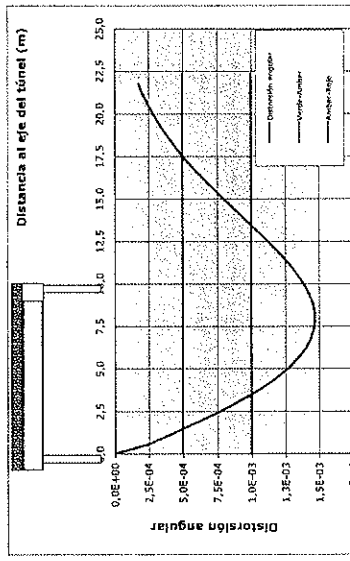
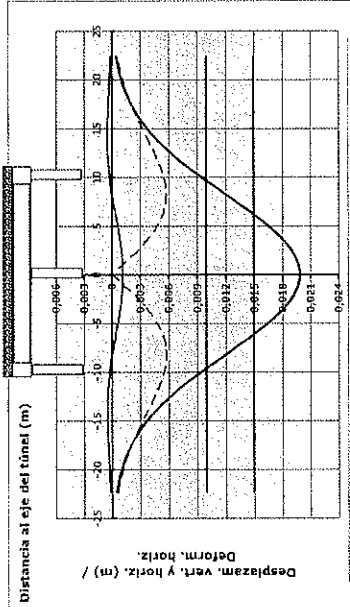
$$S_{total} = I \cdot S_1 = I \cdot 0,61 \cdot S_{perm}$$

**Nota:** la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sección a analizar: 20-340**

Localización: P.K. 20+880, en la Avenida Correo Central

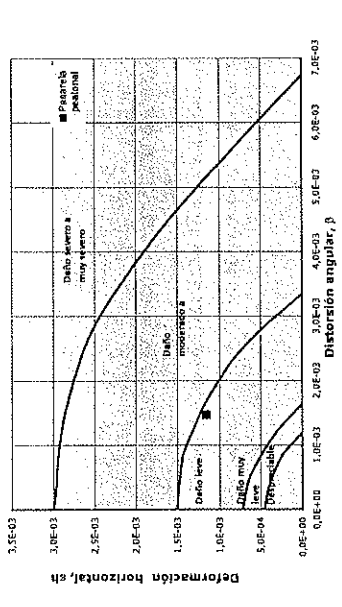
Radio: se trata de una zona donde el eje del trazado pasa por debajo de una pasarela peatonal



Litología en el frente:

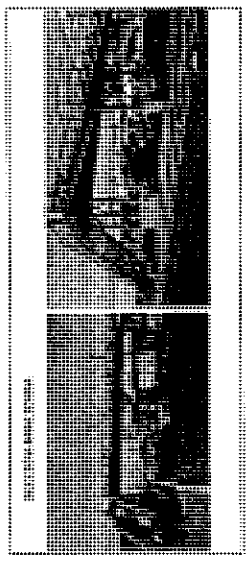
Hemigráfico	Distorsión (mm)	AL/L (%)	SV (mm)	AL/L (%)	Dato
0,0	19,9	1,7	0,0	0,0	0,13%
0,6	19,8	1,4	0,6	0,11%	
1,2	19,7	1,1	1,2	0,11%	
1,7	19,7	1,1	1,8	0,11%	
2,2	19,2	1,1	2,5	0,10%	
2,8	18,8	1,1	3,0	0,10%	
3,4	18,3	1,1	3,6	0,09%	
3,9	17,7	1,2	4,0	0,09%	
4,5	17,1	1,3	4,4	0,09%	
5,0	16,5	1,4	4,8	0,08%	
5,6	15,8	1,7	5,1	0,08%	
6,1	15,0	1,7	5,3	0,08%	
6,7	14,2	1,8	5,5	0,08%	
7,2	13,4	1,8	5,7	0,08%	
7,8	12,4	1,8	5,7	0,08%	
8,4	11,8	1,8	5,7	0,08%	
8,9	11,0	1,7	5,7	0,08%	
9,5	10,3	1,7	5,6	0,08%	
10,0	9,6	1,7	5,6	0,08%	
10,6	8,8	1,7	5,3	0,08%	
11,2	7,9	1,7	5,1	0,08%	
11,7	7,1	1,7	4,9	0,08%	
12,3	6,5	1,7	4,5	0,08%	
12,9	5,8	1,7	4,1	0,08%	
13,4	5,0	1,7	4,1	0,08%	
13,9	4,2	1,7	4,1	0,08%	
14,5	4,1	1,7	3,8	0,08%	
15,1	3,7	1,7	3,2	0,08%	
15,6	3,2	1,7	2,9	0,08%	
16,2	2,8	1,7	2,7	0,08%	
16,8	2,5	1,7	2,4	0,08%	
17,3	2,2	1,7	2,1	0,08%	
17,9	1,8	1,7	1,9	0,08%	
18,4	1,6	1,7	1,7	0,08%	
19,0	1,4	1,7	1,5	0,08%	
19,5	1,2	1,7	1,3	0,08%	
20,1	1,0	1,7	1,1	0,08%	
20,7	0,8	1,7	1,0	0,08%	
21,2	0,7	1,7	0,9	0,08%	
21,8	0,6	1,7	0,7	0,08%	
22,3	0,5	1,7	0,6	0,08%	

**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	SV (mm)	AL/L (%)	Dato
Pasarela peatonal	0,0	19,9	1,7	1,13E-03
				Leve



**OBSERVACIONES**  
 En esta P.K. hay un paso peatonal superior dimensionado superficialmente. La pila de la estructura más cercana al trazado se encuentra sobre el propio eje de la excavación. En principio se esperan movimientos y distorsiones angulares que podrían dañar levemente la estructura.



[13402]

**O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel**

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**



013003

<b>O.3.2.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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

**O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL**  
**APÉNDICE 6. CÁLCULOS DE LA CUBETA DE SUBSIDENCIAS.**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA Z Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
**PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de excavación:**

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z, 20,60 m  
 Diámetro del túnel, D, 3,02 m

**Tipo de terreno:**

Espeque	Y (m)	X (m)	c (kPa)	φ (°)	γ (kN/m³)	γ <sub>sat</sub> (kN/m³)
CE-S-1	0,70	16,70	0,0	28	35000	19,30
CE-S-2	4,00	17,20	8,0	36	45000	19,25
CE-S-3	8,50	20,00	15,0	34	83000	19,30
CE-S-4	11,00	22,00	22,0	39	366000	19,30

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión, I, 10,35 m

Iteraciones, 1,23

$$I/I_0 = 1/(0,52 \cdot Z/I_0 - 0,21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sogaoka y Ohta (1974)

**Elcción de suelo de excavación:**

Pérdida de suelo, V<sub>s</sub>, 0,50 %

Volumen de asentamiento, V<sub>a</sub>, 0,409 m³/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

I<sub>max</sub>, 0,015 m

$$V_{max} = 2 \cdot \pi \cdot I \cdot 2,5 \cdot I$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

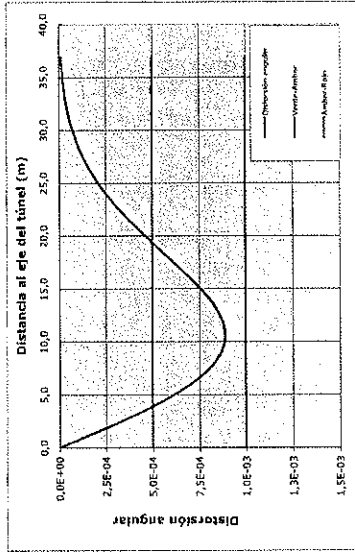
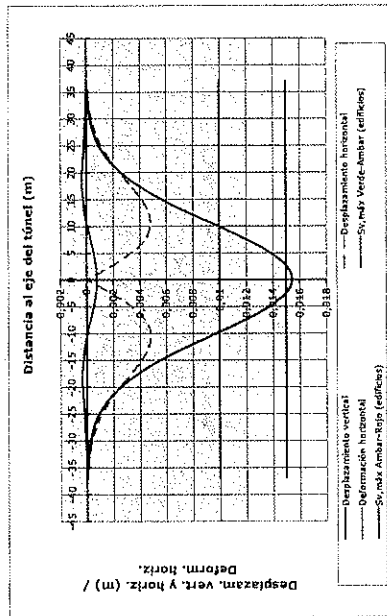
**Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:**

Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub>, 0,0048 m

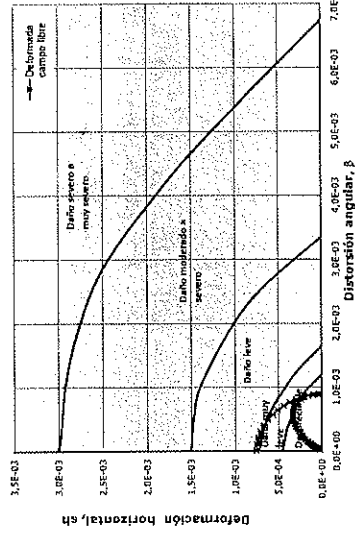
$$S_{max} = I \cdot S_0 = I \cdot (-0,61) \cdot S_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sección transversal: 19-285**



**Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	S <sub>v</sub> (mm)	ΔI/I	Daño
Excavación	20,0	45,0	2,6	1 / 2,157 3,2E-04 Despreciable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	De	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	0,0	3,0
DESPRECIABLE	16,3	∞

UMERAL	De	a
ROJO	0,0	2,5
AMARILLO	2,5	19,3
VERDE	19,3	∞

**Libología en el frente:**

Homogeneidad	Dist. de lib. (m)	γ (kN/m³)	c (kPa)	φ (°)	S <sub>v</sub> (mm)	ΔI/I (%)
	0,0	15,4	1,50	0,0	0,0	0,0%
	2,2	15,5	1,43	3,0	1,6	0,0%
	3,0	16,8	1,25	2,1	0,0%	0,0%
	3,7	14,3	1,20	2,6	0,0%	0,0%
	5,2	13,3	1,15	3,4	0,0%	0,0%
	5,9	13,2	1,14	3,8	0,0%	0,0%
	6,6	12,7	1,12	4,1	0,0%	0,0%
	7,4	12,1	1,10	4,3	0,0%	0,0%
	8,9	10,9	1,15	4,7	0,0%	0,0%
	9,6	10,2	1,13	4,8	0,0%	0,0%
	10,2	9,5	1,12	4,8	0,0%	0,0%
	11,1	9,9	1,13	4,9	0,0%	0,0%
	11,8	9,2	1,14	4,6	0,0%	0,0%
	13,3	7,0	1,12	4,5	0,0%	0,0%
	14,0	6,4	1,12	4,3	0,0%	0,0%
	14,8	6,6	1,13	4,2	0,0%	0,0%
	15,6	6,2	1,13	3,9	0,0%	0,0%
	17,0	6,2	1,13	3,5	0,0%	0,0%
	17,7	6,8	1,16	3,2	0,0%	0,0%
	18,5	6,3	1,18	3,0	0,0%	0,0%
	19,2	6,8	1,18	2,7	0,0%	0,0%
	19,9	7,5	1,20	2,3	0,0%	0,0%
	21,4	7,0	1,24	2,0	0,0%	0,0%
	22,2	1,9	1,25	1,8	0,0%	0,0%
	22,9	1,5	1,31	1,6	0,0%	0,0%
	23,6	1,1	1,35	1,4	0,0%	0,0%
	24,4	1,1	1,42	1,3	0,0%	0,0%
	25,1	0,9	1,47	1,1	0,0%	0,0%
	25,9	0,8	1,51	1,0	0,0%	0,0%
	26,6	0,6	1,64	0,8	0,0%	0,0%
	27,3	0,5	1,75	0,7	0,0%	0,0%
	28,8	0,4	1,83	0,6	0,0%	0,0%
	29,6	0,3	1,82	0,4	0,0%	0,0%
	30,3	0,3	1,75	0,3	0,0%	0,0%
	31,8	0,3	1,70	0,3	0,0%	0,0%
	32,5	0,1	1,75	0,2	0,0%	0,0%
	33,2	0,1	1,75	0,2	0,0%	0,0%
	33,9	0,1	1,75	0,1	0,0%	0,0%
	35,5	0,1	1,75	0,1	0,0%	0,0%
	36,2	0,0	1,71	0,1	0,0%	0,0%
	36,9	0,0	1,69	0,1	0,0%	0,0%





ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.  
 PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA  
 Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Palace Injénieros de Ingeniería

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z = 20.70 m  
 Diámetro del túnel, D = 3.02 m

Tubo de hierro:

Elemento	Longitud (m)	Diámetro (m)	Área (cm²)	Módulo de elasticidad (kg/cm²)	Coeficiente de dilatación térmica (1/°C)
GP-S 1	9.00	20.00	35.0	21000	1.0
GP-S 2	2.90	17.28	8.0	43000	0.25
GP-S 3	1.60	20.00	15.0	43000	0.20
GP-S 4	11.80	22.00	32.0	38000	0.20

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión: 10.77 m

Parámetro: 1.25

$$i/D = 0.52 Z_{in} - 0.21$$

Nota: la formulación empleada es la de Syntex y Oso (1974)

Edad del acero oxidada:

Pérdida de acero, V, 0.50 %  
 Volumen de asientos, V<sub>a</sub>, 0.409 m³/m

Determinación del asiento máximo:

$$S_{max} = 2 \cdot \pi \cdot J \cdot 2.5$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

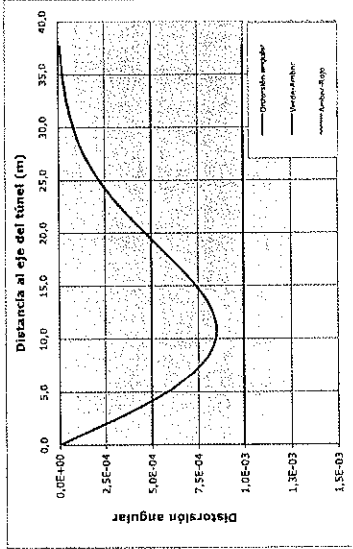
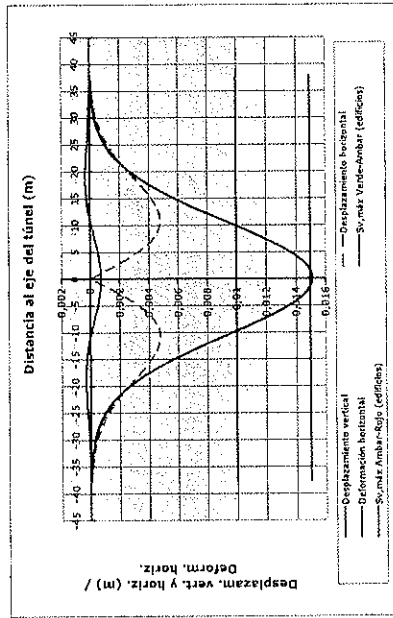
Cálculo de los movimientos horizontales máximos:

Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub>, 0.0048 m

$$S_{max} = i \cdot S_1 = i \cdot (0.61 \cdot S_2)$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 19+285



Litología en el frente:

Homofasias	Dist. (m)	ASB/AL (%)	S <sub>u</sub> (kg/cm²)	γ (kg/cm³)
0.0	13.1	1.0	0.0	0.07%
0.8	13.1	1/10.194	0.1	0.07%
1.5	15.0	1/5.194	1.1	0.07%
2.2	15.0	1/5.194	1.1	0.07%
3.0	14.6	1/5.044	2.1	0.06%
3.8	14.2	1/2.182	2.6	0.06%
4.5	13.9	1/1.851	3.0	0.06%
5.3	13.4	1/1.638	3.4	0.05%
6.0	13.2	1/1.576	4.1	0.04%
6.8	12.4	1/1.399	4.9	0.03%
7.5	11.8	1/1.243	4.5	0.02%
8.3	11.3	1/1.143	4.5	0.02%
9.0	10.6	1/1.006	4.9	0.02%
9.8	10.0	1/1.124	4.8	0.02%
10.6	9.0	1/1.124	4.8	0.02%
11.3	8.7	1/1.176	4.8	0.02%
12.1	8.1	1/1.196	4.7	0.01%
12.8	7.5	1/1.114	4.9	0.01%
13.6	6.8	1/1.182	4.2	0.01%
14.4	6.1	1/1.182	4.2	0.01%
15.1	5.7	1/1.355	4.1	0.01%
15.8	5.1	1/1.327	3.9	0.01%
16.6	4.6	1/1.313	3.7	0.01%
17.3	4.1	1/1.328	3.2	0.01%
18.0	3.1	1/1.481	3.0	0.01%
18.8	2.9	1/2.049	2.7	0.03%
19.6	2.5	1/2.247	2.5	0.03%
20.4	2.2	1/2.279	2.3	0.03%
21.1	1.9	1/2.752	2.0	0.03%
21.9	1.7	1/3.074	1.8	0.03%
22.6	1.4	1/3.258	1.6	0.03%
23.4	1.2	1/3.205	1.4	0.02%
24.1	0.9	1/1.579	1.2	0.02%
24.9	0.8	1/1.841	1.0	0.02%
25.6	0.8	1/1.841	1.0	0.02%
26.4	0.6	1/1.762	0.8	0.01%
27.2	0.6	1/1.762	0.7	0.01%
28.0	0.4	1/1.203	0.6	0.01%
28.8	0.4	1/1.029	0.5	0.01%
30.2	0.2	1/12.813	0.4	0.01%
30.9	0.2	1/15.244	0.4	0.01%
31.7	0.2	1/18.237	0.3	0.01%
32.5	0.2	1/18.237	0.3	0.01%
33.3	0.2	1/18.237	0.3	0.01%
34.1	0.1	1/18.237	0.2	0.01%
34.9	0.1	1/21.462	0.2	0.01%
35.7	0.1	1/21.462	0.1	0.01%
36.2	0.1	1/18.463	0.1	0.01%
36.8	0.1	1/17.914	0.1	0.01%
37.7	0.0	1/23.931	0.1	0.01%

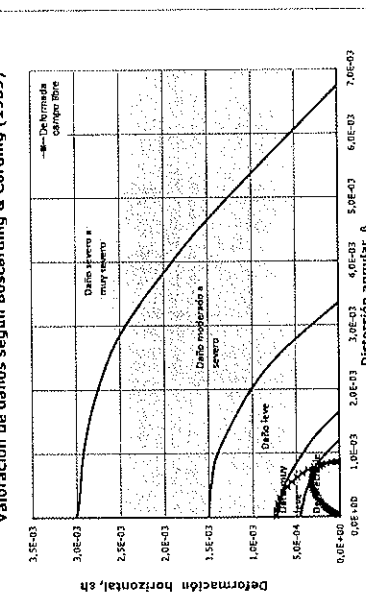
RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje SV (mm)	AL/AL	Deformación
Edificación	25.0	1.0	1/4.441
			1/2.05E-04
			DESPRECIABLE

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DAMG	De	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	0.0	1.9
MUY LEVE	1.9	17.8
DESPRECIABLE	17.8	∞

Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA. Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de estación:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z<sub>0</sub> [11.50] m  
Diámetro del túnel, Ø [3.02] m

Tipo de terreno:

Table with 10 columns: Estrato, Espesor (m), γ (KN/m³), φ (°), c (KN/m²), E (MPa), v, S<sub>u</sub> (kg/cm²), S<sub>v</sub> (kg/cm²), S<sub>h</sub> (kg/cm²). Rows include GS-E, GS-S, and GP-S1.

Estimación del punto de inflexión:

Punto de inflexión, l [11.59] m

Factor de seguridad, 1.28

l/D = 1/(0.52 \* K<sub>u</sub> - 0.23)

Nota: la formulación empleada es la de Sapota y Otero (1974)

Estadística de suelta anclada:

Pérdida de suelo, V<sub>1</sub>, 0.50 %

Volumen de asentamientos, V<sub>s</sub>, 0.409 m³/m

Determinación de la suelta máxima:

S<sub>u, max</sub> = 0.014 m

S<sub>u, max} = 2.7 \* I<sub>s</sub> ≈ 2.5 I<sub>s</sub></sub>

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

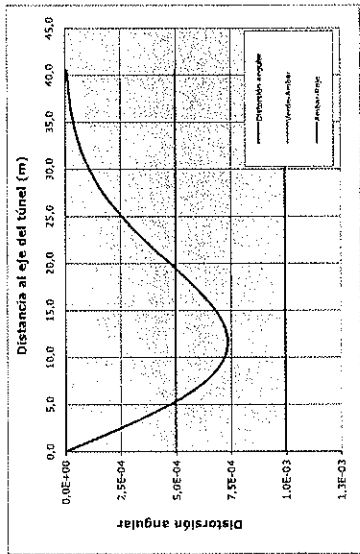
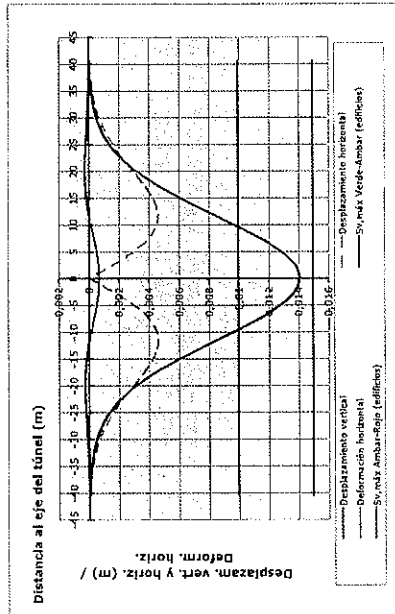
Calculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub>, 0.0046 m

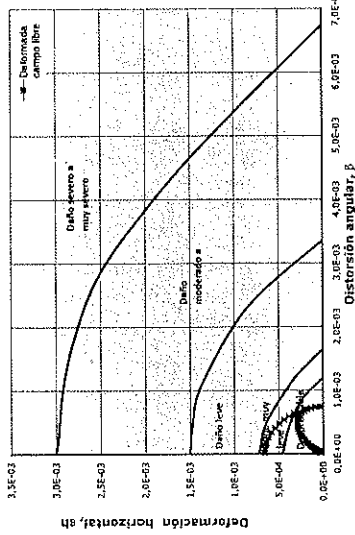
S<sub>u, max} = i \* S<sub>v</sub> = i \* -0.61 \* S<sub>v, max}</sub></sub>

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar, 19-097



Valoración de daños según Boscording & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Table with columns: Elemento, Distancia al eje (m), Sv (mm), AI/L, S<sub>u</sub>, Daño. Rows include Paso inferior, Paso superior, and various damage levels.

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

Table with columns: DADO, De, S, Daño. Rows include DADO SEVERO, DADO MODERADO, DADO LEVE, DADO DESPRECIABLE, and DADO IMPARCIAL.

Librería en el frente:

Table with columns: Homotipismo, Diámetro (mm), S<sub>v</sub> (mm), S<sub>u</sub> (mm), S<sub>u</sub> (%). Rows include various tunnel types and their corresponding parameters.

OBSERVACIONES



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAHALAV, FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
**PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



Datos iniciales de parámetros:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  17,60 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  3,02 m

Tipo de terreno:

Ente	Excentro (m)	Excentro (mm)	$\sigma'_v$ (KPa)	$\sigma'_v$ (KPa)	$\sigma'_v$ (KPa)	$\sigma'_v$ (KPa)	$\sigma'_v$ (KPa)
A	2,50	16,70	0,0	28	35000	0,30	1,0
GP-3	5,40	25,00	15,0	34	83000	0,30	1,3
GP-5	9,70	23,00	32,0	39	360000	0,30	1,3

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I$  6,93 m

Parámetro  $1,37$

$$i: D = \gamma(0,52 \cdot D - 0,21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapsate y Ocho (1974)

Estadía de suela acodada:

Pérdida de suela,  $V_s$  0,50 %

Volumen de estantes,  $V_e$  0,409 m<sup>3</sup>/m

Determinación del asbesto máximo:

$\delta_{max}$  0,048 m

$$N_{max} = 2 \cdot \pi \cdot I \cdot \delta_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

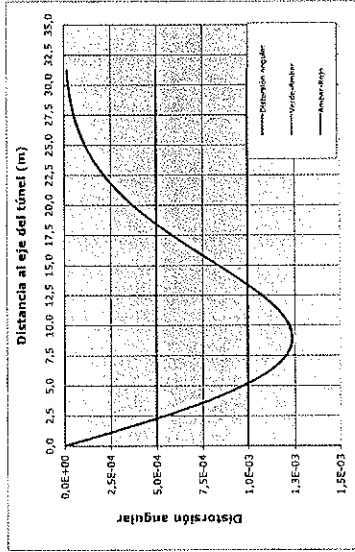
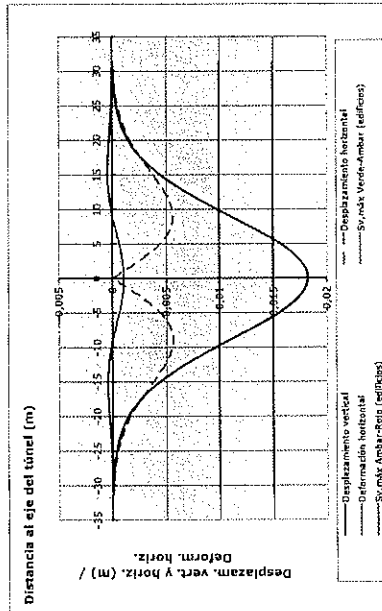
Cálculo del máximo desplazamiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0,0056 m

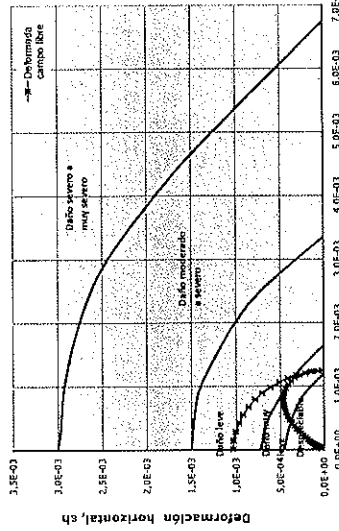
$$S_{max} = \frac{i \cdot S_1}{z_0} = \frac{i \cdot (-0,61) \cdot S_{max}}{z_0}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 20+120



**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	Sv (mm)	AL/L	AL/D	Daño
Excavación	23,0	40,0	0,9	1/4019	7,58E-04 Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANNO	De	Da	De	Da
SEVERO	No hay	No hay	0,9	12,3
MODERADO	No hay	No hay	0,9	12,3
LEVE	0,0	0,5	0,9	12,3
DESPRECIABLE	19,1	35,0	0,0	0,0

OBSERVACIONES



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de explotación:**  
 Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 17.10$  m  
 Diámetro del túnel,  $D = 3.02$  m

**Zona de interés:**

Ente	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	C <sub>v</sub> (%)	S <sub>v</sub> (m)	S <sub>v</sub> (m)	S <sub>v</sub> (m)
1	1.20	15.70	1.0	3.0	3.0	3.0
2	6.20	33.00	1.0	3.0	3.0	3.0
3	21.1	110.0	32.0	3.0	3.0	3.0

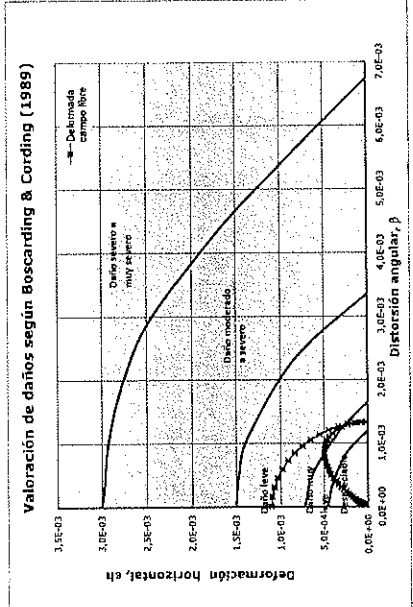
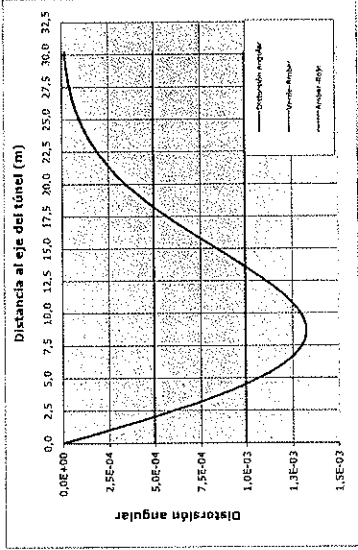
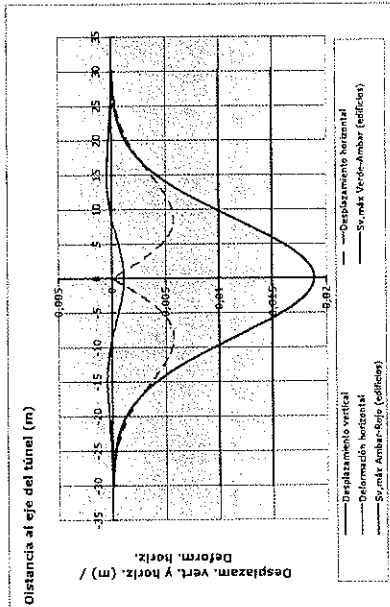
**Determinación de la zona de influencia:**  
 Punto de influencia,  $l = 8.63$  m  
 Pendiente,  $1.28$   
 $i/l = 0.148$   
 $i/l = 0.148$   
 $i/l = 0.148$

**Nota:** La formulación empleada es la de Sapsasa y Oteo (1974)  
**Definición de la zona de influencia:**  
 Pérdida de agua,  $V_1 = 0.50$  %  
 Volumen de aguas,  $V_2 = 0.409$  m<sup>3</sup>/m

**Definición de la zona de influencia:**  
 $S_{max} = 0.019$  m  
 $S_{min} = 2. \pi \cdot J \cdot 2.5 \cdot f$   
**Nota:** La formulación empleada es la de Peck (1969)

**Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:**  
 Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0958$  m  
 $S_{max} = i \cdot S_v = i \cdot 0.61 \cdot S_v$   
**Nota:** La formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a sustrato, 20+120



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (m)	AL/L	Sv	Defecto
Edificación	27.0	0.8	1.74.342.2.67E-04	Despreciable
	40.0	0.8		
	10.0	0.8		
	20.0	0.8		
	30.0	0.8		
	40.0	0.8		
	50.0	0.8		
	60.0	0.8		
	70.0	0.8		
	80.0	0.8		
	90.0	0.8		
	100.0	0.8		
	110.0	0.8		
	120.0	0.8		
	130.0	0.8		
	140.0	0.8		
	150.0	0.8		
	160.0	0.8		
	170.0	0.8		
	180.0	0.8		
	190.0	0.8		
	200.0	0.8		
	210.0	0.8		
	220.0	0.8		
	230.0	0.8		
	240.0	0.8		
	250.0	0.8		
	260.0	0.8		
	270.0	0.8		
	280.0	0.8		
	290.0	0.8		
	300.0	0.8		
	310.0	0.8		
	320.0	0.8		

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	h	n
SEVERO	No hay	No hay	13.6
MODERADO	No hay	No hay	13.6
LEVE	0.0	14.8	18.9
MUY LEVE	14.8	18.9	18.9
DESPRECIABLE	18.9	18.9	18.9

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	h	n
SEVERO	No hay	No hay	13.6
MODERADO	No hay	No hay	13.6
LEVE	0.0	14.8	18.9
MUY LEVE	14.8	18.9	18.9
DESPRECIABLE	18.9	18.9	18.9

OBSERVACIONES



Empresas de Ingeniería y Estudios de Ingeniería

**Datos iniciales de obra:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $z_e$  [16.60] m  
 Diámetro del túnel, D [3.02] m

Etapa	Espección (m)	Presión (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> /σ <sub>v</sub>	γ (kN/m <sup>3</sup> )
R	2.10	16.70	0.9	28	35000	0.30 1.0
GP-3	2.00	15.0	24	25000	0.30 1.0	
GP-5	2.00	15.0	24	25000	0.30 1.0	
GP-7	2.00	15.0	24	25000	0.30 1.0	

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión, I 8.19 m

Parámetro, 1.26

$$I/D = f(0.52 \sqrt{V_{max}} - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Espesca y Oteo (1974)

**Estadística de suelo artificial:**

Pérdida de suelo, V<sub>s</sub> 0.50 %

Volumen de adientos, V<sub>a</sub> 0.408 m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

S<sub>max</sub> 0.020 m

$$S_{max} = \frac{f_s}{2.7} \cdot I \cdot V_a$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

**Escala del desplazamiento horizontal máximo:**

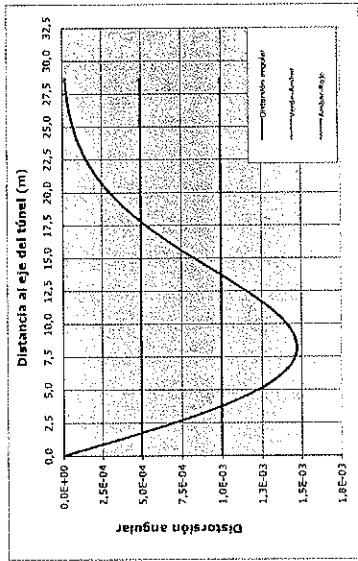
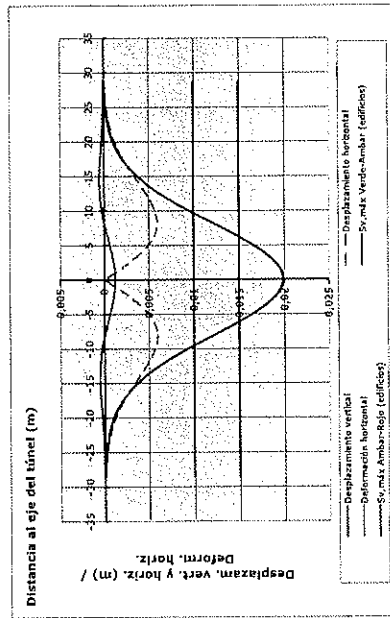
Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub> 0.0060 m

$$S_{max} = \frac{I}{z_e} \cdot \sigma_v = \frac{I}{z_e} \cdot 0.61 \cdot \gamma \cdot z_e$$

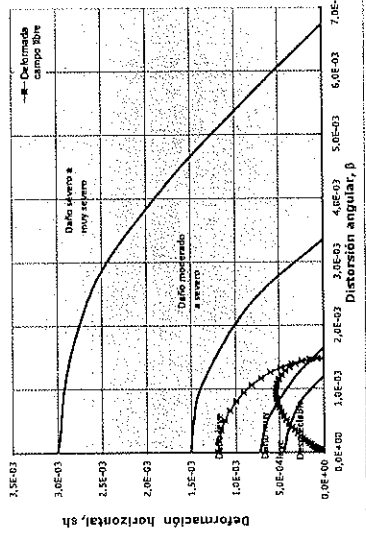
Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**  
 Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.

**Sección a analizar: 20+220**



**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (mm)	AI/L	Daño
Edificación	25.0	40.0	0.2
		3.132.665	1.04E-04
		0.2	Despreciable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	Da	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	15.3	16.5
DESPRECIABLE	16.5	∞

**OBSERVACIONES**



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA Z Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
**PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de estudio:**  
 Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 17,70$  m  
 Diámetro del túnel,  $D = 3,02$  m

**Tubo de concreto:**

Estrato	Espesor (m)	$(KN/m^2)$	$(Kg/cm^2)$	$(Kg/cm^2)$	$(Kg/cm^2)$
OP-5	2,0	30,00	3,0	3,3000	0,30
OP-6	1,0	15,00	1,5	1,6500	0,15
OP-7	1,0	15,00	1,5	1,6500	0,15

**Características del punto de inflexión:**  
 Punto de inflexión,  $I = 8,80$  m  
 Curvatura,  $1,25$

$i(D) = H(0,52 Z_{max} - 0,211)$

**Nota:** La formulación empleada es la de Espesca y Ocho (1974)

**Estadística de suelo arenoso:**

Pérdida de suelo,  $V_1 = 0,50$  %  
 Volumen de asentamiento,  $V_2 = 0,409$  m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

$S_{max} = 2,71 \approx 2,5$   
 $S_{max} = 2,71 \approx 2,5$

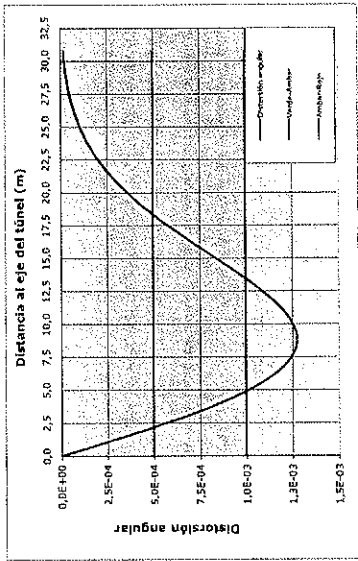
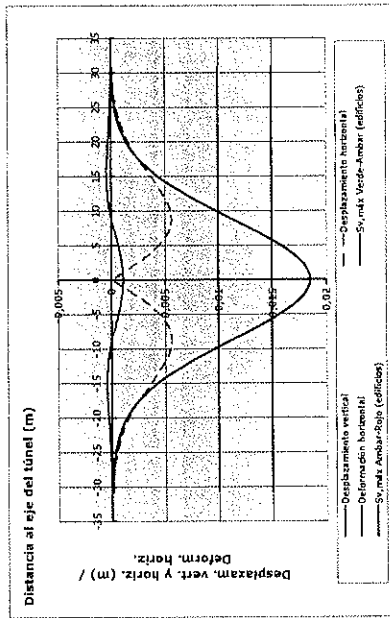
**Nota:** La formulación empleada es la de Decz (1969)

**Cálculo del asentamiento horizontal máximo:**

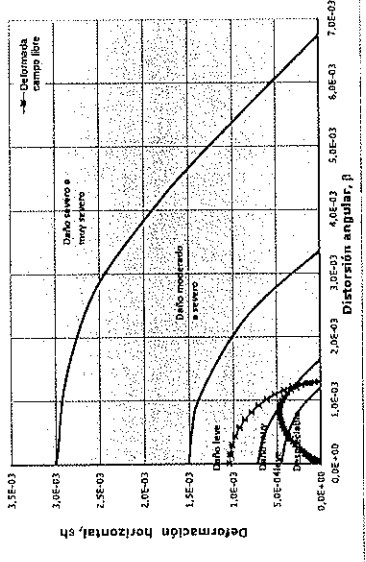
$S_{max} = i - S_1 = i - 0,61 \cdot S_{max}$

**Nota:** La formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sección a analizar: 20+200**



**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (mts)	AL/L	Sv
Excavación	27,0	40,0	0,2
		17,634	9,091-05
		1,14	0,000

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	De	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	0,0	14,0
MUY LEVE	14,0	18,9
DESPRECIABLE	18,9	∞

OBSERVACIONES



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de excavación:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  13.10 m  
 Diámetro del túnel,  $\phi$  10.12 m

**Tipo de estratos:**

Estrato	Espesor (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kPa)	$\phi$ (gr)	$\sigma_{vm}$ (kPa)	$\sigma_{vm}$ (kPa)	$\sigma_{vm}$ (kPa)
GP-S.1	3.30	20.00	33.0	34	33.000	0.30	1.3
GP-S.2	10.70	22.00	32.0	39	266.000	0.30	1.3

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión,  $i$  9.93 m  
 Tensión,  $t_{24}$

$i/D = \eta(0.52 Z_{vm} - 0.211)$

*Nota:* La formulación empleada es la de Sagase y Oteo (1974)

**Cálculo de agua asociada:**

Pérdida de agua,  $V_1$  0.30 %  
 Volumen de adiantos,  $V_2$  0.409 m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

$S_{max} = 0.018 m$   
 $S_{max} = 2.77 J \approx 2.5 J$

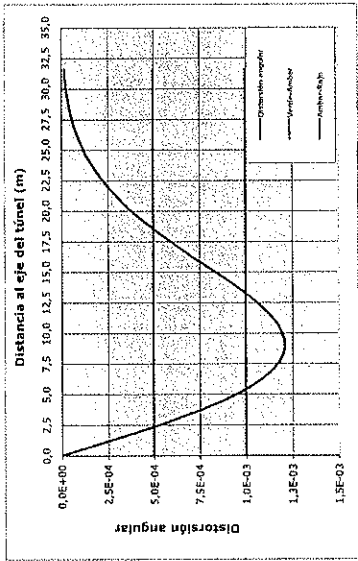
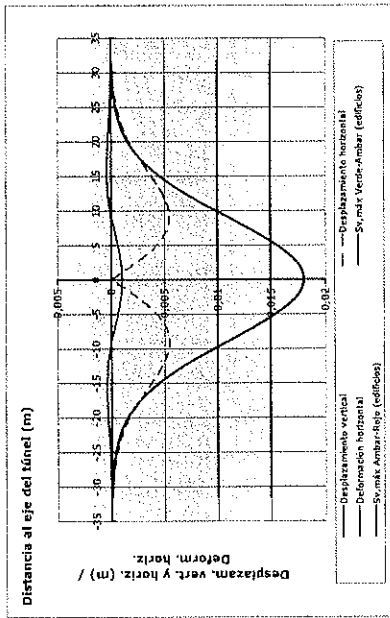
*Nota:* La formulación empleada es la de Rich (1969)

**Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:**

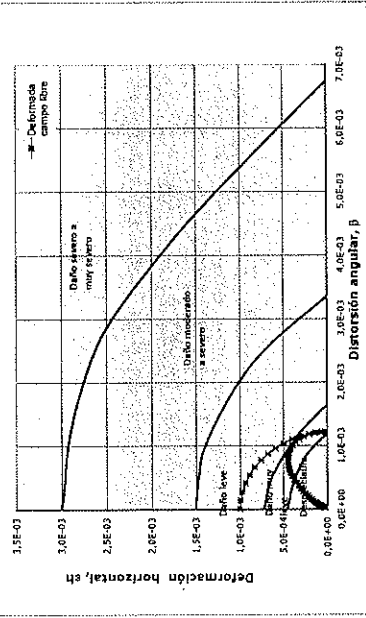
Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0.0055 m  
 $S_{max} = \frac{i - S_1}{z_1} = i - 0.61 \cdot S_{vm}$

*Nota:* La formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sección a analizar: Z0+370**



**Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (mtd)	AL/L	Sv	Daño
Edificación	25.0	40.0	0.3	1/10/112 Despreciable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	De	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	0.0	5.5
MUY LEVE	6.5	19.1
DESPRECIABLE	19.1	∞

**Litológia en el frente:**

Homogéneas	Dist. alej. (m)	% (mm)	% (Al)	Sv (mtd)	% (%)
	0.0	19.3	17.163	0.0	0.10%
	1.3	17.9	17.3168	1.2	0.10%
	1.9	17.7	17.2335	1.8	0.09%
	2.5	17.4	17.1958	2.4	0.09%
	3.2	17.0	17.1319	3.0	0.08%
	4.4	16.0	17.1151	3.9	0.07%
	5.1	15.4	17.1044	4.3	0.06%
	5.7	14.8	17.098	4.7	0.05%
	6.3	14.1	17.087	5.1	0.05%
	7.6	12.7	17.047	5.3	0.02%
	8.2	11.9	17.033	5.4	0.01%
	8.8	11.2	17.025	5.5	0.00%
	9.5	10.3	17.027	5.4	0.01%
	10.7	9.8	17.033	5.3	0.03%
	11.4	9.2	17.028	5.1	0.03%
	12.0	7.5	17.011	4.9	0.03%
	13.6	6.8	17.029	4.7	0.02%
	13.9	5.5	17.003	4.2	0.06%
	14.5	4.9	17.135	4.0	0.04%
	15.2	4.4	17.121	3.7	0.04%
	15.8	3.9	17.122	3.4	0.02%
	16.4	3.4	17.120	3.0	0.04%
	17.2	2.6	17.123	2.8	0.04%
	16.3	2.3	17.024	2.3	0.04%
	19.0	2.0	17.2160	2.1	0.04%
	19.6	1.7	17.2428	1.9	0.04%
	20.2	1.5	17.2744	1.6	0.03%
	20.9	1.3	17.3123	1.4	0.03%
	21.5	1.1	17.3359	1.3	0.03%
	22.1	0.9	17.4106	1.1	0.03%
	22.8	0.8	17.4750	0.9	0.02%
	23.4	0.6	17.5327	0.8	0.02%
	24.0	0.5	17.5467	0.7	0.02%
	24.8	0.4	17.609	0.6	0.02%
	25.3	0.4	17.5093	0.5	0.01%
	26.2	0.3	17.5815	0.4	0.03%
	27.2	0.2	17.57415	0.3	0.01%
	27.8	0.2	17.5844	0.2	0.01%
	28.4	0.1	17.5771	0.2	0.01%
	29.2	0.1	17.5659	0.1	0.01%
	30.3	0.1	17.43102	0.1	0.00%
	31.0	0.1	17.51305	0.1	0.00%
	32.6	0.0	17.65231	0.1	0.00%

**DISERVAIONES**







**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GABETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
**PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Rozas Intelectuales de Yacimientos, Estudios y Servicios Asociados**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z = 20,50$  m  
 Diámetro del túnel,  $D = 10,2$  m

**Tubo de concreto:**

Epoca	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,30	15,70	0,0	21	35000	0,30	1,0			
2	1,0	16,35	5,0	30	71000	0,30	1,0			
3	0,30	17,38	8,0	26	45000	0,25	1,0			
4	4,0	20,00	15,0	34	83000	0,30	1,3			
5	13,00	22,00	37,0	39	366000	0,30	1,3			

**Determinación de la zona de influencia**

Punto de influencia,  $I = 10,79$  m  
 Pendiente  $\lambda = 2,27$   
 $I(D) = \rho(0,52 \frac{Z}{D} - 0,21)$

**Nota:** La formulación empleada es la de Sagaseta y Otero (1974)

**Estadística de estado estocástico:**

Pérdida de suelo,  $V_1 = 0,50$  %  
 Volumen de asentamientos,  $V_2 = 0,409$  m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asiento máximo:**

$S_{max} = 0,015$  m  
 $V_{S_{max}} = V_1 \cdot V_2$   
 $S_{max} = 2,7 \cdot \pi \cdot j \approx 2,5 \cdot j$

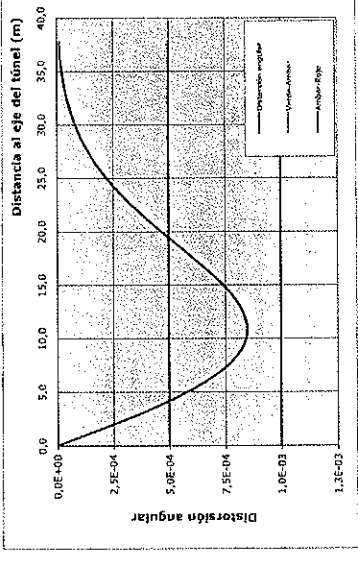
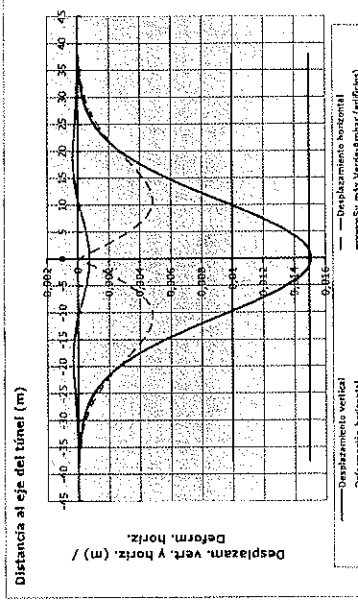
**Nota:** La formulación empleada es la de Beck (1989)

**Cálculo del movimiento horizontal máximo:**

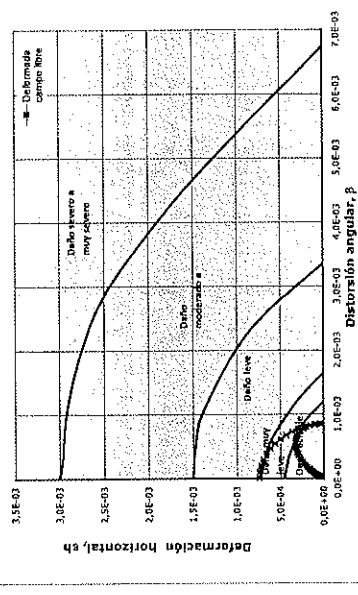
Asentamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0,0049$  m  
 $S_{max} = \sum_{i=1}^n f_i \cdot N_i = f \cdot 0,61 \cdot S_{max}$

**Nota:** La formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sociedad Anónima: 2044335**



**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje [Sx (mm)]	AL/L	Daño
Edificación	25.0	1.7454	2.23-04   Despreciable
		3.0	

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	De	a
SEVERO	0.0	1.3
MODERADO	1.3	19.4
LEVE	0.0	2.3
MUY LEVE	2.3	18.0
DESPRECIABLE	19.4	∞

UMBRAL	De	a
ROJO	0.0	1.3
AMARILLO	1.3	19.4
VERDE	19.4	∞

**Litología en el Frente:**

Homogeneidad	Dist. eje (m)	% (mm)	As/AV (mm)	% (%)
	0.8	13.1	17.0	0.07%
	1.5	13.0	17.5	0.07%
	2.3	14.8	17.5	0.07%
	3.0	14.5	17.5	0.07%
	3.8	13.8	17.5	0.05%
	4.5	13.6	17.5	0.05%
	5.3	13.4	17.5	0.05%
	6.0	12.9	17.5	0.04%
	6.8	12.8	17.5	0.04%
	7.5	12.7	17.5	0.03%
	8.3	12.5	17.5	0.03%
	9.1	10.6	17.5	0.01%
	9.8	10.0	17.5	0.01%
	10.6	9.3	17.5	0.01%
	11.4	8.7	17.5	0.01%
	12.2	8.1	17.5	0.01%
	13.0	7.4	17.5	0.01%
	13.8	6.8	17.5	0.02%
	14.6	6.2	17.5	0.02%
	15.4	5.7	17.5	0.02%
	16.2	5.1	17.5	0.03%
	17.0	4.6	17.5	0.03%
	17.8	4.1	17.5	0.03%
	18.6	3.6	17.5	0.03%
	19.4	3.1	17.5	0.03%
	20.2	2.6	17.5	0.03%
	21.0	2.1	17.5	0.03%
	21.8	1.6	17.5	0.03%
	22.6	1.1	17.5	0.03%
	23.4	0.6	17.5	0.03%
	24.2	0.1	17.5	0.03%
	25.0	0.0	17.5	0.03%
	25.8	0.0	17.5	0.03%
	26.6	0.0	17.5	0.03%
	27.4	0.0	17.5	0.03%
	28.2	0.0	17.5	0.03%
	29.0	0.0	17.5	0.03%
	29.8	0.0	17.5	0.03%
	30.6	0.0	17.5	0.03%
	31.4	0.0	17.5	0.03%
	32.2	0.0	17.5	0.03%
	33.0	0.0	17.5	0.03%
	33.8	0.0	17.5	0.03%
	34.6	0.0	17.5	0.03%
	35.4	0.0	17.5	0.03%
	36.2	0.0	17.5	0.03%
	37.0	0.0	17.5	0.03%
	37.8	0.0	17.5	0.03%

**OBSERVACIONES**

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de obra:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z<sub>0</sub> 130.70 m  
Diámetro del túnel, D 3.92 m

Tipo de terreno:

Extracción	Espesor (m)	γ (KN/m³)	c (KPa)	φ (°)	U <sub>lim</sub> (KPa)	U <sub>lim</sub> (MPa)
R	0.70	16.79	0.0	28	35000	0.30 1.9
SM	1.10	16.95	5.0	30	71000	0.30 1.9
PL	0.30	17.38	9.0	26	43500	0.25 1.0
GP-1	4.50	19.00	35.0	30	105000	0.30 1.9
GP-2	15.20	21.00	35.0	30	366000	0.30 1.9

Deflexión máxima del punto de máxima deflexión:

Punto de máxima deflexión, l 10.95 m  
Tensión 1.27

$$f(l) = \eta(0.52 \frac{Z_0}{D} - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sigheo y Oteo (1974)

Estadística de datos estadística:

Pérdida de suelo, V<sub>l</sub> 0.50 %  
Volumen de arriotes, V<sub>a</sub> 0.499 m³/m

Deflexión máxima del sistema:

U<sub>max</sub> 0.015 m

$$N_{max} = \frac{F_s}{2. \pi \cdot f} = 2.5 \cdot f$$

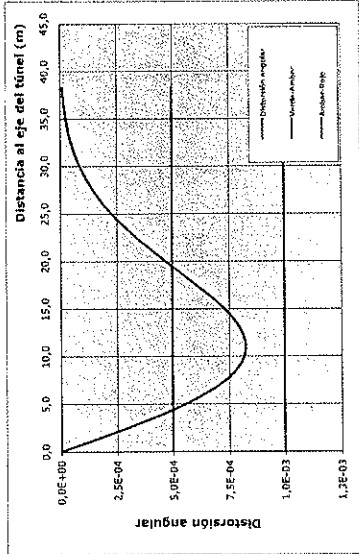
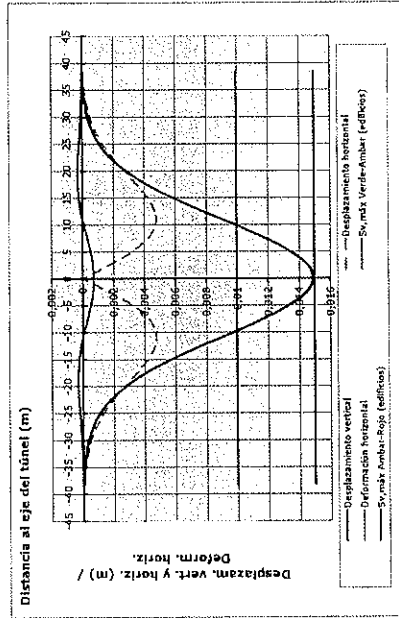
Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

Cálculo del movimiento horizontal máximo:

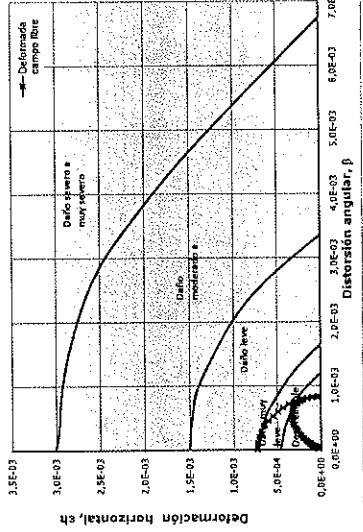
Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub> 0.0048 m

$$S_{max} = \frac{f}{Z_0} \cdot N_{max} = f \cdot (0.61 - S_{max})$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Neil & New (1982)



Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	Sv (mm)	AL/L	S <sub>h</sub>	Daño	
Excavación	25.0	48.0	1.2	1.4 0.033	2.3E-04	Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

Daño	De	a	UNIBASAL	De	a
DAÑO GRAVE	No hay	No hay	ROJO	No hay	No hay
DAÑO MODERADO	No hay	No hay	AMARILLO	No hay	No hay
DAÑO LEVE	No hay	No hay	VERDE	3.9 4	∞
MUY LEVE	0.3	8.1			
DESPRECIABLE	6.3	∞			

OBSERVACIONES



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA. Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de perforación:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 33.40$  m  
 Diámetro del túnel,  $D = 3.02$  m

Tipo de terreno:

Ente	Profundidad (m)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad (cm/s)	Porcentaje (%)	Clasificación
R	0.00	16.70	0.0	28	35000
RA	0.00	16.95	5.0	30	21000
PL	4.70	17.38	8.0	26	45000
GP-S	3.90	20.00	35.0	38	85000
GP-S1	13.80	22.00	32.0	39	82000

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I = 10.96$  m

$\gamma_{suelo} = 1.22$

$$I/D = \eta(0.52 - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapsosa y Ocho (1974)

Estado de suelo: arcilla.

Pérdida de suelo,  $V_s = 0.50$  %

Volumen de asentamientos,  $V_a = 0.469$  m<sup>3</sup>/m

Determinación del asentamiento máximo:

$$S_{max} = 2.71 S_v$$

$$S_{max} = 2.71 \cdot 2.5j$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

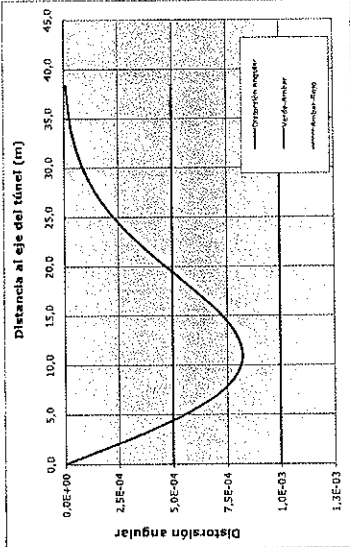
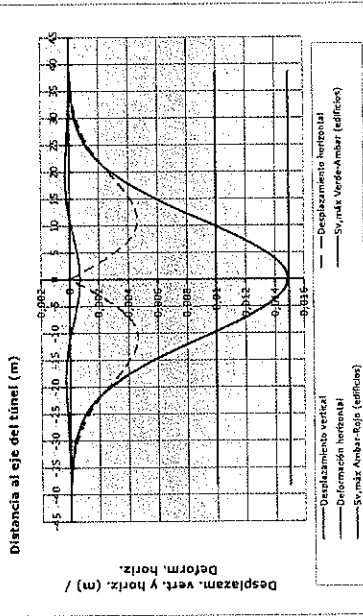
Cálculo del asentamiento horizontal máximo:

$$S_{max} = i \cdot S_v = i \cdot (0.61 - S_{max})$$

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0046$  m

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

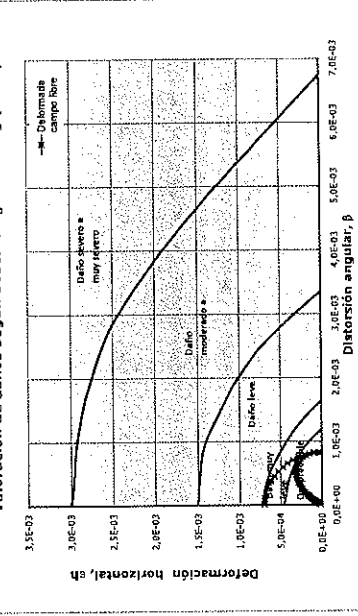
Sección a analizar: 20+800



Reloquete en el frente:

Dist. eje	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (%)
0.0	34.2	1.0	0.07%
0.6	4.9	1.0	0.07%
1.2	4.5	1.0	0.06%
1.8	4.5	1.0	0.06%
2.4	4.5	1.0	0.06%
3.0	4.5	1.0	0.06%
3.6	4.5	1.0	0.06%
4.2	4.5	1.0	0.06%
4.8	4.5	1.0	0.06%
5.4	4.5	1.0	0.06%
6.0	4.5	1.0	0.06%
6.6	4.5	1.0	0.06%
7.2	4.5	1.0	0.06%
7.8	4.5	1.0	0.06%
8.4	4.5	1.0	0.06%
9.0	4.5	1.0	0.06%
9.6	4.5	1.0	0.06%
10.2	4.5	1.0	0.06%
10.8	4.5	1.0	0.06%
11.4	4.5	1.0	0.06%
12.0	4.5	1.0	0.06%
12.6	4.5	1.0	0.06%
13.2	4.5	1.0	0.06%
13.8	4.5	1.0	0.06%
14.4	4.5	1.0	0.06%
15.0	4.5	1.0	0.06%
15.6	4.5	1.0	0.06%
16.2	4.5	1.0	0.06%
16.8	4.5	1.0	0.06%
17.4	4.5	1.0	0.06%
18.0	4.5	1.0	0.06%
18.6	4.5	1.0	0.06%
19.2	4.5	1.0	0.06%
19.8	4.5	1.0	0.06%
20.4	4.5	1.0	0.06%
21.0	4.5	1.0	0.06%
21.6	4.5	1.0	0.06%
22.2	4.5	1.0	0.06%
22.8	4.5	1.0	0.06%
23.4	4.5	1.0	0.06%
24.0	4.5	1.0	0.06%
24.6	4.5	1.0	0.06%
25.2	4.5	1.0	0.06%
25.8	4.5	1.0	0.06%
26.4	4.5	1.0	0.06%
27.0	4.5	1.0	0.06%
27.6	4.5	1.0	0.06%
28.2	4.5	1.0	0.06%
28.8	4.5	1.0	0.06%
29.4	4.5	1.0	0.06%
30.0	4.5	1.0	0.06%
30.6	4.5	1.0	0.06%
31.2	4.5	1.0	0.06%
31.8	4.5	1.0	0.06%
32.4	4.5	1.0	0.06%
33.0	4.5	1.0	0.06%
33.6	4.5	1.0	0.06%
34.2	4.5	1.0	0.06%
34.8	4.5	1.0	0.06%
35.4	4.5	1.0	0.06%
36.0	4.5	1.0	0.06%
36.6	4.5	1.0	0.06%
37.2	4.5	1.0	0.06%
37.8	4.5	1.0	0.06%
38.4	4.5	1.0	0.06%

Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	Daño
PAPE SUPERIOR	12.3	25.0	8.6	DESPRECIABLE

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DAÑO	De	De
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	No hay	No hay
DESPRECIABLE	0.0	3.0

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.  
PROVINCIA DE LIMA Y CALLAO, REGIÓN DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de análisis:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 21.10$  m  
Diámetro del túnel,  $D = 10.2$  m

Línea de terreno:

Entrada	X (m)	Y (m)	V (m³)	W (KPa)	$\phi$ (°)	$\rho$ (Kg/m³)	$\sigma_{vm}$ (KPa)	$\sigma_{vm}$ (Kg/cm²)	$\sigma_{vm}$ (Ton/m²)	$\sigma_{vm}$ (Ton/cm²)
1	0.00	16.95	5.0	30	30.000	0.20	1.0			
2	5.20	17.38	8.0	28	45000	0.25	1.0			
3	1.40	20.00	3.0	28	45000	0.10	1.0			
4	3.70	22.00	2.0	30	30000	0.20	1.0			

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I = 10.73$  m

Iteraciones: 1,21

$$I(D) = \eta(0,52) I_0 - 0,2(I)$$

Nota: La formulación empleada es la de Buraseta y Oren (1974)

Estación de inicio de la obra:

Pérdida de suelo,  $V_s = 0,50$  %

Volumen de asientos,  $V_a = 0,409$  m³/m

Combinación de las tensiones máximas:

$$\sigma_{vm} = 0,015 \text{ m}$$

$$S_{vm} = 2,7 \cdot I_s \cdot I_c$$

$$S_{vm} = 2,7 \cdot \pi \cdot I_c \cdot 2,5 \cdot I$$

Nota: La formulación empleada es la de Arca (1969)

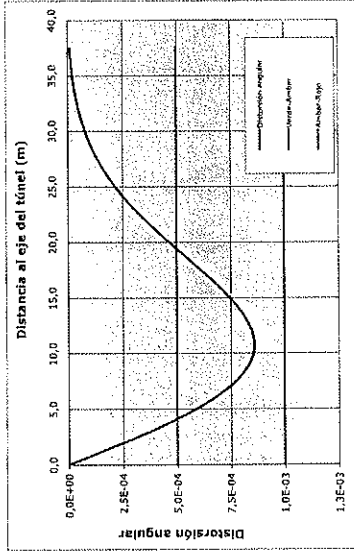
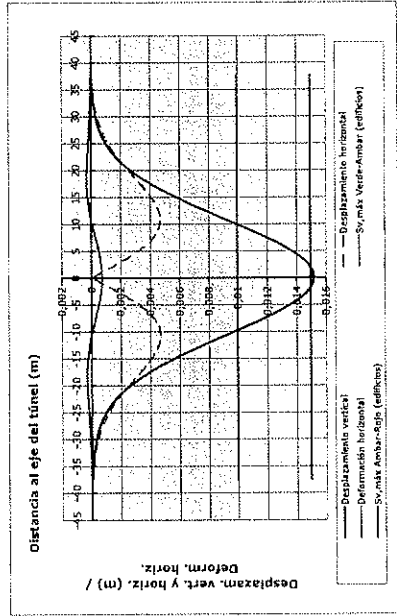
Cálculo del movimiento horizontal máximo:

$$\text{Desplazamiento horizontal máximo, } U_{max} = 0,0047 \text{ m}$$

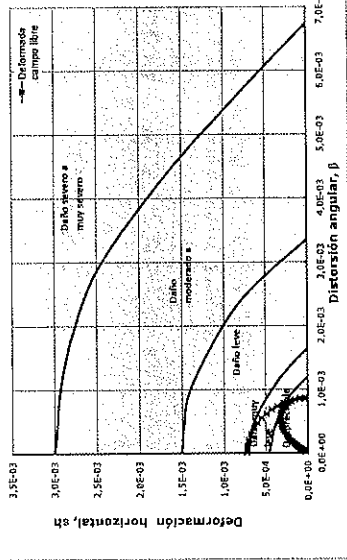
$$S_{vm} = \frac{I_c \cdot S_{vm}}{Z_0} = \frac{I_c \cdot 0,61 \cdot S_{vm}}{Z_0}$$

Nota: La formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección analizada: 20+420



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Estimación	Distancia al eje Sv (mm)	Al/L	Daño	
Estado Superior	-20,0	20,0	15,2	Leve

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANO	De	a
SEVERO	NO HAY	NO HAY
MODERADO	NO HAY	NO HAY
LEVE	0,0	0,3
DESAPARECIBLE	0,3	17,5

LIBERAL	De	a
ROJO	0,0	1,7
AMARILLO	1,7	19,9
VERDE	19,4	∞

Litología en el frente:

Homogéneo	Diámetro (mm)	Sv (mm)	Al/L	Sv (mm)	% (%)
0,0	15,2	1,7	∞	0,0	0,07%
0,6	15,2	1,7	10,108	0,5	0,07%
1,5	15,0	1,7	5,051	1,4	0,07%
3,0	14,6	1,7	2,621	2,1	0,06%
3,0	14,3	1,7	2,144	2,5	0,06%
4,5	13,9	1,7	1,835	3,0	0,05%
5,3	13,5	1,7	1,624	3,7	0,05%
6,0	13,1	1,7	1,414	4,4	0,04%
8,0	12,5	1,7	1,086	5,9	0,03%
7,5	11,9	1,7	1,288	4,3	0,03%
8,3	11,3	1,7	1,233	4,4	0,02%
9,0	10,7	1,7	1,178	4,6	0,02%
10,0	10,1	1,7	1,123	4,7	0,02%
10,5	9,4	1,7	1,067	4,3	0,00%
11,3	8,8	1,7	1,011	4,3	0,00%
12,0	8,1	1,7	0,956	4,6	-0,01%
12,8	7,5	1,7	0,901	4,3	-0,02%
13,5	6,8	1,7	0,846	4,3	-0,02%
14,3	6,3	1,7	0,791	4,3	-0,02%
15,0	5,7	1,7	0,735	4,3	-0,03%
15,8	5,2	1,7	0,680	3,9	-0,03%
16,5	4,6	1,7	0,625	3,6	-0,03%
17,3	4,1	1,7	0,570	3,3	-0,03%
18,0	3,7	1,7	0,515	3,3	-0,03%
18,8	3,3	1,7	0,460	2,9	-0,03%
19,5	2,9	1,7	0,405	2,7	-0,03%
20,3	2,5	1,7	0,350	2,4	-0,03%
21,0	2,2	1,7	0,295	2,2	-0,03%
21,8	1,9	1,7	0,240	2,0	-0,03%
22,5	1,7	1,7	0,185	1,8	-0,03%
23,3	1,4	1,7	0,130	1,6	-0,03%
24,0	1,2	1,7	0,075	1,4	-0,02%
24,8	1,1	1,7	0,020	1,2	-0,02%
25,5	0,9	1,7	0,036	1,1	-0,02%
26,3	0,8	1,7	0,094	0,9	-0,02%
27,0	0,6	1,7	0,152	0,6	-0,01%
27,8	0,5	1,7	0,210	0,5	-0,01%
28,5	0,4	1,7	0,268	0,5	-0,01%
29,3	0,4	1,7	0,327	0,5	-0,01%
30,0	0,3	1,7	0,385	0,4	-0,01%
30,8	0,2	1,7	0,444	0,4	-0,01%
31,5	0,2	1,7	0,502	0,3	-0,01%
32,3	0,2	1,7	0,561	0,3	-0,01%
33,0	0,2	1,7	0,620	0,2	-0,01%
33,8	0,1	1,7	0,679	0,2	0,00%
34,5	0,1	1,7	0,738	0,1	0,00%
35,3	0,1	1,7	0,797	0,1	0,00%
36,0	0,1	1,7	0,856	0,1	0,00%
36,8	0,1	1,7	0,915	0,1	0,00%
37,5	0,0	1,7	0,974	0,1	0,00%

OBSERVACIONES



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
 PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO, REGIÓN DE LIMA  
 Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



**Datos generales de excavación:**  
 Profundidad del eje de excavación del túnel, Z = 231.20 m  
 Diámetro del túnel, D = 3.00 m

**Tipo de terreno:**

Clasificación	Espesor (m)	γ (kg/m³)	c (kg/cm²)	φ (gr)	γ <sub>sat</sub> (kg/cm³)	γ <sub>sub</sub> (kg/cm³)
R	0.50	16.70	0.0	30	21.000	0.30
RI	5.00	17.38	8.0	26	43.000	0.25
RI-S	3.50	20.00	15.0	34	43.000	0.30
GP-S	3.380	22.00	37.0	39	36.000	0.35

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión, i = 10.81 m  
 Pendiente = 1.22

$$f(D) = p(0.52 \frac{Z_{in}}{D} - 0.21)$$

**Nota:** la formulación empleada es la de Saegseth y Oero (1974)

**Ecuación de estado generalizada:**

Pérdida de suelo, V<sub>1</sub> = 0.50 %  
 Volumen de asentamientos, V<sub>2</sub> = 0.409 m³/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

$$S_{max} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 2.5 \cdot i$$

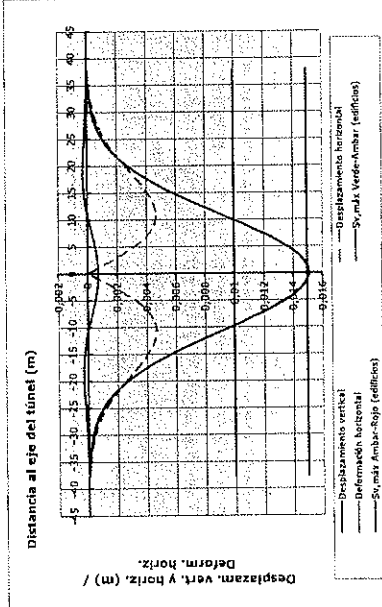
**Nota:** la formulación empleada es la de Peck (1969)

**Cálculo del asentamiento horizontal máximo:**

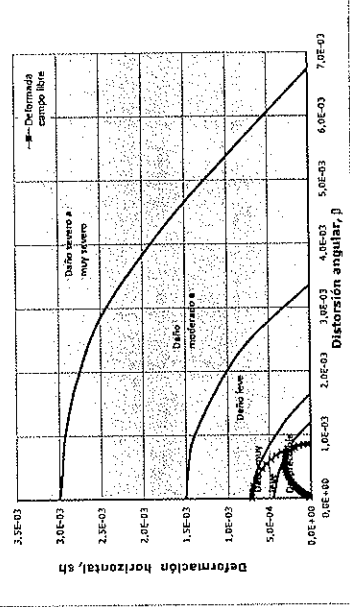
$$S_{hor} = i \cdot S_v = i \cdot (-0.61) \cdot S_{ver}$$

**Nota:** la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

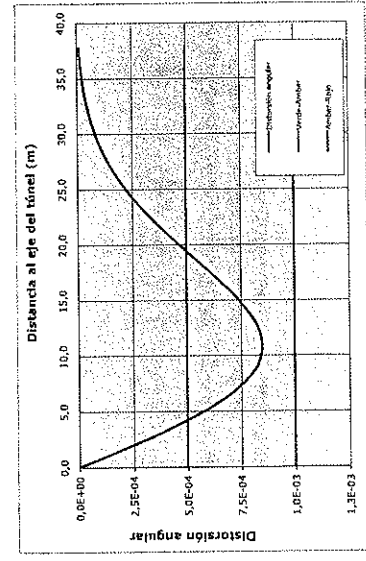
**Sección a analizar: 20+830**



**Valoración de daños según Boscawling & Cording (1985)**



OBSERVACIONES



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	D <sub>1</sub> (%)	D <sub>2</sub> (%)	D <sub>3</sub> (%)
Edificio	22.0	0.52	0.32	1.2	2.7	0.4
				1.2	2.7	0.4

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

UBRRAL	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
DANO	No hay	No hay	No hay
SEVERO	No hay	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay	No hay
LEVE	No hay	No hay	No hay
NIY LEVE	0.0	16.9	0.0
DESRECREABLE	15.9	0.0	0.0

**Litología en el frente:**

Heterogeneidad	Grav. (kg/m³)	γ (kg/cm³)	c (kg/cm²)	φ (gr)	γ <sub>sat</sub> (kg/cm³)	γ <sub>sub</sub> (kg/cm³)
0.0	15.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8	15.0	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0
1.5	14.9	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0
2.2	14.8	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0
3.0	14.5	1.2	2.0	0.0	0.0	0.0
3.8	14.2	1.1	2.5	0.0	0.0	0.0
4.5	13.8	1.1	3.0	0.0	0.0	0.0
5.2	13.4	1.1	3.5	0.0	0.0	0.0
6.0	12.9	1.1	4.0	0.0	0.0	0.0
6.8	12.4	1.1	4.5	0.0	0.0	0.0
7.6	11.8	1.1	5.0	0.0	0.0	0.0
8.3	11.2	1.1	5.5	0.0	0.0	0.0
9.1	10.6	1.1	6.0	0.0	0.0	0.0
9.8	10.0	1.1	6.5	0.0	0.0	0.0
10.6	9.3	1.1	7.0	0.0	0.0	0.0
11.3	8.7	1.1	7.5	0.0	0.0	0.0
12.1	8.1	1.1	8.0	0.0	0.0	0.0
12.9	7.4	1.1	8.5	0.0	0.0	0.0
13.6	6.8	1.1	9.0	0.0	0.0	0.0
14.4	6.2	1.1	9.5	0.0	0.0	0.0
15.1	5.7	1.1	10.0	0.0	0.0	0.0
15.9	5.1	1.1	10.5	0.0	0.0	0.0
16.6	4.6	1.1	11.0	0.0	0.0	0.0
17.4	4.0	1.1	11.5	0.0	0.0	0.0
18.2	3.4	1.1	12.0	0.0	0.0	0.0
19.0	2.9	1.1	12.5	0.0	0.0	0.0
19.7	2.3	1.1	13.0	0.0	0.0	0.0
20.4	1.8	1.1	13.5	0.0	0.0	0.0
21.2	1.2	1.1	14.0	0.0	0.0	0.0
21.9	0.7	1.1	14.5	0.0	0.0	0.0
22.7	0.1	1.1	15.0	0.0	0.0	0.0
23.4	-0.4	1.1	15.5	0.0	0.0	0.0
24.2	-1.0	1.1	16.0	0.0	0.0	0.0
25.0	-1.6	1.1	16.5	0.0	0.0	0.0
25.7	-2.2	1.1	17.0	0.0	0.0	0.0
26.5	-2.8	1.1	17.5	0.0	0.0	0.0
27.2	-3.4	1.1	18.0	0.0	0.0	0.0
28.0	-4.0	1.1	18.5	0.0	0.0	0.0
28.7	-4.6	1.1	19.0	0.0	0.0	0.0
29.5	-5.2	1.1	19.5	0.0	0.0	0.0
30.3	-5.8	1.1	20.0	0.0	0.0	0.0
31.0	-6.4	1.1	20.5	0.0	0.0	0.0
31.8	-7.0	1.1	21.0	0.0	0.0	0.0
32.5	-7.6	1.1	21.5	0.0	0.0	0.0
33.3	-8.2	1.1	22.0	0.0	0.0	0.0
34.0	-8.8	1.1	22.5	0.0	0.0	0.0
34.8	-9.4	1.1	23.0	0.0	0.0	0.0
35.5	-10.0	1.1	23.5	0.0	0.0	0.0
36.3	-10.6	1.1	24.0	0.0	0.0	0.0
37.0	-11.2	1.1	24.5	0.0	0.0	0.0

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERIA-CONSTRUCCION DE LA LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.

PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO, REGION DE LIMA  
Estimación de subsidiencias para el caso de un túnel monotubo.

Escala: 1:1000

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_e$  17,50 m

Diametro del túnel,  $D$  10,2 m

Empresario  
Ingeniería  
Ingeniería



**Tabla de Datos:**

Estación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)
0+00	0,60	15,70	0,0	2,8	3,5000
0+20	0,20	17,38	8,0	2,6	48,0000
0+40	0,20	20,00	15,0	5,4	83,0000
0+60	11,70	22,00	22,0	3,9	366,0000

Punto de inflexión,  $I$  8,97 m

Distancia 3,28

$$I = D = \mu(0,52 \cdot Z_e - 0,21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapozko y Otro (1974)

Estado de suelo: arcilla.

Pérdida de suelo,  $V_1$  0,50 %

Volumen de asiento,  $V_2$  0,409 m<sup>3</sup>/m

Distorsión del asiento: máximos:

$$S_{max} = 2 \cdot \pi \cdot f = 2,5j$$

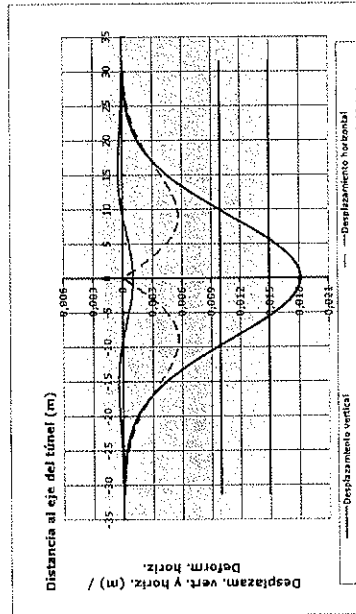
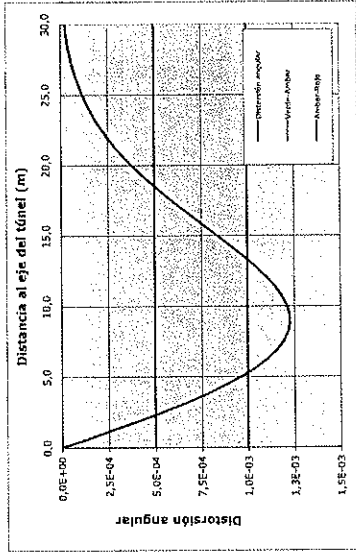
$$S_{min} = 2 \cdot \pi \cdot f = 2,5j$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

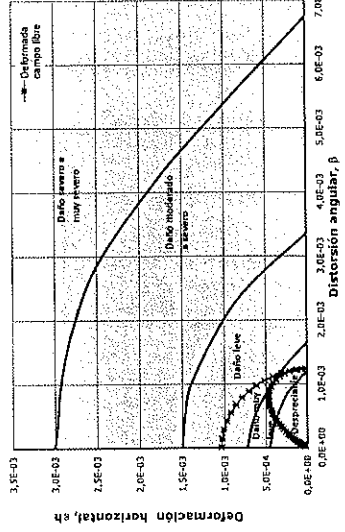
Cálculo del movimiento horizontal máximo:

$$S_{max} = \frac{t}{z} \cdot S_1 = \frac{t}{z} \cdot 0,61 \cdot S_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)



Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Estación	Distancia al eje (m)	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (%)
0+00	0,0	0,0	0,0	0,0
0+20	8,0	8,97	1,0	11,1
0+40	15,0	10,2	1,0	10,2
0+60	22,0	11,7	1,0	11,7

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

CATEGORÍA	Distancia al eje (m)	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (%)
URBANA	0,0	0,0	0,0	0,0
RODIL	0,0	0,0	0,0	0,0
SEVERO	0,0	0,0	0,0	0,0
MODERADO	0,0	0,0	0,0	0,0
LEVE	0,0	0,0	0,0	0,0
DESPREZIGNABLE	0,0	0,0	0,0	0,0

**Homogéneo: Clase I**

Límite en el frente:

Distancia (m)	S <sub>v</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (mm)	S <sub>h</sub> (%)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,6	18,2	1,0	5,5
0,6	19,1	1,0	5,2
1,8	19,8	1,0	5,0
1,8	19,8	1,0	5,0
2,5	17,5	1,0	5,7
3,1	17,1	1,0	5,8
3,8	16,6	1,0	6,0
4,4	16,2	1,0	6,2
5,0	15,8	1,0	6,4
5,7	15,3	1,0	6,5
6,3	14,9	1,0	6,7
6,9	14,5	1,0	6,9
7,5	14,1	1,0	7,1
8,1	13,7	1,0	7,3
8,6	13,3	1,0	7,5
9,4	12,5	1,0	8,0
10,1	9,7	1,0	10,2
10,7	8,9	1,0	11,1
11,3	8,1	1,0	12,1
11,9	7,5	1,0	13,1
12,6	6,8	1,0	14,2
13,2	6,2	1,0	15,5
13,8	5,5	1,0	17,0
14,4	4,9	1,0	18,6
15,1	4,4	1,0	20,5
15,7	3,9	1,0	22,8
16,3	3,5	1,0	25,4
17,0	3,0	1,0	30,0
17,6	2,7	1,0	33,3
18,2	2,5	1,0	36,4
18,9	2,2	1,0	40,9
19,5	1,9	1,0	46,3
20,1	1,5	1,0	53,8
20,7	1,3	1,0	60,0
21,4	1,1	1,0	66,7
22,0	0,9	1,0	75,0
22,6	0,8	1,0	80,0
23,2	0,6	1,0	90,0
23,9	0,5	1,0	100,0
24,5	0,4	1,0	111,1
25,1	0,4	1,0	125,0
25,8	0,3	1,0	150,0
26,4	0,2	1,0	200,0
27,0	0,2	1,0	250,0
27,6	0,2	1,0	300,0
28,3	0,1	1,0	375,0
28,9	0,1	1,0	450,0
29,5	0,1	1,0	525,0
30,2	0,1	1,0	600,0
30,8	0,1	1,0	675,0
31,4	0,0	1,0	750,0

OBSERVACIONES



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GABRIETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO. PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA. Estimación de subsidencias para el caso de un túnel (monotubo).



Datos iniciales de perforación

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $L = 17.40$  m  
Diámetro del túnel,  $D = 3.02$  m

Zona de terreno:

Ente	Profundidad (m)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
K	0.00	17.38	8.0	7.8	25000	0.25 1.0
GP-S	5.20	20.00	13.0	3.4	43000	0.30 1.3
GP-SI	11.40	22.00	32.0	35	36000	0.30 1.3

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I = 8.88$  m

Tensionado,  $1.29$

$f = D = f(1.52)^{1.6} = 0.211$

Nota: la formulación empleada es la de Sagaris y Otero (1974)

Zanadía de suelo de superficie:

Pérdida de suelo,  $V_1 = 0.50$  %  
Volumen de asientos,  $V_2 = 0.409$  m<sup>3</sup>/m

Determinación del lastido máximo:

$S_{max} = 0.018$  m  
 $N_{max} = 2.71 J = 2.5 J$

Nota: la formulación empleada es la de Fecar (1969)

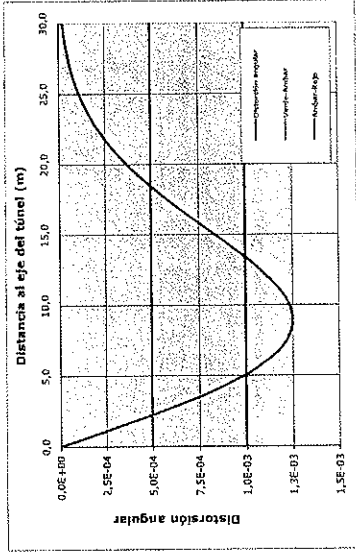
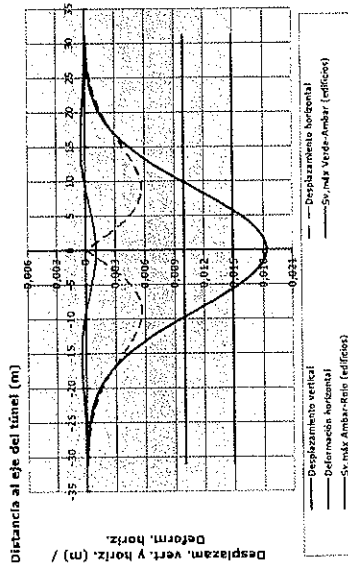
Cálculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0057$  m

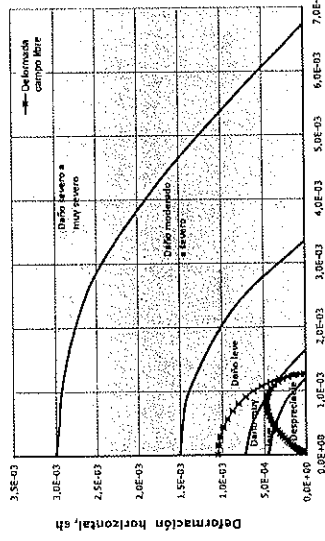
$S_{max} = i \cdot S_1 = (-0.61) \cdot S_{max}$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 24+060



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje Sv (mm)	Al/L	%	Dañado
Edificación	22.0	40.0	0.9	1.73523 1.03E-04 Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANO	De	Da	De	Da
SEVERO	NO BARR	NO BARR	0.0	13.7
AMBIENTADO	NO BARR	NO BARR	18.4	18.4
VERDE	NO BARR	NO BARR	18.4	18.4

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANO	De	Da	De	Da
SEVERO	NO BARR	NO BARR	0.0	13.7
AMBIENTADO	NO BARR	NO BARR	18.4	18.4
VERDE	NO BARR	NO BARR	18.4	18.4

Homogéneo					Límite en el frente				
Dist. al eje (m)	Sv (mm)	Al/L	%	Dañado	Dist. al eje (m)	Sv (mm)	Al/L	%	Dañado
0.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	0.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
0.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	0.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
1.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	1.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
1.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	1.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
2.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	2.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
3.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	3.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
3.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	3.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
4.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	4.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
4.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	4.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
5.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	5.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
6.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	6.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
6.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	6.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
7.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	7.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
7.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	7.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
8.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	8.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
9.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	9.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
9.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	9.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
10.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	10.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
10.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	10.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
11.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	11.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
12.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	12.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
12.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	12.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
13.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	13.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
13.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	13.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
14.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	14.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
15.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	15.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
15.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	15.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
16.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	16.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
16.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	16.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
17.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	17.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
18.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	18.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
18.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	18.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
19.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	19.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
19.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	19.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
20.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	20.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
21.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	21.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
21.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	21.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
22.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	22.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
22.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	22.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
23.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	23.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
24.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	24.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
24.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	24.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
25.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	25.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
25.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	25.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
26.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	26.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
27.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	27.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
27.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	27.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
28.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	28.2	18.3	1.7	0.0	0.11%
28.8	18.3	1.7	0.0	0.11%	28.8	18.3	1.7	0.0	0.11%
29.4	18.3	1.7	0.0	0.11%	29.4	18.3	1.7	0.0	0.11%
30.0	18.3	1.7	0.0	0.11%	30.0	18.3	1.7	0.0	0.11%
30.6	18.3	1.7	0.0	0.11%	30.6	18.3	1.7	0.0	0.11%
31.2	18.3	1.7	0.0	0.11%	31.2	18.3	1.7	0.0	0.11%

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERIA-CONSTRUCCION DE LA LINEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BASICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO. PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGION DE LIMA. Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.

Sección A-A: 21+380



Datos iniciales de estudio:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z = 15.40 m  
Diámetro del túnel, D = 10.2 m

Tubo de protección:

Table with 4 columns: Elemento, Espesor (mm), Modulo de elasticidad (MPa), Coeficiente de Poisson (nu). Rows include H.L., G.P.-5, G.P.-1.

Punto de inflexión, l = 7.45 m

Rosones 1,27

l/D = 0.52, Z/l = 0.21

Nota: la formulación empleada es la de Sapageta y Ocho (1974)

Ecuación de estado asumiendo:

Pérdida de suelo, Vs = 0.50 %

Volumen de asientos, Va = 0.409 m³/m

Determinación del estado máximos:

Smax = 0.032 m

Smin = 2.71 = 2.5 J

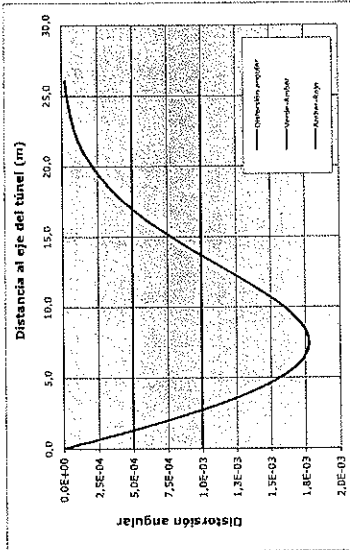
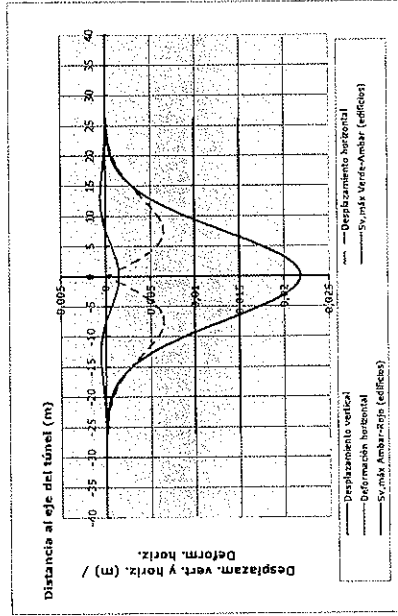
Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

Calculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo, Umax = 0.0065 m

Smax = i \* S0 = i \* (-0.61 \* Smin)

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)



Valoración de daños según Boscarding & Cording (1985)

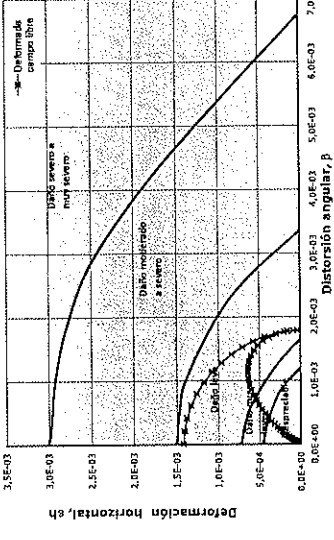


Table with 4 columns: Elemento, Distancia al eje (m), S (mm), Estado. Rows include Edificación, UMBRAL, ROTU, SEVERO, MODERADO, LEVE, RHY LEVE, DESPRECIABLE.

Table with 4 columns: DANO, De, a, No hay, No hay, No hay, No hay. Rows include UMBRAL, ROTU, SEVERO, MODERADO, LEVE, RHY LEVE, DESPRECIABLE.

OBSERVACIONES



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA

Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos básicos de entrada:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $L_e$  15.00 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  10.2 m

**Tabla de Estratos:**

Estrato	Profundidad (m)	Capacidad (KV/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$E_{av}$ (MPa)	$\nu$
R	3.40	16.70	0.0	28	35000	0.30
HL	5.40	17.38	8.0	28	45000	0.25
GP-S	5.30	20.00	15.0	34	43000	0.30
GP-S I	11.00	22.00	32.0	39	36000	0.30

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I$  7.82 m

$\gamma_{max}$  1.27

$$I = D \cdot \gamma \cdot (0.52 - \gamma_{max} - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sepaseta y Deco (1974)

Estimación de suelo afectados:

Pérdida de suelo,  $V_s$  0.50 m<sup>3</sup>

Volúmen de asentamientos,  $V_a$  0.409 m<sup>3</sup>/m

Determinación del asentamiento máximo:

$S_{max}$  0.021 m

$$S_{max} = \frac{2 \cdot \gamma \cdot I}{\gamma_{max}} = 2.5 \cdot I$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

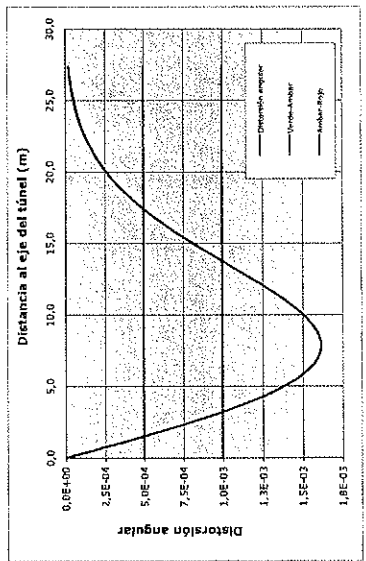
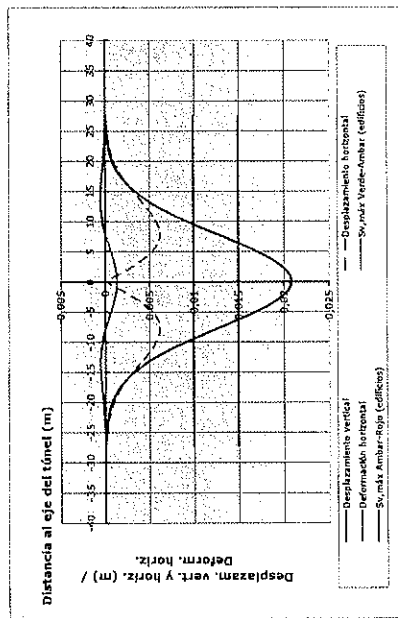
Selección del coeficiente de horizontalización:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0.0062 m

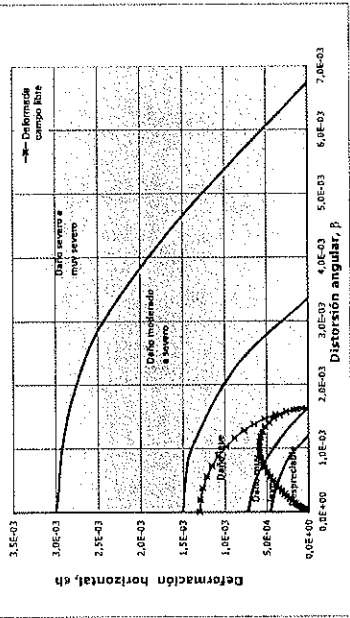
$$S_{max} = \sum z_n \cdot U_n = \sum z_n \cdot (-0.61) \cdot S_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Neil y Neff (1982)

Sección transversal, 21+420



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1985)



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (mm)	AV/L (%)	Daño		
Satisfacción	25.0	40.0	0.1	1.73/23.03/0.14/0.03	Dispersible

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	DA	DA	DA
SEVERO	No hay	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay	No hay
LEVE	0.0	15.4	17.4
MUY LEVE	15.4	18.2	∞
DESPRECIABLE	18.2	∞	∞

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.

PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO, REGIÓN DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.

Datos iniciales de obra:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 39.10$  m  
Diámetro del túnel,  $D = 3.02$  m



Tubo de betón:

Elemento	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (KPA)	Área (m²)	Perímetro (m)
R	1.20	16.70	0.28	15.000	0.30
GP-S	2.20	20.00	0.34	8.000	0.30
GP-S-I	1.60	22.00	0.37	3.660	0.30

Punto de inyección,  $l = 9.27$  m

Tipicidad,  $1.28$

$$f(I) = \eta(0.52 \frac{Z_0}{D} - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Supacsa y Ciro (1974)

Estimación de subsidencia:

Pérdida de suelo,  $V_s = 0.50$  %

Volumen de asientos,  $V_a = 0.409$  m³/m

Deformación del asiento máximo:

$$S_{max} = 0.518$$

$$S_{max} = 2.2 \pi j = 2.51$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

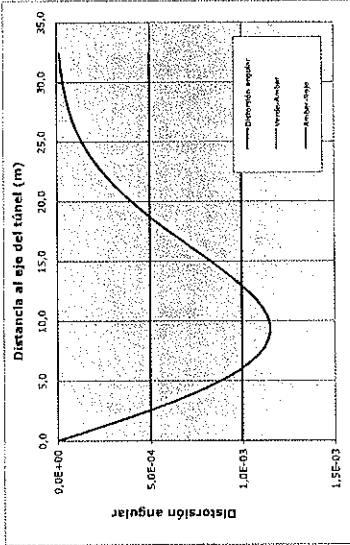
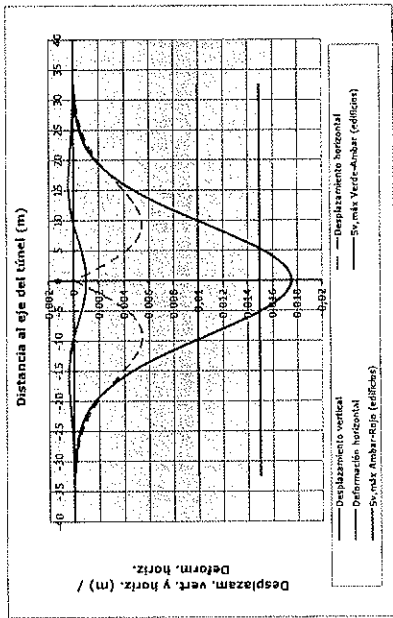
Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0055$  m

$$S_{max} = \frac{f \cdot S_0}{Z_0} = \frac{1 \cdot 0.61 \cdot S_{max}}{Z_0}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 21+580



Librecor en el frente:

Homogéneo	Distorsión angular (%)	Rotación de la fibra (%)	Rotación de la fibra (%)	Rotación de la fibra (%)
0.0	7.76	1.79	0.0	0.10%
0.6	17.5	1.7551	0.6	0.10%
1.2	17.4	1.7562	1.2	0.09%
1.8	16.9	1.7558	1.8	0.09%
2.4	16.5	1.7555	2.4	0.09%
3.0	16.5	1.7562	3.0	0.08%
3.6	16.1	1.7571	3.6	0.08%
4.2	15.6	1.7573	4.2	0.08%
4.8	15.4	1.7574	4.8	0.08%
5.4	14.4	1.7581	5.4	0.08%
6.0	13.8	1.7582	6.0	0.08%
6.6	13.1	1.7581	6.6	0.08%
7.2	12.4	1.7579	7.2	0.08%
7.8	11.6	1.7573	7.8	0.08%
8.4	10.9	1.7576	8.4	0.08%
9.0	10.3	1.7574	9.0	0.08%
9.6	10.1	1.7574	9.6	0.08%
10.2	9.4	1.7581	10.2	0.08%
10.8	8.7	1.7585	10.8	0.08%
11.4	8.1	1.7580	11.4	0.08%
12.0	7.3	1.7580	12.0	0.08%
12.6	6.6	1.7583	12.6	0.08%
13.2	6.0	1.7587	13.2	0.08%
13.8	5.4	1.7585	13.8	0.08%
14.4	4.8	1.7583	14.4	0.08%
15.0	4.3	1.7583	15.0	0.08%
15.6	3.8	1.7583	15.6	0.08%
16.2	3.4	1.7581	16.2	0.08%
16.8	2.9	1.7584	16.8	0.08%
17.4	2.6	1.7585	17.4	0.08%
18.0	2.2	1.7589	18.0	0.08%
18.6	1.9	1.7589	18.6	0.08%
19.2	1.6	1.7589	19.2	0.08%
19.8	1.4	1.7589	19.8	0.08%
20.4	1.2	1.7589	20.4	0.08%
21.0	1.0	1.7589	21.0	0.08%
21.6	0.9	1.7589	21.6	0.08%
22.2	0.8	1.7589	22.2	0.08%
22.8	0.7	1.7589	22.8	0.08%
23.4	0.6	1.7589	23.4	0.08%
24.0	0.5	1.7589	24.0	0.08%
24.6	0.4	1.7589	24.6	0.08%
25.2	0.3	1.7589	25.2	0.08%
25.8	0.3	1.7589	25.8	0.08%
26.4	0.3	1.7589	26.4	0.08%
27.0	0.2	1.7589	27.0	0.08%
27.6	0.2	1.7589	27.6	0.08%
28.2	0.2	1.7589	28.2	0.08%
28.8	0.1	1.7589	28.8	0.08%
29.4	0.1	1.7589	29.4	0.08%
30.0	0.1	1.7589	30.0	0.08%
30.6	0.1	1.7589	30.6	0.08%
31.2	0.1	1.7589	31.2	0.08%
31.8	0.1	1.7589	31.8	0.08%
32.4	0.1	1.7589	32.4	0.08%

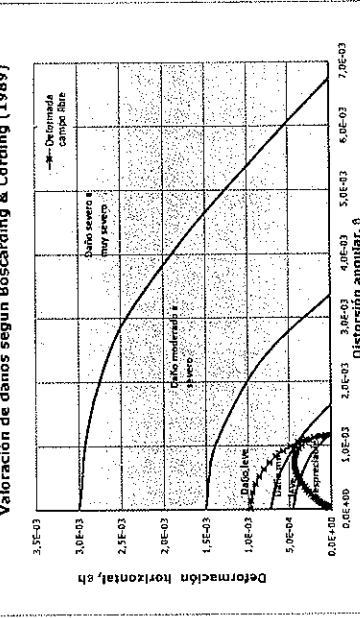
RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distorsión angular (%)	AL/L	AL/L	Dato
LIBRECOR:	22.0	40.0	1.7589	2.92E-04 Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANO	De	a	UMBRAL	De	a
SEVERO	No hay	No hay	ROJO	0.0	13.3
MODERADO	No hay	No hay	AMARILLO	13.3	26.6
LEVE	0.0	6.4	VERDE	13.3	∞
MUY LEVE	6.4	13.3			
DESPRECIABLE	13.3	∞			

Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



OBSERVACIONES

**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de excavación:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_e$ : 18.30 m  
 Diámetro del túnel, D: 10.2 m

**Tipo de terreno:**

Espequeño	Y	c	$\phi$ (°)	$\sigma_{vm}$ (KPa)	$\sigma_{vm}$ (KPa)	$\sigma_{vm}$ (KPa)
R	1.20	16.70	0.0	28	35000	0.30 1.0
GP-S4	2.60	20.00	33.0	34	83000	0.30 1.3
GP-S7	15.20	22.00	32.0	39	200000	0.20 1.2

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión, I: 9.85 m

Resistencia: 1.28

$$I: D = n(0.52) \sqrt{D} - 0.211$$

*Nota: la formulación empleada es la de Saprata y Otero (1974)*

**Escala de suelo arcillosa:**

Permeabilidad de suelo,  $V_s$ : 0.50 %

Volumen de estentón,  $V_s$ : 0.409 m<sup>3</sup>/m

**Determinación del asiento máximo:**

$N_{max} = 0.017 \cdot m$

$$N_{max} = 2.7 \cdot I = 2.5 J$$

*Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)*

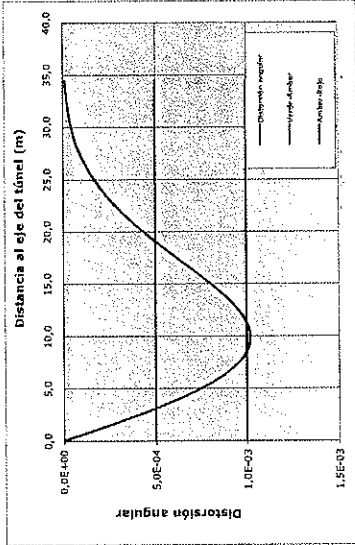
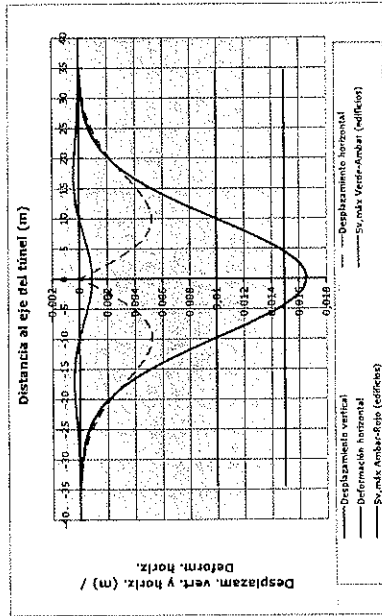
**Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:**

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max}$ : 0.0053 m

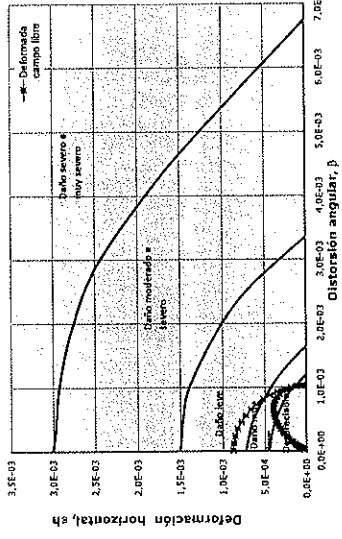
$$N_{max} = \frac{f \cdot N_1}{z_0} = \frac{f \cdot 0.61 \cdot N_{max}}{z_0}$$

*Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)*

**Sección a analizar: 21+690**



**Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	AL/L	εh	Daño
Estimación	20.0	40.0	2.1	1.7-2.000 2.48E-04 Despreciable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DAÑO	De	a
EFERVO	NO EXISTE	NO EXISTE
DAÑO SEVERO	NO EXISTE	NO EXISTE
DAÑO MODERADO	NO EXISTE	NO EXISTE
MUY LEVE	5.5	19.3
DESPRECIABLE	19.3	∞

UNIDAD	De	a
VERDE	10.1	∞

**OBSERVACIONES**



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.

PRONTOCIAS DE LIMA Y CALLAO, REGIÓN DE LIMA  
Estimación de subsidiencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos de las sondajes:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z: 17.80 m  
Diámetro del túnel, D: 10.2 m

**Tubo de Recorrido:**

Profundidad (m)	Diámetro (mm)	Área (cm²)	Perímetro (cm)	Área (cm²)	Perímetro (cm)
0.0	102	8167	127	8167	127
0.6	102	8167	127	8167	127
1.3	102	8167	127	8167	127
2.0	102	8167	127	8167	127
2.7	102	8167	127	8167	127
3.4	102	8167	127 </tr		

Punto de inflexión, i: 9.02 m

Homogeneo 1.27

Nota: la formulación empleada es la de Sapiezka y Otro (1974)  
 $i: D = \eta(0.52 - D)$

Pérdida de suelo,  $V_s$ : 0.50 %

Volumen de asiento,  $V_a$ : 0.409 m³/m

Determinación del asiento máximo:

$$U_{max} = 0.018 \text{ m}$$

$$V_{max} = 2.2 \cdot i \approx 2.5 \text{ l}$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

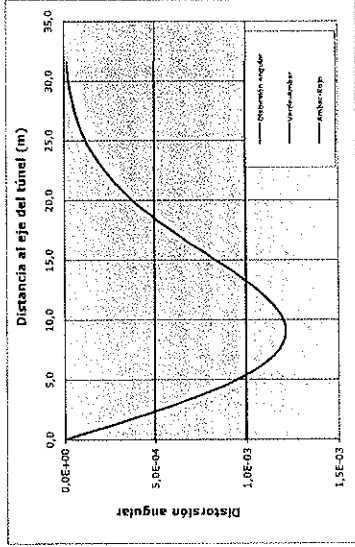
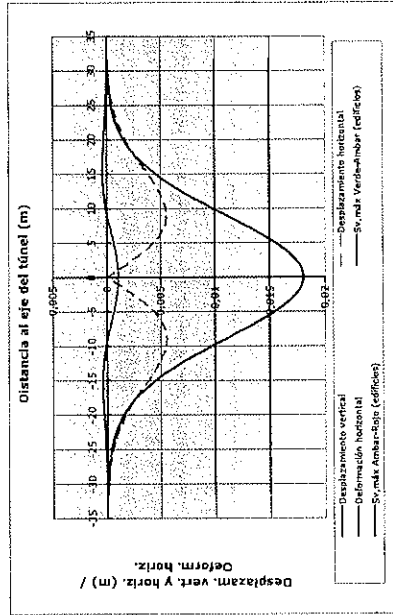
Cálculo del movimiento horizontal máximo:

$$S_{max} = \frac{V_a}{Z} = \frac{0.409}{17.80} = 0.0229 \text{ m}$$

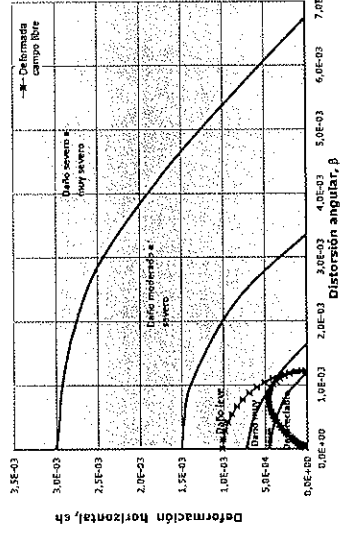
$$S_{max} = \frac{V_a}{Z} = \frac{0.409}{17.80} = 0.0229 \text{ m}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 21+990



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	AL (mm)	DL (mm)	Daño
Edificación	20.0	40.0	3.0	1.7 (4.2) 3.5 (8.4) Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

Daño	De	a
SEVERO	No hay	No hay
MODERADO	No hay	No hay
LEVE	0.0	6.7
MUY LEVE	6.7	19.1
DESPRECIABLE	19.1	∞

Libre en el frente:

Distancia (m)	AL (mm)	DL (mm)	Daño (%)
0.0	10.1	1.0	0.0
0.6	19.0	1.7	0.10%
1.3	17.9	1.3	0.15%
2.0	17.4	1.1	0.15%
2.7	17.4	1.1	0.15%
3.4	17.0	1.1	0.18%
4.1	16.5	1.1	0.28%
4.8	15.0	1.1	0.20%
5.5	14.8	1.1	0.25%
6.2	14.1	1.1	0.58%
6.9	13.4	1.1	0.92%
7.6	12.7	1.1	1.02%
8.3	11.9	1.1	0.80%
9.0	11.2	1.1	0.60%
9.7	10.4	1.1	0.51%
10.4	9.7	1.1	0.51%
11.1	8.9	1.1	0.52%
11.8	8.2	1.1	0.50%
12.5	7.5	1.1	0.48%
13.2	6.8	1.1	0.48%
13.9	6.1	1.1	0.58%
14.6	5.5	1.1	0.69%
15.3	4.9	1.1	0.80%
16.0	4.3	1.1	0.92%
16.7	3.7	1.1	1.02%
17.4	3.1	1.1	1.12%
18.1	2.5	1.1	1.22%
18.8	2.0	1.1	1.32%
19.5	1.5	1.1	1.42%
20.2	1.0	1.1	1.52%
20.9	0.5	1.1	1.62%
21.6	0.0	1.1	1.72%
22.3	0.0	1.1	1.82%
23.0	0.0	1.1	1.92%
23.7	0.0	1.1	2.02%
24.4	0.0	1.1	2.12%
25.1	0.0	1.1	2.22%
25.8	0.0	1.1	2.32%
26.5	0.0	1.1	2.42%
27.2	0.0	1.1	2.52%
27.9	0.0	1.1	2.62%
28.6	0.0	1.1	2.72%
29.3	0.0	1.1	2.82%
30.0	0.0	1.1	2.92%
30.7	0.0	1.1	3.02%
31.4	0.0	1.1	3.12%
32.1	0.0	1.1	3.22%
32.8	0.0	1.1	3.32%
33.5	0.0	1.1	3.42%
34.2	0.0	1.1	3.52%
34.9	0.0	1.1	3.62%
35.6	0.0	1.1	3.72%
36.3	0.0	1.1	3.82%
37.0	0.0	1.1	3.92%
37.7	0.0	1.1	4.02%
38.4	0.0	1.1	4.12%
39.1	0.0	1.1	4.22%
39.8	0.0	1.1	4.32%
40.5	0.0	1.1	4.42%
41.2	0.0	1.1	4.52%
41.9	0.0	1.1	4.62%
42.6	0.0	1.1	4.72%
43.3	0.0	1.1	4.82%
44.0	0.0	1.1	4.92%
44.7	0.0	1.1	5.02%
45.4	0.0	1.1	5.12%
46.1	0.0	1.1	5.22%
46.8	0.0	1.1	5.32%
47.5	0.0	1.1	5.42%
48.2	0.0	1.1	5.52%
48.9	0.0	1.1	5.62%
49.6	0.0	1.1	5.72%
50.3	0.0	1.1	5.82%
51.0	0.0	1.1	5.92%
51.7	0.0	1.1	6.02%
52.4	0.0	1.1	6.12%
53.1	0.0	1.1	6.22%
53.8	0.0	1.1	6.32%
54.5	0.0	1.1	6.42%
55.2	0.0	1.1	6.52%
55.9	0.0	1.1	6.62%
56.6	0.0	1.1	6.72%
57.3	0.0	1.1	6.82%
58.0	0.0	1.1	6.92%
58.7	0.0	1.1	7.02%
59.4	0.0	1.1	7.12%
60.1	0.0	1.1	7.22%
60.8	0.0	1.1	7.32%
61.5	0.0	1.1	7.42%
62.2	0.0	1.1	7.52%
62.9	0.0	1.1	7.62%
63.6	0.0	1.1	7.72%
64.3	0.0	1.1	7.82%
65.0	0.0	1.1	7.92%
65.7	0.0	1.1	8.02%
66.4	0.0	1.1	8.12%
67.1	0.0	1.1	8.22%
67.8	0.0	1.1	8.32%
68.5	0.0	1.1	8.42%
69.2	0.0	1.1	8.52%
69.9	0.0	1.1	8.62%
70.6	0.0	1.1	8.72%
71.3	0.0	1.1	8.82%
72.0	0.0	1.1	8.92%
72.7	0.0	1.1	9.02%
73.4	0.0	1.1	9.12%
74.1	0.0	1.1	9.22%
74.8	0.0	1.1	9.32%
75.5	0.0	1.1	9.42%
76.2	0.0	1.1	9.52%
76.9	0.0	1.1	9.62%
77.6	0.0	1.1	9.72%
78.3	0.0	1.1	9.82%
79.0	0.0	1.1	9.92%
79.7	0.0	1.1	10.02%
80.4	0.0	1.1	10.12%
81.1	0.0	1.1	10.22%
81.8	0.0	1.1	10.32%
82.5	0.0	1.1	10.42%
83.2	0.0	1.1	10.52%
83.9	0.0	1.1	10.62%
84.6	0.0	1.1	10.72%
85.3	0.0	1.1	10.82%
86.0	0.0	1.1	10.92%
86.7	0.0	1.1	11.02%
87.4	0.0	1.1	11.12%
88.1	0.0	1.1	11.22%
88.8	0.0	1.1	11.32%
89.5	0.0	1.1	11.42%
90.2	0.0	1.1	11.52%
90.9	0.0	1.1	11.62%
91.6	0.0	1.1	11.72%
92.3	0.0	1.1	11.82%
93.0	0.0	1.1	11.92%
93.7	0.0	1.1	12.02%
94.4	0.0	1.1	12.12%
95.1	0.0	1.1	12.22%
95.8	0.0	1.1	12.32%
96.5	0.0	1.1	12.42%
97.2	0.0	1.1	12.52%
97.9	0.0	1.1	12.62%
98.6	0.0	1.1	12.72%
99.3	0.0	1.1	12.82%
100.0	0.0	1.1	12.92%

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 7 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.  
PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel inonotubo.



Datos iniciales de excavación:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z: 317.50 m  
Diámetro del túnel, D: 3.102 m

Zona de terreno:

Elemento	Clase	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (MPa)	σ <sub>v</sub> (%)
R	1	18.0	0.0	0.0	35000	0.30	1.0
GP-S	3	20.00	3.0	34	81000	0.30	1.3
GP-S	4	22.00	22.0	39	368000	0.30	1.3

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión, l: 8.87 m

Excentricidad: 1.27

$$i : l = \eta(0.52 \frac{Z}{D} - 0.211)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapateo y Oteo (1974)

Pérdida de suelo, V<sub>s</sub>: 0.450 m³/m

Pérdida de asiento, V<sub>a</sub>: 0.50 %

Volumen de asentamiento, V<sub>v</sub>: 2.5 j

Determinación del asentamiento máximo:

$$u_{max} = 0.018 \cdot m$$

$$S_{max} = 2.7 \cdot j \approx 2.5 j$$

Nota: la formulación empleada es la de Neek (1962)

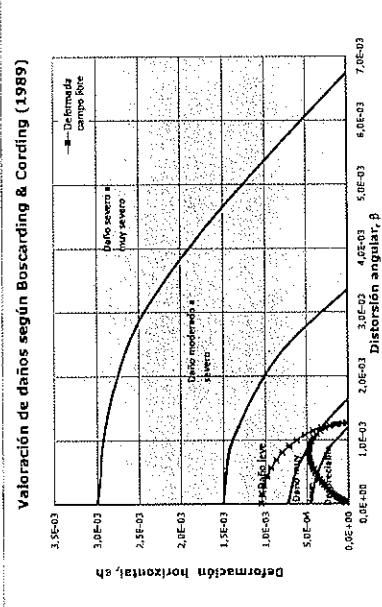
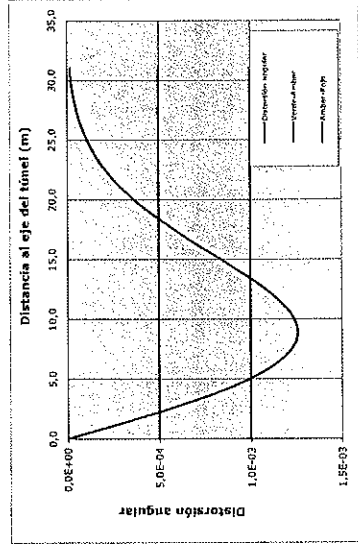
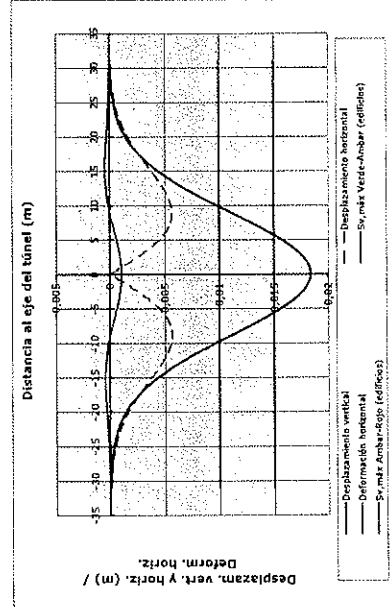
Cálculo del asentamiento horizontal máximo:

$$u_{max} = 0.0057 \cdot m$$

$$S_{max} = i \cdot N_1 = i \cdot 0.61 \cdot N_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & Herr (1982)

Sección a analizar: 22+000



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje, Sv (mm)	AI / I <sub>0</sub>	AI / I <sub>1</sub>	Distorsión angular
Edificación	250	40.0	3.9	17.346 3.35-04 [DESCRIBIBLE]

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DAÑO	Dc	n
SEVERO	0.0	13.4
MODERADO	0.0	13.9
LEVE	0.0	19.1
MUY LEVE	13.9	19.1
DESCRIBIBLE	19.1	∞

UMBRAL	Dc	n
ROJO	0.0	13.4
AMARILLO	0.0	13.9
VERDE	19.1	∞

Límite en el frente:

Homogéneo	Distorsión angular	AI / I <sub>0</sub>	AI / I <sub>1</sub>	Distorsión angular (%)
0.0	16.4	1.0	0.0	0.11%
0.6	18.2	1.5	0.7	0.10%
1.2	18.2	1.5	0.7	0.10%
1.8	18.2	1.5	0.7	0.10%
2.4	18.2	1.5	0.7	0.10%
3.0	17.3	1.065	0.5	0.09%
3.7	16.8	1.1254	0.6	0.08%
4.2	16.3	1.110	0.6	0.07%
5.0	15.7	1.057	0.5	0.06%
5.8	14.9	1.080	0.5	0.04%
6.6	13.7	1.843	0.3	0.03%
7.4	12.9	1.817	0.3	0.02%
8.2	12.2	1.802	0.3	0.02%
9.0	11.6	1.797	0.3	0.01%
9.8	11.0	1.797	0.3	0.01%
10.6	10.4	1.823	0.3	0.01%
11.2	9.7	1.807	0.3	0.01%
11.8	9.0	1.792	0.3	0.01%
12.4	8.3	1.818	0.3	0.01%
13.0	7.6	1.807	0.3	0.01%
13.7	6.9	1.823	0.3	0.01%
14.3	6.2	1.807	0.3	0.01%
14.9	5.5	1.823	0.3	0.01%
15.2	4.9	1.818	0.3	0.01%
15.8	4.2	1.802	0.3	0.01%
16.8	3.5	1.838	0.2	0.01%
17.4	2.7	1.855	0.2	0.01%
18.0	2.2	1.865	0.2	0.01%
18.6	2.0	1.863	0.2	0.01%
19.2	1.7	1.848	0.2	0.01%
19.8	1.5	1.848	0.2	0.01%
20.3	1.3	1.809	0.2	0.01%
21.1	1.1	1.844	0.2	0.01%
21.7	0.9	1.858	0.2	0.01%
22.3	0.8	1.858	0.2	0.01%
23.0	0.6	1.823	0.2	0.01%
23.6	0.5	1.838	0.2	0.01%
24.2	0.4	1.863	0.2	0.01%
24.8	0.4	1.863	0.2	0.01%
25.4	0.3	1.838	0.2	0.01%
26.1	0.2	1.837	0.2	0.01%
26.7	0.2	1.863	0.2	0.01%
27.3	0.2	1.863	0.2	0.01%
27.9	0.1	1.863	0.2	0.01%
28.6	0.1	1.863	0.2	0.01%
29.2	0.1	1.863	0.2	0.01%
29.8	0.1	1.863	0.2	0.01%
30.4	0.1	1.863	0.2	0.01%
31.0	0.1	1.863	0.2	0.01%
31.6	0.1	1.863	0.2	0.01%
32.0	0.1	1.863	0.2	0.01%

OBSERVACIONES

**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA 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 DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.**



**Datos iniciales de partida:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_e = 15.20$  m  
 Diámetro del túnel,  $D = 10.20$  m

**Tubo de concreto:**

Enteñón	R	ES	Y (m)	V (m³)	$\sigma_c$ (kg/cm²)	$\sigma_s$ (kg/cm²)	$\sigma_{cs}$ (kg/cm²)	$\sigma_{cs}$ (kg/cm²)	$\sigma_{cs}$ (kg/cm²)
1	1.60	16.70	0.0	28	35000	0.39	1.0		
2	3.20	20.00	15.0	34	33000	0.30	1.3		
3	4.80	22.00	34.0	35	30000	0.30	1.3		

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión,  $Y = 7.31$  m  
 Ordenada,  $1.27$

$$f/L = H(0.52 \sqrt{D} - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Sepkoski y Otros (1974)

**Estadística de serie correlada:**

Pendiente de suelta,  $V_L = 0.50$  %  
 Volumen de asentamiento,  $V_s = 0.409$  m³/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

$$S_{max} = 0.022 \text{ m}$$

$$N_{max} = 2.7 \cdot f = 2.5 \cdot f$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

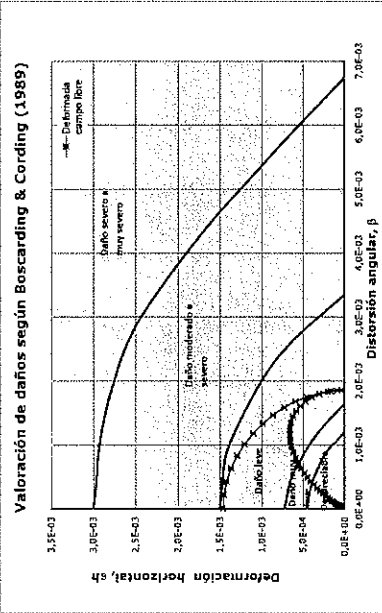
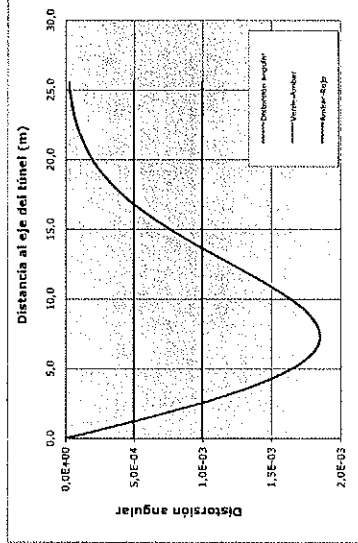
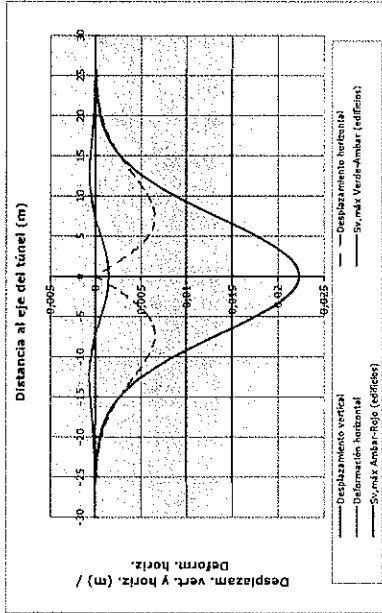
**Cálculo del asentamiento horizontal máximo:**

$$S_{horizontal} = f \cdot N_s = f \cdot 0.61 \cdot N_{max}$$

Asentamiento horizontal máximo,  $H_{max} = 0.0965$  m

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

**Sección a analizar: 22+760**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	Sv (mm)	Av (mm)	Av/Sv	Daño	
Estimación	18.0	49.0	3.3	3.7	3.85E-04	Indistinguible

**Distancias horizontales a eje del túnel (m)**

DANO	Dv	H
SEVERO	No hay	No hay
MUY SEVERO	No hay	No hay
LEVE	0.0	15.3
MUY LEVE	15.3	17.6
DESPRECIABLE	17.6	∞

**Distancias horizontales a eje del túnel (m)**

UMBRAL	Dv	H
ROJO	0.0	13.6
AMARILLO	13.6	16.8
VERDE	16.8	∞

**OBSERVACIONES**







**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA Z Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.**  
**PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**  
**Estimación de subsidencias para el caso de un túnel montacabo.**

**ayeso** Espesimetría-Informática-Integrada

**Datos iniciales de excavación:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  35.00 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  3.02 m

**Tipo de terreno:**

Espección	Y (m)	X (m)	$\sigma_v$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_h$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{vm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{hm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
EP-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Determinación del punto de inclinación:**

Punto de inclinación,  $I$  7.89 m

$\gamma_{saturado}$  1.28

$$I / D = \mu(0.52 \frac{Z_0}{I} - 0.21)$$

*Nota:* la formulación empleada es la de Segaseta y Oteo (1974)

**Estadística de suelo en función:**

Pérdida de suco,  $V_s$  0.50 %

Volumen de asientos,  $V_a$  0.09 m<sup>3</sup>/m

**Determinación del límite máximo:**

$$s_{max} = 0.021 m$$

$$s_{max} = 2.71 \cdot I$$

*Nota:* la formulación empleada es la de Peck (1969)

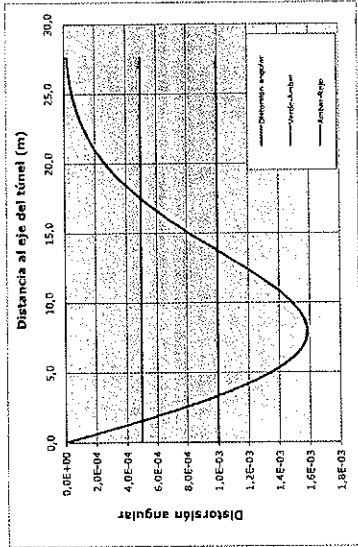
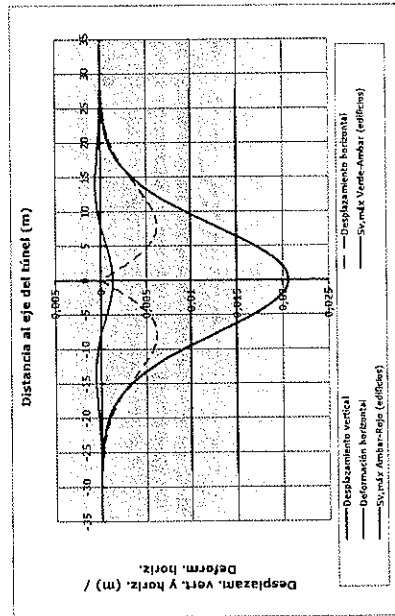
**Século del desplazamiento horizontal máximo:**

$$S_{max} = t - S_y = t - 0.61 \cdot \gamma_{vm}$$

$$S_{max} = t - S_y = t - 0.61 \cdot \gamma_{vm}$$

*Nota:* la formulación empleada es la de D. Reilly & New (1982)

**Sección a analizar:** Z2+665



**Homogeneidad**

Elemento	Distancia al eje (m)	Sv (mm)	Sh (mm)	Ang (gr)	Ang (%)
0.0E+00	0.0	20.7	1.7	0.0	0.13%
0.6E+00	20.5	17.5	1.7	0.0	0.13%
1.2E+00	20.5	17.2	1.7	0.0	0.13%
1.8E+00	19.5	17.2	1.7	0.0	0.13%
2.4E+00	19.5	17.2	1.7	0.0	0.13%
3.0E+00	19.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
3.6E+00	18.9	17.1	1.7	0.0	0.13%
4.2E+00	18.3	17.1	1.7	0.0	0.13%
4.8E+00	17.7	17.1	1.7	0.0	0.13%
5.4E+00	17.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
6.0E+00	16.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
6.6E+00	16.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
7.2E+00	15.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
7.8E+00	14.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
8.4E+00	14.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
9.0E+00	13.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
9.6E+00	13.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
10.2E+00	12.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
10.8E+00	11.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
11.4E+00	11.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
12.0E+00	10.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
12.6E+00	10.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
13.2E+00	9.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
13.8E+00	8.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
14.4E+00	8.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
15.0E+00	7.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
15.6E+00	7.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
16.2E+00	6.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
16.8E+00	5.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
17.4E+00	5.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
18.0E+00	4.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
18.6E+00	4.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
19.2E+00	3.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
19.8E+00	2.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
20.4E+00	2.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
21.0E+00	1.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
21.6E+00	1.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
22.2E+00	0.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
22.8E+00	-0.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
23.4E+00	-0.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
24.0E+00	-1.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
24.6E+00	-2.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
25.2E+00	-2.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
25.8E+00	-3.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
26.4E+00	-3.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
27.0E+00	-4.4	17.1	1.7	0.0	0.13%
27.6E+00	-5.0	17.1	1.7	0.0	0.13%
28.2E+00	-5.6	17.1	1.7	0.0	0.13%
28.8E+00	-6.2	17.1	1.7	0.0	0.13%
29.4E+00	-6.8	17.1	1.7	0.0	0.13%
30.0E+00	-7.4	17.1	1.7	0.0	0.13%

**RESUMEN DE RESULTADOS**

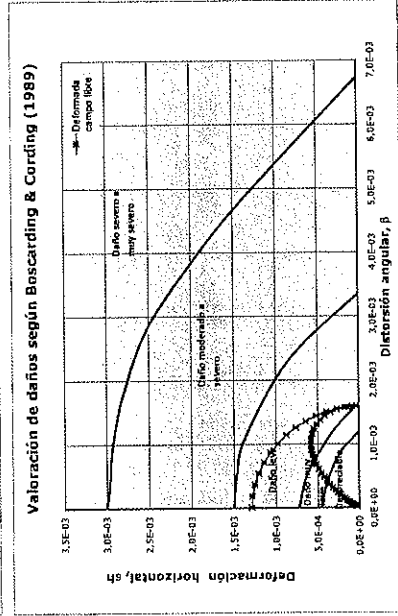
Elemento	Distancia al eje Sv (mm)	Sh (mm)	Ang (gr)	Ang (%)
0.0E+00	20.7	1.7	0.0	0.13%
0.6E+00	17.5	1.7	0.0	0.13%
1.2E+00	17.2	1.7	0.0	0.13%
1.8E+00	17.2	1.7	0.0	0.13%
2.4E+00	17.2	1.7	0.0	0.13%
3.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
3.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
4.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
4.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
5.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
6.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
6.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
7.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
7.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
8.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
9.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
9.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
10.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
10.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
11.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
12.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
12.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
13.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
13.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
14.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
15.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
15.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
16.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
16.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
17.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
18.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
18.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
19.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
19.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
20.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
21.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
21.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
22.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
22.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
23.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
24.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
24.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
25.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
25.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
26.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
27.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
27.6E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
28.2E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
28.8E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
29.4E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%
30.0E+00	17.1	1.7	0.0	0.13%

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	Da
SEVERO	0.0	15.7
MODERADO	0.0	15.4
LEVE	0.0	18.3
MUY LEVE	15.4	18.3
DESPRECIABLE	18.3	∞

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	Da
SEVERO	0.0	15.7
MODERADO	0.0	15.4
LEVE	0.0	18.3
MUY LEVE	15.4	18.3
DESPRECIABLE	18.3	∞



**OBSERVACIONES**

**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
 Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



**Datos iniciales de excavación:**

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_e$ : 17.50 m  
 Diámetro del túnel,  $D$ : 10.2 m

**Tipo de terreno:**

Episodio	V <sub>1</sub> (m)	V <sub>2</sub> (m)	c (kPa)	φ (°)	γ (kN/m³)	γ <sub>sat</sub> (kN/m³)	U (%)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>v</sub> (kPa)
R	3.10	16.79	0.0	28	25000	0.30	1.0				
M	0.00	17.38	8.0	26	45000	0.25	1.0				
GP-S	4.50	20.00	15.0	28	81000	0.30	1.2				
GP-SI	31.00	32.00	24.0	29	300000	0.20	1.0				

**Determinación del punto de inflexión:**

Punto de inflexión,  $I$ : 8.88 m

Trasvase: 3.28

$$I : D = 0.52 \quad Z_{in} : D = 0.21$$

*Nota: la formulación empleada es la de Sapsis y Oteo (1974)*

**Estimación de la pérdida de suelo:**

Pérdida de suelo,  $V_s$ : 0.50 %

Volumen de asientos,  $V_a$ : 0.409 m³/m

**Determinación del asentamiento máximo:**

$S_{max} = 2.51$

$$S_{max} = \frac{V_a}{\gamma_{sat}} = \frac{0.409}{0.16} = 2.51$$

*Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)*

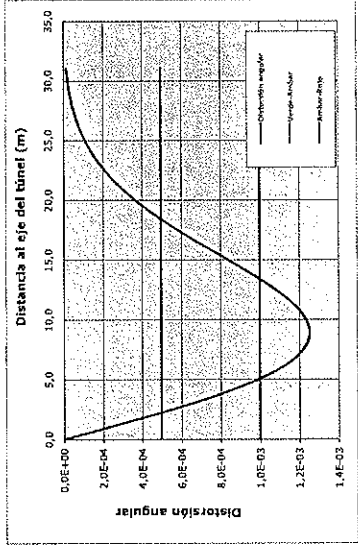
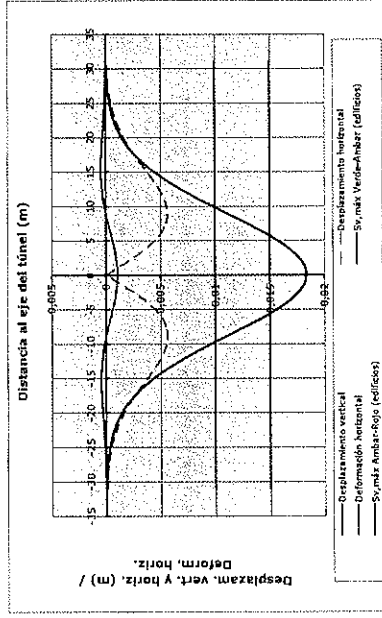
**Cálculo del movimiento horizontal máximo:**

Asentamiento horizontal máximo,  $U_{max}$ : 0.0057 m

$$S_{max} = \frac{U_{max}}{Z_{in}} = \frac{0.0057}{0.21} = 0.011 \cdot N_{max}$$

*Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & Peck (1982)*

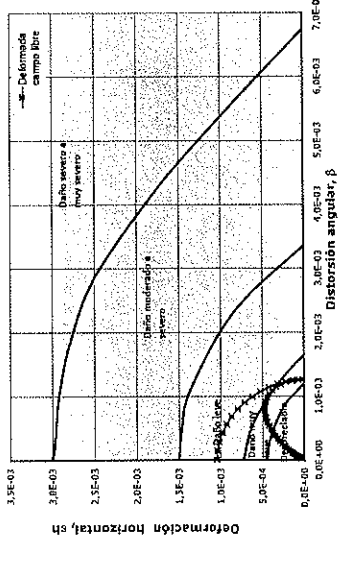
**Sección a analizar: 22+820**



Libre en el frente:

Distancia (m)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (%)
0.0	10.4	1.7	0.0
0.6	19.2	1.7	0.10%
1.2	18.6	1.7	0.10%
1.8	17.9	1.7	0.10%
2.4	17.2	1.7	0.09%
3.1	17.3	1.7	0.09%
3.7	16.8	1.7	0.08%
4.4	16.9	1.7	0.08%
5.1	16.3	1.7	0.07%
5.8	15.1	1.7	0.05%
6.2	14.4	1.7	0.04%
6.8	13.6	1.7	0.03%
7.5	12.9	1.7	0.03%
8.2	12.4	1.7	0.02%
8.8	11.4	1.7	0.02%
9.3	10.6	1.7	0.01%
9.9	9.8	1.7	0.01%
10.6	9.0	1.7	0.01%
11.2	8.2	1.7	0.01%
11.8	7.5	1.7	0.01%
12.4	6.8	1.7	0.01%
13.1	6.2	1.7	0.01%
13.7	5.6	1.7	0.01%
14.4	5.0	1.7	0.01%
15.1	4.5	1.7	0.01%
15.8	4.0	1.7	0.01%
16.5	3.5	1.7	0.01%
17.2	2.7	1.7	0.01%
18.0	2.3	1.7	0.01%
18.6	2.0	1.7	0.01%
19.3	1.8	1.7	0.01%
19.9	1.5	1.7	0.01%
20.5	1.3	1.7	0.01%
21.1	1.1	1.7	0.01%
21.8	0.9	1.7	0.01%
22.4	0.8	1.7	0.01%
23.0	0.7	1.7	0.01%
23.6	0.5	1.7	0.01%
24.2	0.4	1.7	0.01%
24.9	0.4	1.7	0.01%
25.5	0.3	1.7	0.01%
26.1	0.2	1.7	0.01%
26.8	0.2	1.7	0.01%
27.4	0.2	1.7	0.01%
28.0	0.1	1.7	0.01%
28.5	0.1	1.7	0.01%
29.2	0.1	1.7	0.01%
29.8	0.1	1.7	0.01%
30.4	0.1	1.7	0.01%
31.1	0.0	1.7	0.01%

**Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje (m)	Sv (mm)	ΔI/I (%)	ΔI/I (%)	Dato
Edificación	25.0	20.0	0.4	1.8703	Indispensable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	a
SEVERO	0.0	13.4
ROJO	0.0	13.4
AMARILLO	0.0	13.4
VERDE	0.0	13.4

OBSERVACIONES



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 3 Y RAMAL AY. FAUCETT-GAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.  
PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de excavación:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  13.740 m  
Diámetro del túnel,  $D$  10.2 m

Tipo de terreno:

Ente	Espesor (m)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (KPa)	$\gamma_{sat}$ (KPa)
R	0.30	16.70	0.0	28	35.000
ML	0.00	17.48	8.0	26	45.000
GP-S1	4.00	20.00	15.0	24	45.000
GP-S2	25.90	24.00	24.0	39	38.000

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I$  8.84 m

Dimensiones:

$$I/D = 0.52 \quad I_{cr} = -0.21$$

Nota: la formulación empleada es la de Sogaoka y Oteo (1974)

Estimación de la acción azimutal:

Pérdida de agua,  $V_L$  0.50 %

Volumen de asientos,  $V_s$  0.409 m<sup>3</sup>/m

Determinación del asentamiento máximo:

$S_{max}$  0.018 m

$$S_{max} = 2.7 \cdot I = 2.5 I$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

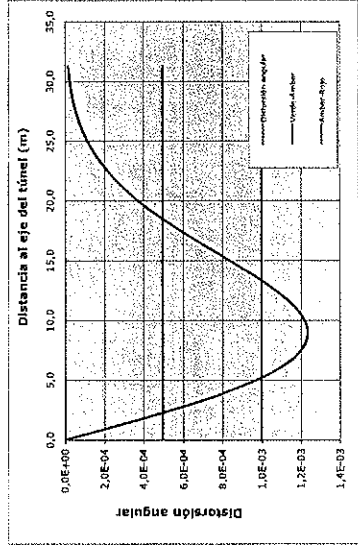
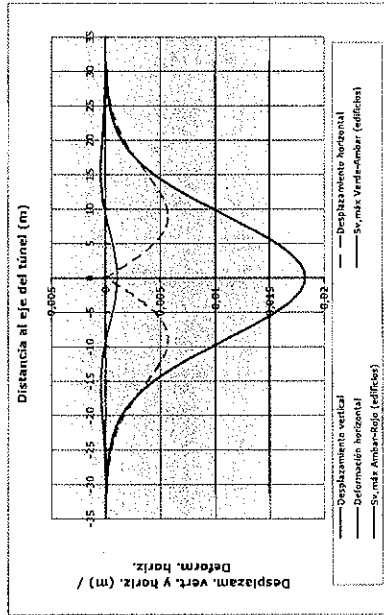
Estimación del asentamiento horizontal máximo:

Asentamiento horizontal máximo,  $U_{max}$  0.0057 m

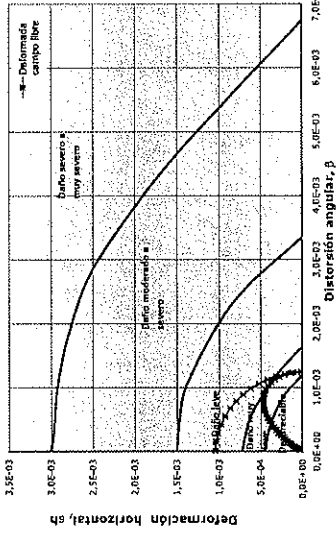
$$S_{x,max} = \frac{I}{z_0} \cdot S_{cr} = \frac{I}{z_0} \cdot 0.61 \cdot S_{max}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & Neer (1982)

Sección angular: 22+905



Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	SV (mm)	AI (%)	Deform.
Estimación	25.0	40.0	0.4	17.483

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DANO	De	a
SEVERO	0.0	13.3
MODERADO	0.0	13.3
MUY LEVE	13.3	19.2
DESPRECIABLE	19.2	∞

Límite en el frente:

Homogéneo	Distancia (m)	SV (mm)	AI (%)	Deform. (mm/m)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.6	18.2	17.242	0.7	0.10%
1.8	18.0	17.359	1.3	0.10%
3.9	17.8	17.485	2.0	0.10%
5.5	17.7	17.610	2.7	0.10%
7.8	18.2	17.736	3.6	0.10%
10.6	18.2	17.862	4.4	0.10%
13.3	18.0	17.988	5.2	0.10%
16.1	17.0	17.816	5.6	0.05%
18.8	16.5	17.643	5.7	0.05%
21.5	16.5	17.470	5.7	0.05%
24.2	16.5	17.297	5.5	0.05%
27.0	16.5	17.124	5.3	0.05%
29.7	16.5	16.951	5.1	0.05%
32.4	16.5	16.778	4.9	0.05%
35.1	16.5	16.605	4.7	0.05%
37.8	16.5	16.432	4.5	0.05%
40.5	16.5	16.259	4.3	0.05%
43.2	16.5	16.086	4.1	0.05%
45.9	16.5	15.913	3.9	0.05%
48.6	16.5	15.740	3.7	0.05%
51.3	16.5	15.567	3.5	0.05%
54.0	16.5	15.394	3.3	0.05%
56.7	16.5	15.221	3.1	0.05%
59.4	16.5	15.048	2.9	0.05%
62.1	16.5	14.875	2.7	0.05%
64.8	16.5	14.702	2.5	0.05%
67.5	16.5	14.529	2.3	0.05%
70.2	16.5	14.356	2.1	0.05%
72.9	16.5	14.183	1.9	0.05%
75.6	16.5	14.010	1.7	0.05%
78.3	16.5	13.837	1.5	0.05%
81.0	16.5	13.664	1.3	0.05%
83.7	16.5	13.491	1.1	0.05%
86.4	16.5	13.318	0.9	0.05%
89.1	16.5	13.145	0.7	0.05%
91.8	16.5	12.972	0.5	0.05%
94.5	16.5	12.799	0.3	0.05%
97.2	16.5	12.626	0.1	0.05%
99.9	16.5	12.453	0.1	0.05%
102.6	16.5	12.280	0.1	0.05%

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de partida:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z = 28.40 m  
Diámetro del túnel, D = 3.02 m

Ítem de terreno:

Ítem	Profundidad (m)	W <sub>1</sub> (%)	W <sub>2</sub> (%)	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>v</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>h</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	γ <sub>s</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )	γ <sub>w</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )
ML	0.00	17.78	6.0	26	45000	0.25	1.0		
GP-S	4.10	20.00	13.0	34	83000	0.30	1.3		
GP-SI	13.30	22.00	23.0	39	280000	0.20	1.2		

Definición del punto de inflexión:

Punto de inflexión, I = 9.53 m

Espejado = 1.28

$$I : D = 3.152 \cdot I' - 0.211$$

Nota: la formulación empleada es la de Sjaipeta y Oteo (1974)

Radio de suelo excavado:

Pérdida de suelo, V<sub>1</sub> = 0.30 m<sup>3</sup>

Volumen de asientos, V<sub>2</sub> = 0.409 m<sup>3</sup>/m

Deflexión máxima del asiente:

$$S_{max} = 0.047 \text{ m}$$

$$S_{max} = 2.7 \cdot I' = 2.5 \text{ J}$$

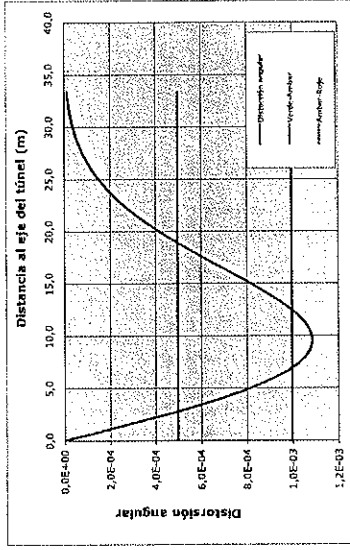
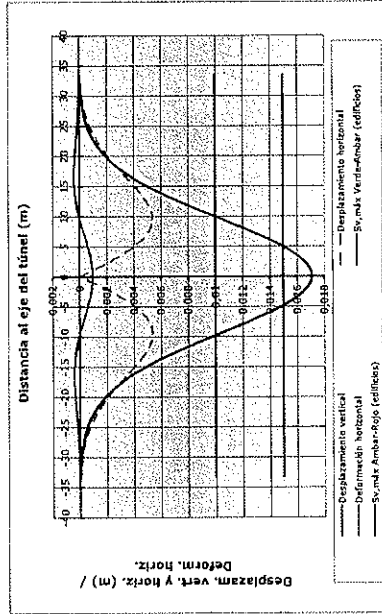
Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

Calculo del asentamiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub> = 0.0054 m

$$S_{max} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{n} \cdot S_i = \frac{1}{n} \cdot 0.61 \cdot S_{max}$$

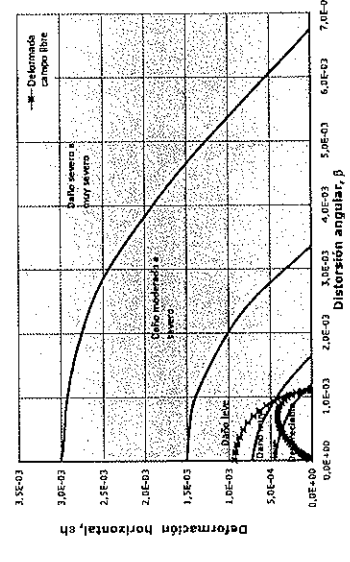
Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & Hear (1982)



Libre en el frente:

Dist. (m)	Asa/Al (%)	Asa/Al (mm)	Asa/Al (%)	
0.0	17.1	1.7984	0.6	0.09%
0.7	17.1	1.7984	0.6	0.09%
1.3	16.9	1.7274	1.6	0.05%
2.0	16.4	1.6071	2.4	0.08%
3.3	15.1	1.1694	2.9	0.08%
4.0	15.7	1.450	3.4	0.07%
5.7	13.6	1.155	4.1	0.05%
6.0	14.0	1.1039	4.6	0.05%
6.7	13.4	1.1018	4.9	0.05%
7.3	12.7	1.074	5.1	0.05%
8.0	12.0	1.057	5.3	0.05%
9.5	10.6	1.026	5.4	0.03%
10.0	9.9	1.021	5.4	-0.01%
10.7	9.1	1.022	5.3	-0.01%
11.3	8.4	1.053	5.2	-0.02%
12.0	7.7	1.084	5.0	-0.03%
12.7	7.1	1.103	4.9	-0.03%
13.3	6.4	1.1063	4.7	-0.03%
14.0	5.8	1.1117	4.4	-0.04%
14.7	5.2	1.1185	4.2	-0.04%
15.0	4.7	1.1261	3.8	-0.04%
15.7	3.7	1.1473	3.4	-0.04%
17.3	3.3	1.1405	3.1	-0.04%
18.0	2.9	1.1360	2.8	-0.04%
18.7	2.5	1.1342	2.5	-0.04%
19.4	2.2	1.1358	2.3	-0.04%
20.0	1.9	1.1376	2.1	-0.04%
20.7	1.4	1.1405	1.8	-0.03%
21.4	1.4	1.1405	1.8	-0.03%
22.0	1.2	1.1378	1.4	-0.03%
22.7	1.0	1.1378	1.2	-0.03%
23.4	0.9	1.1376	1.1	-0.04%
24.0	0.6	1.1360	0.8	-0.03%
24.7	0.5	1.1340	0.7	-0.03%
25.4	0.5	1.1308	0.7	-0.03%
26.0	0.4	1.1262	0.6	-0.03%
26.7	0.3	1.1203	0.5	-0.03%
27.4	0.3	1.1190	0.4	-0.03%
28.0	0.2	1.1184	0.3	-0.03%
28.7	0.2	1.1184	0.3	-0.03%
29.4	0.2	1.1184	0.3	-0.03%
30.0	0.1	1.1184	0.2	-0.03%
30.7	0.1	1.1184	0.2	-0.03%
31.4	0.1	1.1184	0.1	-0.03%
32.0	0.2	1.1184	0.1	-0.03%
32.7	0.2	1.1184	0.1	-0.03%
33.4	0.0	1.1184	0.1	-0.03%

Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje SV (mm)	AL/L	ε <sub>h</sub>	Deformación
Edificación	25.0	40.0	0.6	1.6-1.60 Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

TIPO	De	a
SEVERO	No SV	No SV
MODERADO	No SV	No SV
LEVE	0.0	5.0
INSIGNIFICANTE	6.0	19.4
DESAPRECIABLE	25%	20

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 7 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO. PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA. Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de estudio:

Profundidad del eje de excavación del túnel, Z, 13.40 m  
Diámetro del túnel, D 10.2 m

Tabla de estratos: Estrato (m), Espesor (m), Gama (kg/m³), C(%) (kg), phi (°), SPT (mpa), R, Nt (kg/m³), R

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión, I 9.50 m

Tiempos 1,28

I/D = 1/(0.52 \* Zmax - 0.21)

Nota: la formulación empleada es la de Sapozko y Oten (1974)

Cálculo de suelo rozamiento:

Pérdida de suelo, Vs 0.50 %  
Volumen de asiento, Vs 0.489 m³/m

Determinación del asiento máximo:

Usa 0.017 m  
Smax = 2 \* pi \* i = 2.5J

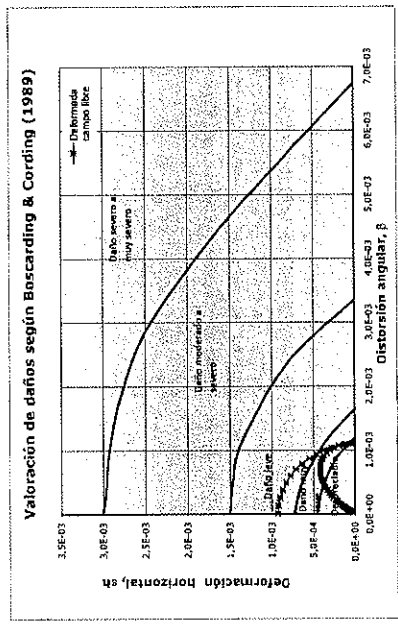
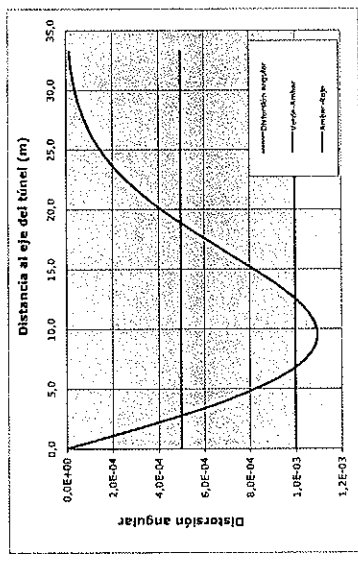
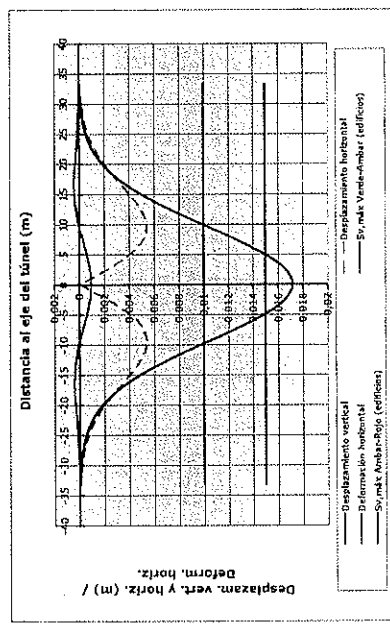
Nota: la formulación empleada es la de New (1969)

Cálculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo, Umax 0.0054 m

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 22+920



RESUMEN DE RESULTADOS: Elemento, Distancia al eje (m), S (mm), AL (%), D (m), Defeo, Desplazamiento horizontal, Dano

OBSERVACIONES

Handwritten signature

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



**Datos iniciales de obra:**  
Profundidad del eje de excavación del túnel, Z = 37.40 m  
Diámetro del túnel, D = 3.02 m

**Tipo de terreno:**

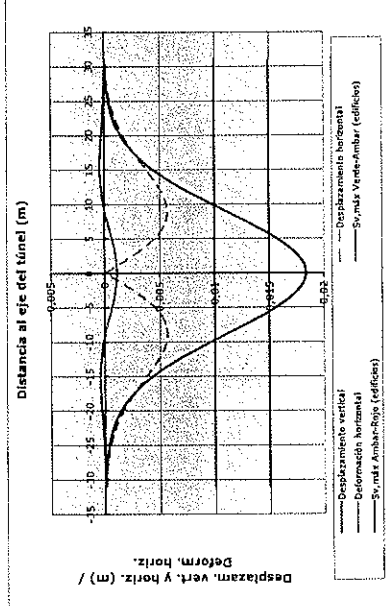
Estado	El poder (m)	γ (kN/m³)	γ <sub>sat</sub> (kN/m³)	c <sub>v</sub> (kg/cm²)	φ <sub>v</sub> (°)	U <sub>v</sub> (%)	U <sub>v</sub> (%)
1	0.00	17.38	8.0	26	45.003	0.25	1.0
2	0.00	17.38	8.0	26	45.003	0.25	1.0
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3
GP-S	4.10	20.00	15.0	34	30.009	0.30	1.3

**Deflexión del punto de inflexión:**  
Punto de inflexión, I = 8.85 m  
Número 1.28  
 $I/D = \eta(0.52 Z_{m1} - 0.21)$   
Nota: la formulación empleada es la de Sagaseta y Otero (1974)

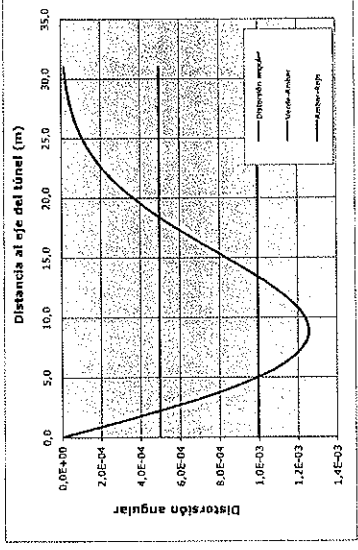
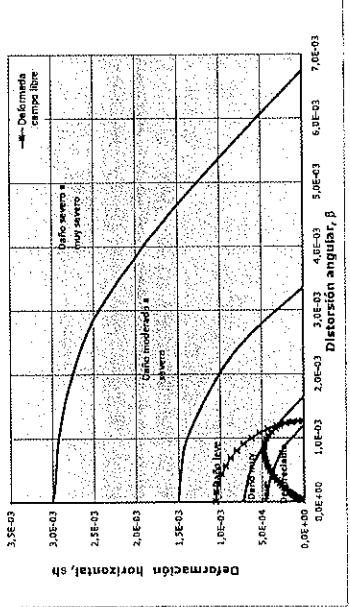
**Pérdida de sujeción:**  
Pérdida de sujeción, V<sub>1</sub> = 0.50 %  
Volumen de sobras, V<sub>s</sub> = 0.409 m³/m  
Deflexión del punto de inflexión:  
 $U_{max} = 0.018$  m  
 $S_{max} = 2.27$  J  
Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

**Cálculo del desplazamiento horizontal máximo:**  
Desplazamiento horizontal máximo, U<sub>max</sub> = 0.0057 m  
 $S_{max} = \frac{I}{D} \cdot S_1 = \frac{1}{0.52} \cdot (-0.61) \cdot S_{max}$   
Nota: la formulación empleada es la de O. Peck & Nery (1982)

Sección a analizar: 22-940



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje Sv (mm)	ΔI/I	Es	Daño		
Edificación	25.0	40.0	0.4	17.8367	1.44E-04	Indeterminado

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

Daño	Dm	a
SEVERO	NO DATO	NO DATO
MODERADO	NO DATO	NO DATO
LEVE	0.0	14.1
MUY LEVE	14.1	19.1
INDISPONIBLE	19.1	∞

**UMERAL**

UMERAL	De	a
ROJO	0.0	15.4
VERDE	18.4	∞

**Homogéneo**

Dist. eje (m)	Sv (mm)	ΔI/I	Es	Daño
0.6	18.4	17.6395	0.7	0.11%
1.2	19.2	17.3473	1.3	0.10%
1.9	19.0	17.2948	2.0	0.10%
2.5	17.7	17.1463	2.7	0.09%
3.2	16.8	17.1253	3.6	0.09%
4.3	16.3	17.1108	4.1	0.09%
5.0	15.7	17.1008	4.5	0.09%
5.6	15.4	17.095	5.1	0.09%
6.4	15.2	17.091	5.8	0.09%
7.4	14.9	17.0816	6.4	0.09%
8.1	14.2	17.080	6.9	0.09%
8.7	13.6	17.078	7.7	0.09%
9.9	9.8	17.085	5.6	-0.01%
10.5	9.1	17.021	5.5	-0.02%
11.2	8.3	17.045	5.3	-0.03%
11.8	7.6	17.077	4.9	-0.04%
12.6	6.2	17.085	4.7	-0.04%
13.6	5.6	17.1023	4.4	-0.04%
14.3	5.0	17.093	4.1	-0.05%
14.9	4.5	17.1175	3.8	-0.05%
15.5	4.0	17.1362	3.3	-0.05%
16.7	3.1	17.1520	3.0	-0.05%
17.4	2.7	17.1679	2.7	-0.04%
18.0	2.3	17.1862	2.4	-0.04%
18.6	2.0	17.2080	2.2	-0.04%
19.2	1.7	17.2337	1.9	-0.04%
19.8	1.5	17.2624	1.7	-0.04%
20.6	1.3	17.3004	1.5	-0.03%
21.1	1.1	17.3436	1.3	-0.03%
21.7	0.9	17.3952	1.1	-0.03%
22.3	0.8	17.4572	1.0	-0.02%
22.9	0.6	17.5320	0.8	-0.02%
23.6	0.5	17.6223	0.7	-0.02%
24.2	0.4	17.7285	0.5	-0.01%
24.8	0.4	17.8515	0.5	-0.01%
25.4	0.3	18.0311	0.4	-0.01%
26.0	0.2	18.2336	0.4	-0.01%
26.7	0.2	18.4508	0.3	-0.01%
27.3	0.2	18.7246	0.3	-0.01%
27.9	0.1	19.0560	0.2	-0.01%
28.5	0.1	19.4580	0.2	-0.01%
29.1	0.1	19.9394	0.1	0.00%
29.8	0.1	17.40526	0.1	0.00%
30.4	0.1	17.56749	0.1	0.00%
31.0	0.0	17.62867	0.1	0.00%

OBSERVACIONES

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-GAMBITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO.  
PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO, REGIÓN DE LIMA

Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.

ayeso  
Ingeniería  
Ingeniería  
Ingeniería

Datos iniciales de obra:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 13.207$  m  
Diámetro del túnel,  $D = 10.27$  m

Línea de terreno:

Estratigrafía	Espesor (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\nu$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$k_{av}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{vm}$ (kN/m <sup>2</sup> )
M	0.00	17.18	0.0	26	45.000	0.20	1.0
CP-S	3.00	20.60	0.15	35	30.000	0.25	1.0
CP-S	10.00	22.09	0.20	39	36.000	0.30	1.0

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I = 7.24$  m

Trayectoria,  $L = 2.25$

$$I = D \cdot \mu(0.52 \cdot Z_0 - 0.21) = 1$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapoznik y Orso (1974)

Estadística de datos estadística:

Pérdida de suela,  $V_s = 0.30$  %

Volumen de asientos,  $V_a = 0.409$  m<sup>3</sup>/m

Determinación del asiento máximo:

$k_{av} = 0.023$  m

$$S_{max} = 2.7 \cdot I = 2.5$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

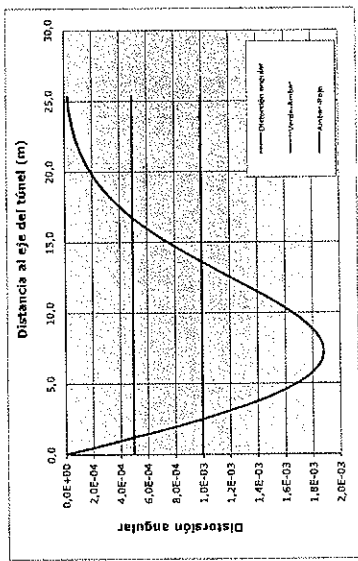
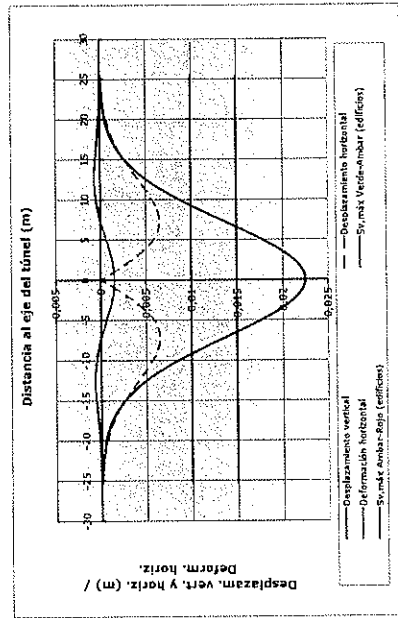
Sólo de los movimientos horizontales máximos:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0065$  m

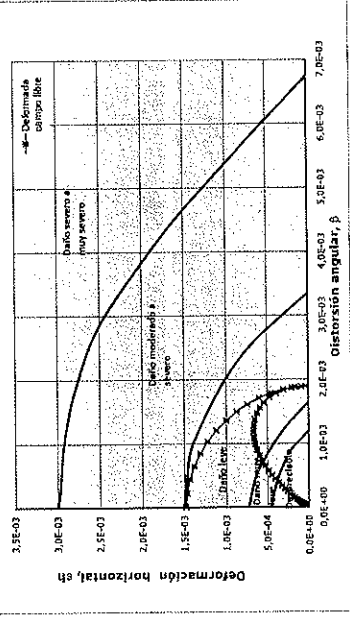
$$S_{vm} = \frac{U_{max}}{Z_0} = \frac{0.0065}{13.207} = 0.00049$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 23+460



Valoración de daños según Boscawing & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje (m)	AL/1	AL/2	Dato
SECCIONES	23.0	40.0	0.0	1.742.009
				3.64E-03
				Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

TIPO	DE	NO	SI	SEVERO	MODERADO	LEVE	DESPRECiable
	15.2	17.5	0.0	15.2	17.5	0.0	0.0

TIPO	DE	NO	SI	SEVERO	MODERADO	LEVE	DESPRECiable
	15.7	17.5	0.0	15.7	17.5	0.0	0.0

Litología en el frente:

Elemento	Dist. eje (m)	AL/1 (m)	AL/2 (m)	AL/3 (m)	AL/4 (m)	AL/5 (m)	AL/6 (m)	AL/7 (m)	AL/8 (m)	AL/9 (m)	AL/10 (m)	AL/11 (m)	AL/12 (m)	AL/13 (m)	AL/14 (m)	AL/15 (m)	AL/16 (m)	AL/17 (m)	AL/18 (m)	AL/19 (m)	AL/20 (m)	AL/21 (m)	AL/22 (m)	AL/23 (m)	AL/24 (m)	AL/25 (m)	AL/26 (m)	AL/27 (m)	AL/28 (m)	AL/29 (m)	AL/30 (m)	AL/31 (m)	AL/32 (m)	AL/33 (m)	AL/34 (m)	AL/35 (m)	AL/36 (m)	AL/37 (m)	AL/38 (m)	AL/39 (m)	AL/40 (m)	AL/41 (m)	AL/42 (m)	AL/43 (m)	AL/44 (m)	AL/45 (m)	AL/46 (m)	AL/47 (m)	AL/48 (m)	AL/49 (m)	AL/50 (m)	AL/51 (m)	AL/52 (m)	AL/53 (m)	AL/54 (m)	AL/55 (m)	AL/56 (m)	AL/57 (m)	AL/58 (m)	AL/59 (m)	AL/60 (m)	AL/61 (m)	AL/62 (m)	AL/63 (m)	AL/64 (m)	AL/65 (m)	AL/66 (m)	AL/67 (m)	AL/68 (m)	AL/69 (m)	AL/70 (m)	AL/71 (m)	AL/72 (m)	AL/73 (m)	AL/74 (m)	AL/75 (m)	AL/76 (m)	AL/77 (m)	AL/78 (m)	AL/79 (m)	AL/80 (m)	AL/81 (m)	AL/82 (m)	AL/83 (m)	AL/84 (m)	AL/85 (m)	AL/86 (m)	AL/87 (m)	AL/88 (m)	AL/89 (m)	AL/90 (m)	AL/91 (m)	AL/92 (m)	AL/93 (m)	AL/94 (m)	AL/95 (m)	AL/96 (m)	AL/97 (m)	AL/98 (m)	AL/99 (m)	AL/100 (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	52.5	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0	67.5	70.0	72.5	75.0	77.5	80.0	82.5	85.0	87.5	90.0	92.5	95.0	97.5	100.0	102.5	105.0	107.5	110.0	112.5	115.0	117.5	120.0	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5	135.0	137.5	140.0	142.5	145.0	147.5	150.0	152.5	155.0	157.5	160.0	162.5	165.0	167.5	170.0	172.5	175.0	177.5	180.0	182.5	185.0	187.5	190.0	192.5	195.0	197.5	200.0	202.5	205.0	207.5	210.0	212.5	215.0	217.5	220.0	222.5	225.0	227.5	230.0	232.5	235.0	237.5	240.0	242.5	245.0	247.5	250.0	252.5	255.0	257.5	260.0	262.5	265.0	267.5	270.0	272.5	275.0	277.5	280.0	282.5	285.0	287.5	290.0	292.5	295.0	297.5	300.0	302.5	305.0	307.5	310.0	312.5	315.0	317.5	320.0	322.5	325.0	327.5	330.0	332.5	335.0	337.5	340.0	342.5	345.0	347.5	350.0	352.5	355.0	357.5	360.0	362.5	365.0	367.5	370.0	372.5	375.0	377.5	380.0	382.5	385.0	387.5	390.0	392.5	395.0	397.5	400.0	402.5	405.0	407.5	410.0	412.5	415.0	417.5	420.0	422.5	425.0	427.5	430.0	432.5	435.0	437.5	440.0	442.5	445.0	447.5	450.0	452.5	455.0	457.5	460.0	462.5	465.0	467.5	470.0	472.5	475.0	477.5	480.0	482.5	485.0	487.5	490.0	492.5	495.0	497.5	500.0	502.5	505.0	507.5	510.0	512.5	515.0	517.5	520.0	522.5	525.0	527.5	530.0	532.5	535.0	537.5	540.0	542.5	545.0	547.5	550.0	552.5	555.0	557.5	560.0	562.5	565.0	567.5	570.0	572.5	575.0	577.5	580.0	582.5	585.0	587.5	590.0	592.5	595.0	597.5	600.0	602.5	605.0	607.5	610.0	612.5	615.0	617.5	620.0	622.5	625.0	627.5	630.0	632.5	635.0	637.5	640.0	642.5	645.0	647.5	650.0	652.5	655.0	657.5	660.0	662.5	665.0	667.5	670.0	672.5	675.0	677.5	680.0	682.5	685.0	687.5	690.0	692.5	695.0	697.5	700.0	702.5	705.0	707.5	710.0	712.5	715.0	717.5	720.0	722.5	725.0	727.5	730.0	732.5	735.0	737.5	740.0	742.5	745.0	747.5	750.0	752.5	755.0	757.5	760.0	762.5	765.0	767.5	770.0	772.5	775.0	777.5	780.0	782.5	785.0	787.5	790.0	792.5	795.0	797.5	800.0	802.5	805.0	807.5	810.0	812.5	815.0	817.5	820.0	822.5	825.0	827.5	830.0	832.5	835.0	837.5	840.0	842.5	845.0	847.5	850.0	852.5	855.0	857.5	860.0	862.5	865.0	867.5	870.0	872.5	875.0	877.5	880.0	882.5	885.0	887.5	890.0	892.5	895.0	897.5	900.0	902.5	905.0	907.5	910.0	912.5	915.0	917.5	920.0	922.5	925.0	927.5	930.0	932.5	935.0	937.5	940.0	942.5	945.0	947.5	950.0	952.5	955.0	957.5	960.0	962.5	965.0	967.5	970.0	972.5	975.0	977.5	980.0	982.5	985.0	987.5	990.0	992.5	995.0	997.5	1000.0



**ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT-CAMBETA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO. PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO. REGIÓN DE LIMA**

Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de sondaje:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0$  24.00 m  
 Diámetro del túnel,  $D$  2.102 m

Tipo de terreno:

Profundidad (m)	γ (kN/m³)	c (kPa)	φ (°)	σ <sub>v</sub> (kPa)	σ <sub>h</sub> (kPa)
0-0.5	18.0	0.0	28	25.000	0.00
0.5-1.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
1.0-1.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
1.5-2.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
2.0-2.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
2.5-3.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
3.0-3.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
3.5-4.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
4.0-4.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
4.5-5.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
5.0-5.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
5.5-6.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
6.0-6.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
6.5-7.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
7.0-7.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
7.5-8.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
8.0-8.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
8.5-9.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
9.0-9.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
9.5-10.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
10.0-10.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
10.5-11.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
11.0-11.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
11.5-12.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
12.0-12.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
12.5-13.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
13.0-13.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
13.5-14.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
14.0-14.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
14.5-15.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
15.0-15.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
15.5-16.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
16.0-16.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
16.5-17.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
17.0-17.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
17.5-18.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
18.0-18.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
18.5-19.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
19.0-19.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
19.5-20.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
20.0-20.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
20.5-21.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
21.0-21.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
21.5-22.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
22.0-22.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
22.5-23.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
23.0-23.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
23.5-24.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00
24.0-24.5	17.5	0.0	26	25.000	0.00
24.5-25.0	17.5	0.0	26	25.000	0.00

Punto de inflexión,  $I$  6.48 m

Tiempo de 1.26

$$f(t) = \gamma(0.5, 2) \frac{Z_0}{D} - 0.21$$

Nota: la formulación empleada es la de Sapsaca y Chao (1974)

Estado de suelo: arcilla.

Pérdida de suelo,  $V_1$  0.50 %

Volumen de sostenes,  $V_2$  0.409 m³/m

Descomposición del talud: máxima.

$$L_{max} = 0.925 m$$

$$N_{min} = 2. \pi \cdot j = 2.5 j$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

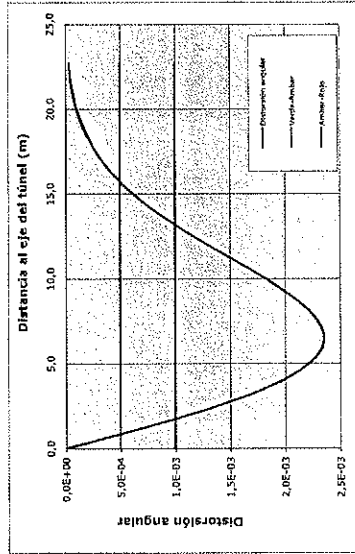
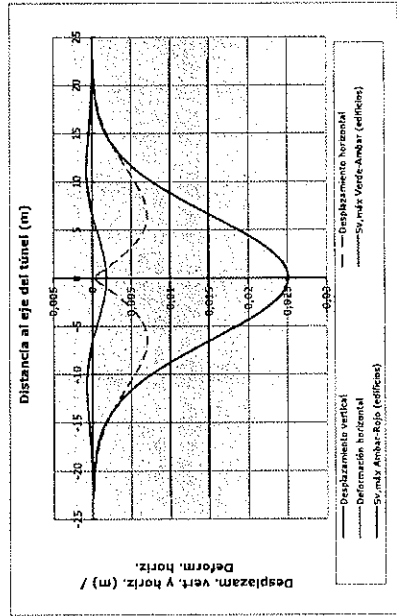
Cálculo del momento horizontal máximo.

Desplazamiento horizontal máximo,  $u_{max}$  0.0071 m

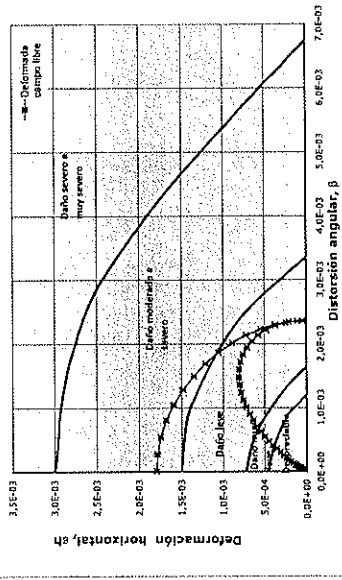
$$N_{min} = \frac{f \cdot N_1}{Z_0} = \frac{f \cdot 0.61 \cdot N_{max}}{Z_0}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 23+360



**Valoración de daños según Roscarding & Cording (1989)**



**RESUMEN DE RESULTADOS**

Elemento	Distancia al eje SV (mm)	AL/L	Estado
Excavación	250	40.0	0.1
			1.731661
			4.32E-03
			Despreciable

**Distancias horizontales al eje del túnel (m)**

DANO	De	a
SEVERO	0.0	13.2
MODERADO	13.2	15.7
LEVE	15.7	16.5
DESPRECIABLE	16.5	∞

**OBSERVACIONES**





ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA-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 DE LIMA  
Estimación de subsidencias para el caso de un túnel monotubo.



Datos iniciales de excavación:

Profundidad del eje de excavación del túnel,  $Z_0 = 13.007$  m  
Diámetro del túnel,  $\phi = 3.073$  m

Estado	Espejo (m)	Y (m)	X (m)	$\sigma_v$ (kPa)	$\sigma_h$ (kPa)	$\tau$ (kPa)	$\theta$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\mu$
R	3.80	15.70	0.0	28	35000	0.30	1.0		
CP-1	6.90	20.00	5.0	36	83000	0.50	1.0		
CP-2	6.90	23.00	23.0	39	166000	0.30	1.3		

Determinación del punto de inflexión:

Punto de inflexión,  $I = 7.15$  m

$\mu = 0.26$

$$I/D = f(0.52 Z_0 - 0.21)$$

Nota: la formulación empleada es la de Segrest y Oros (1974)

Estado de suelo: arcilla:

Pérdida de agua,  $V_v = 0.50$  %

Volumen de escombros,  $V_s = 0.409$  m<sup>3</sup>/m

Determinación del lastre máximo:

$\sigma_{lastre} = 0.023$  m

$$N_{min} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot V_s$$

$$N_{min} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 2.5 \cdot f$$

Nota: la formulación empleada es la de Peck (1969)

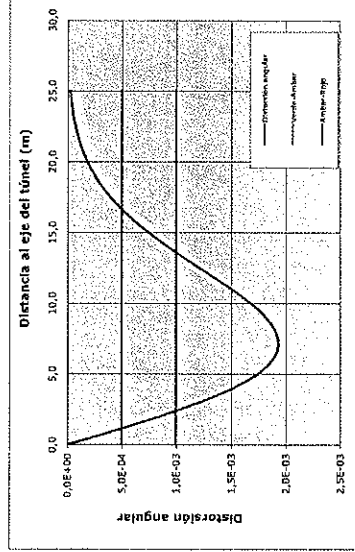
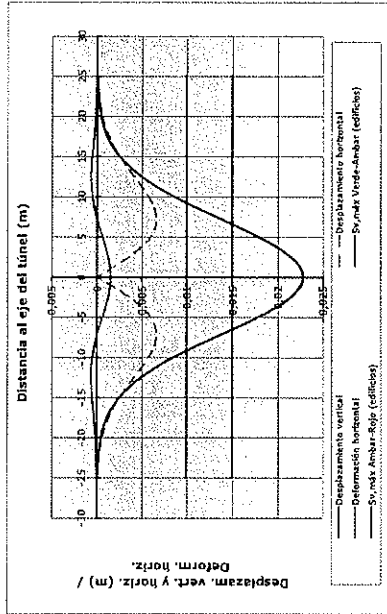
Cálculo del movimiento horizontal máximo:

Desplazamiento horizontal máximo,  $U_{max} = 0.0066$  m

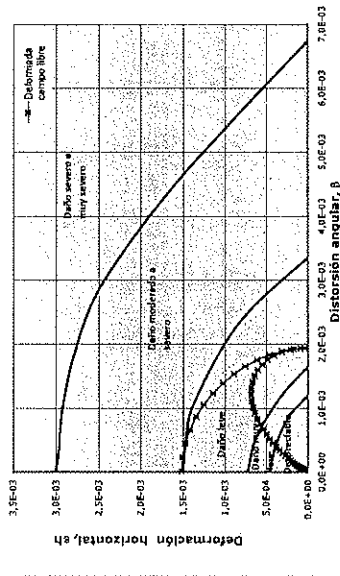
$$S_{max} = i \cdot N_v = f \cdot 0.01 \cdot N_{min}$$

Nota: la formulación empleada es la de O'Reilly & New (1982)

Sección a analizar: 23+340



Valoración de daños según Boscarding & Cording (1989)



RESUMEN DE RESULTADOS

Elemento	Distancia al eje Sv (m)	AL (L)	AL (L)	Daño
Edificación	25.1	40.0	0.1	1.13, 8.15, 1.565-0.05, Despreciable

Distancias horizontales al eje del túnel (m)

DAÑO	De	a
SEVERO	0.0	13.6
MODERADO	0.0	15.2
LEVE	0.8	15.2
MUY LEVE	15.2	17.4
DESCRIBIBLE	17.4	$\infty$

Litología en el frente:					
Homogénea					
Distancia (m)	Daño	AL (L)	AL (L)	Daño	
0.5	2.7	1.4	4.94	0.8	0.15%
1.0	2.6	1.7	2.63	1.5	0.15%
1.5	2.3	1.1	2.28	2.2	0.15%
2.0	2.1	1.1	2.28	2.2	0.15%
2.5	2.1	1.1	2.28	2.2	0.15%
3.0	2.0	1.1	2.28	2.2	0.15%
3.5	2.0	1.1	2.28	2.2	0.15%
4.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
4.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
5.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
5.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
6.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
6.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
7.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
7.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
8.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
8.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
9.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
9.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
10.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
10.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
11.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
11.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
12.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
12.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
13.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
13.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
14.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
14.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
15.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
15.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
16.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
16.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
17.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
17.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
18.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
18.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
19.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
19.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
20.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
20.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
21.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
21.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
22.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
22.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
23.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
23.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
24.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
24.5	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%
25.0	1.9	1.1	2.28	2.2	0.15%

OBSERVACIONES



## O.3.2. Diseño de las secciones tipo de túnel

[13437]  
013038  
CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



O.3.2. Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A TIPO DE DOCUMENTO
------------------------	---

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

# O.3.2. DISEÑO DE LAS SECCIONES TIPO DE TÚNEL APÉNDICE 7. PLANOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



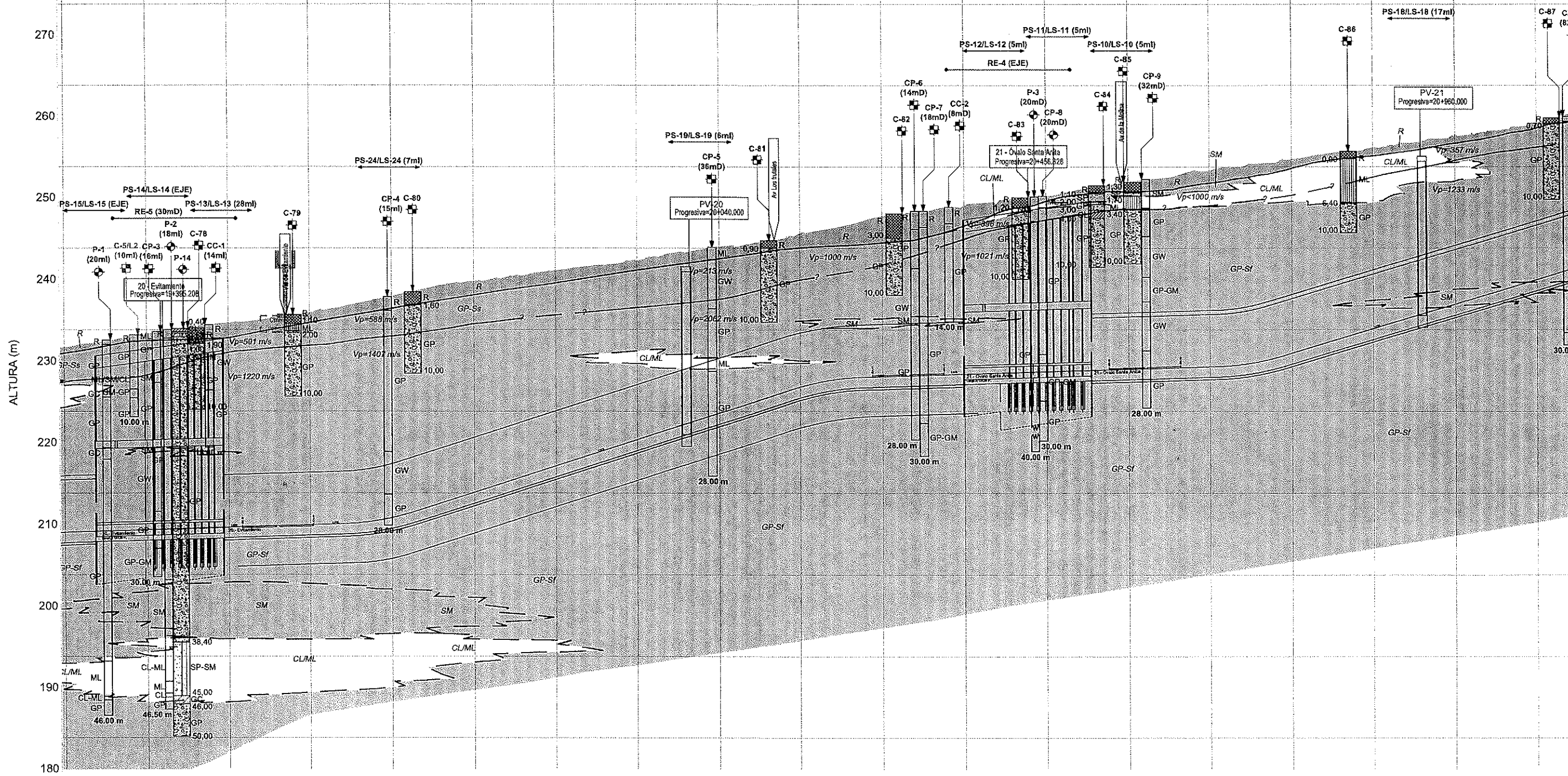
CODIGO	ÍNDICE DE PLANOS	ESCALA A1	Nº PLANOS
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. PERFIL LONGITUDINAL. MÉTODOS CONVENCIONALES	H:2.500 V:1:250	P001
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. FASES DE EXCAVACIÓN	1:50	P002
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. SECCIONES TIPO DE SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO	1:50	P003
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. DETALLE SECCIÓN TIPO MODELO A, B y C	VARIAS	P004
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. DETALLE PARAGUAS DE MICROPILOTES	VARIAS	P005
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. ARMADO	1:50	P006
1205-PLOC-TUN-CON-RT-SA-E1A	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. RAMALES A TALLERES. PATIO TALLER STA. ANITA. FASES DE EXCAVACIÓN	1:50	P001
1205-PLOC-TUN-CON-RT-SA-E1A	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. RAMALES A TALLERES. PATIO TALLER STA. ANITA. SECCIÓN TIPO	1:50	P002
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. SIMULACIÓN PROCESO CONSTRUCTIVO	S/E	P009
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. DRENAJE	1:50	P010
1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES. TÚNEL DE LÍNEA. IMPERMEABILIZACIÓN	VARIAS	P011
PLOC-MON-1A-AS	PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDENCIAS	1:1.000	P001
1200-PLOC-TUN-SEG-E1A	PROTECCIONES ESPECIALES PARA LOS TÚNELES. SEGURIDAD EN TRANSPORTE Y DESPLAZAMIENTO	S/E	P001

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 

LEYENDA INVESTIGACIONES		
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA SIMPLIFICADA	ACHURADO
R	Relleno, mezcla de suelos, poco compactos y contaminados	[Hatched pattern]
ML	Limo Inorgánico de baja plasticidad	[Horizontal lines]
CL	Arcilla Inorgánica de baja a media plasticidad.	[Vertical lines]
MH	Limo Inorgánico, elástico, de alta plasticidad	[Diagonal lines /]
OH	Limo organico muy compresible	[Diagonal lines \]
GP	Grava pobremente gradada con arena	[Stippled pattern]
GC	Grava arcillosa	[Cross-hatched pattern]
GM	Grava limosa	[Circular pattern]
SM	Arena limosa	[Vertical lines]
SP	Arena pobremente gradada	[Stippled pattern]
RC	Roca	[Block pattern]
NF	Nivel Freatico (m)	[Symbol with 'x,xx']

LEYENDA		
<b>Litoestratigrafía</b>		
R	[Hatched pattern]	RELLENO, MEZCLA DE SUELOS POCO COMPACTADOS Y CONTAMINADOS.
CL/ML	[White box]	ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD Y LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD.
SM	[Horizontal lines]	ARENAS LIMOSAS.
GP-S	[Stippled pattern]	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARENA, ARCILLA Y LIMO Y CON ARENA LIMOSA Y ARCILLOSA. GP-Ss = NIVEL SUELTO. GP-Sf = NIVEL FIRME.
D	[Block pattern]	SUSTRATO ROCOSO (DIORITA, TONALITA).
C	[Cross-hatched pattern]	SUSTRATO CARBONATADO (CALIZAS).
<b>Simbología</b>		
[Dashed line]		CONTACTO LITOLÓGICO DISCORDANTE
[Solid line]		CONTACTO LITOLÓGICO CONCORDANTE
[Wavy line]		ISOLÍNEA DE VELOCIDAD SÍSMICA
R		RECHAZO CONO DE PECK
65		GOLPEO CONO DE PECK
(15mD)		DISTANCIA AL EJE
[Cross-hatched pattern]		FALLA
<b>Campaña estudios básicos para la línea E-W</b>		
[Symbol]	P-1	PERFORACIÓN 50.00 m.
[Symbol]	C-1	CALICATA
<b>Campaña adicional a la de estudios básicos</b>		
[Symbol]	P-1	POZOS
[Symbol]	C-1	CALICATA
<b>Campaña complementaria propuesta</b>		
[Symbol]	PS-1/L2	PERFIL SÍSMICO DE REFRACCIÓN Y MASW
[Symbol]	S-1/L2	SONDEO MECÁNICO
[Symbol]	CS-1/L2	CALICATA MANUAL
[Symbol]	MASW-1/L2	PERFIL SÍSMICA PASIVA
<b>Campaña Proinversión</b>		
[Symbol]	P-1	SONDEO MECÁNICO
[Symbol]	CP-1	CALICATA MANUAL PROFUNDA
[Symbol]	CC-1	CALICATA ESPECIAL
[Symbol]	PS-01/LS-01	PERFIL SÍSMICA PASIVA / PERFIL SÍSMICA REFRACCIÓN
[Symbol]	RE-1	TOMOGRFÍA ELÉCTRICA

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



P.K.	19+300	19+400	19+500	19+600	19+700	19+800	19+900	20+000	20+100	20+200	20+300	20+400	20+500	20+600	20+700	20+800	20+900	21+000	21+100
TRAMO (m)	358.37		274.3		167.23		107.13		591.32										
RECUBRIMIENTO (m)	20.27 / 18.01		18.01 / 12.69		12.69 / 11.57		13.68 / 12.60		17.48 / 12.00										
UNIDADES AFECTADAS	GP-S		GP-S		GP-S		GP-S		GP-SGP-S										
COTA NIVEL DE AGUA (m)	< 200		< 200		< 200		< 200		< 220 < 220										
ALTURA PIEZOMÉTRICA (m)	0		0		0		0		0 0										
CAUDAL INFILTRADO (l/m)	0		0		0		0		0 0										
MÓDULO DE DEFORMACIÓN EN EXTENSIÓN E (MPa)	83 / 366		83 / 366		83 / 366		83 / 366		83 / 366 / 366										
COEF. DE POISSON	0,3		0,3		0,3		0,3		0,3 0,3										
COHESIÓN C (KPa)	15 / 32		15 / 32		15 / 32		15 / 32		15 / 325 / 32										
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	34 / 39		34 / 39		34 / 39		34 / 39		34 / 394 / 39										
γap (kN/m³)	20 / 22		20 / 22		20 / 22		20 / 22		20 / 220 / 22										
SECCIÓN TIPO	90 % A 10 % B		70 % A 20 % B 10 % C		50 % A 30 % B 20 % C		70 % A 20 % B 10 % C		70 % A 20 % B 10 % C										
LONGITUD PASE (m)	A: 2 m B: 1m C: 1m		A: 2 m B: 1m C: 1m		A: 2 m B: 1m C: 1m		A: 2 m B: 1m C: 1m		A: 2 m B: 1m C: 1m										
EXCAVABILIDAD	90 % Medios mecánicos 10 % Martillo		90 % Medios mecánicos 10 % Martillo		90 % Medios mecánicos 10 % Martillo		90 % Medios mecánicos 10 % Martillo		90 % Medios mecánicos 10 % Martillo										
OBSERVACIONES	PANTALLAS		PANTALLAS		PANTALLAS		PANTALLAS		PANTALLAS										

c:\trabajo\proyectos\metro\_lima\trabajo\perfil\formata\sub\_membrete\_metro\_lima\_rev03.dwg - 12/12/2013 - 12:04



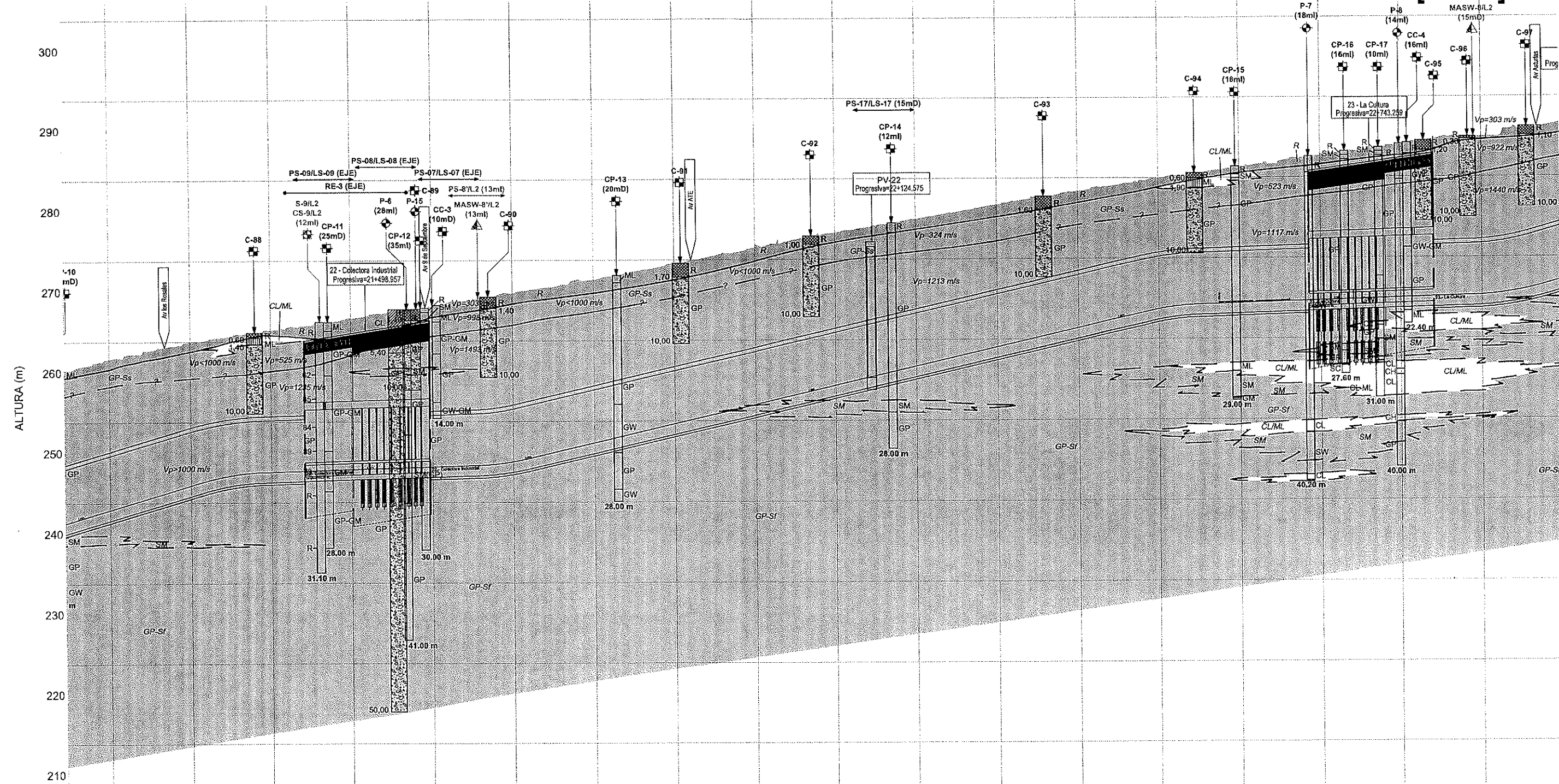
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AVE. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO" ETAPA 1A

ESCALA (A):  
H: 1/2.500  
V: 1/250  
FECHA: FEBRERO 2014

MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES  
TÚNEL DE LÍNEA  
PERFIL LONGITUDINAL  
MÉTODOS CONVENCIONALES  
PLANO N° 1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN-P001  
HIDIA: 2 de 4  
REVISIÓN: 3

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





P.K.	21+200	21+300	21+400	21+500	21+600	21+700	21+800	21+900	22+000	22+100	22+200	22+300	22+400	22+500	22+600	22+700	22+800	22+900
TRAMO (m)	297.09				611.87				477.71				154.87					
RECUBRIMIENTO (m)	12.00 / 10.26				11.19 / 11.29				11.29 / 9.24				12.59 / 12.56					
UNIDADES AFECTADAS	GP-S				GP-S				GP-S				GP-S					
COTA NIVEL DE AGUA (m)	< 230				< 240				< 240				< 250					
ALTURA PIEZOMÉTRICA (m)	0 0				0				0				0					
CAUDAL INFILTRADO (l/min)	0 0				0				0				0					
MÓDULO DE DEFORMACIÓN EN EXTENSIÓN E (MPa)	83 / 366				83 / 366				83 / 366				83 / 366					
COEF. DE POISSON	0,3				0,3				0,3				0,3					
COHESIÓN C (KPa)	15 / 32				15 / 32				15 / 32				15 / 32					
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	34 / 39				34 / 39				34 / 39				34 / 39					
Yap (KN/m²)	20 / 22				20 / 22				20 / 22				20 / 22					
SECCIÓN TIPO	70 % A 20 % B 10 % C				70 % A 20 % B 10 % C				70 % A 20 % B 10 % C				50 % A 30 % B 20 % C					
LONGITUD PASE (m)	A: 2 m B: 1m C: 1m				A: 2 m B: 1m C: 1m				A: 2 m B: 1m C: 1m				A: 2 m B: 1m C: 1m					
EXCAVABILIDAD	90 % Medios mecánicos 10 % Martillo				90 % Medios mecánicos 10 % Martillo				90 % Medios mecánicos 10 % Martillo				90 % M. mecánicos 10 % Mart.					
OBSERVACIONES																		

Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

CONSULTORES

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AVE. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO" ETAPA 1A

ESCALA (M):  
H: 1/2.500  
V: 1/250

FECHA:  
FEBRERO 2014

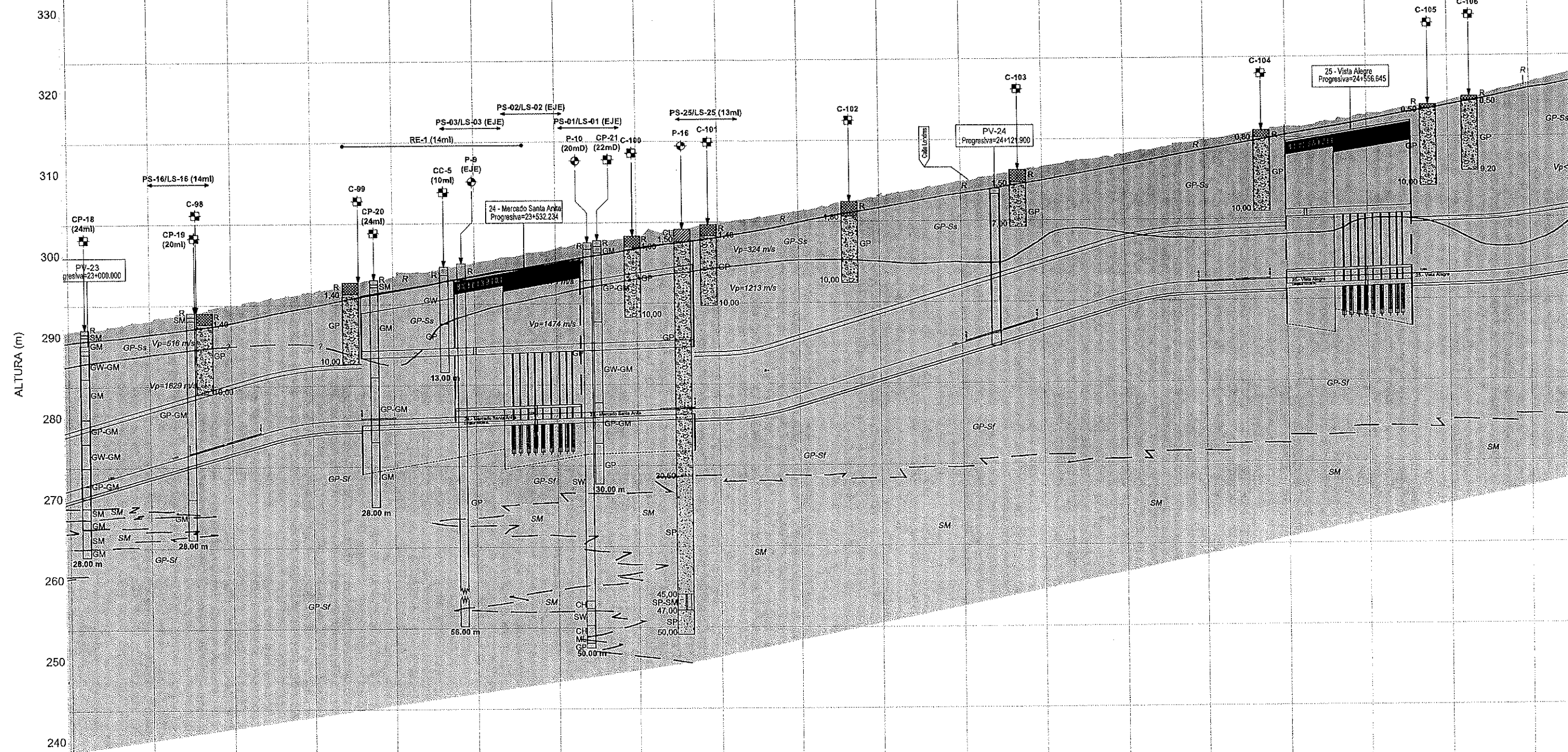
MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN. TÚNELES TUNEL DE LÍNEA PERFIL LONGITUDINAL MÉTODOS CONVENCIONALES

PLANO N° 1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN-P001

HOJA 3 de 4

REVISIÓN 3





P.K.	23+000	23+100	23+200	23+300	23+400	23+500	23+600	23+700	23+800	23+900	24+000	24+100	24+200	24+300	24+400	24+500	24+600	24+700	24+800
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

TRAMO (m)	106.11	259.14	525.01	204.77	191
	12.59 / 10.97	10.97 / 9.05			
RECUBRIMIENTO (m)			16.08 / 10.52	11.86 / 10.12	
UNIDADES AFECTADAS					GP-S
					< 270
DOTA NIVEL DE AGUA (m)					< 280
ALTURA PIEZOMÉTRICA (m)					0
CAUDAL INFILTRADO (l/m)					0
MÓDULO DE DEFORMACIÓN EN EXTENSIÓN E (MPa)			83 / 366		83 / 366
COEF. DE POISSON			0,3		0,3
COHESIÓN C (KPa)			15 / 32		15 / 32
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)			34 / 39		34 / 39
Ysp (kN/m <sup>3</sup> )			20 / 22		20 / 22
SECCIÓN TIPO	70 % A 20 % B 10 % C	50 % A 30 % B 20 %	50 % A 30 % B 20 %	10 % A 50 % B 40 % C	10 % A 50 % B 40 % C
LONGITUD PASE (m)		A: 2 m B: 1m C: 1m			A: 2 m B: 1m C: 1m
EXCAVABILIDAD		90 % Medios mecánicos 10 % Martillo			90 % M. mecánicos 10 % Martillo
OBSERVACIONES					

PANTALLAS

PANTALLAS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABO GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

CONSULTORES

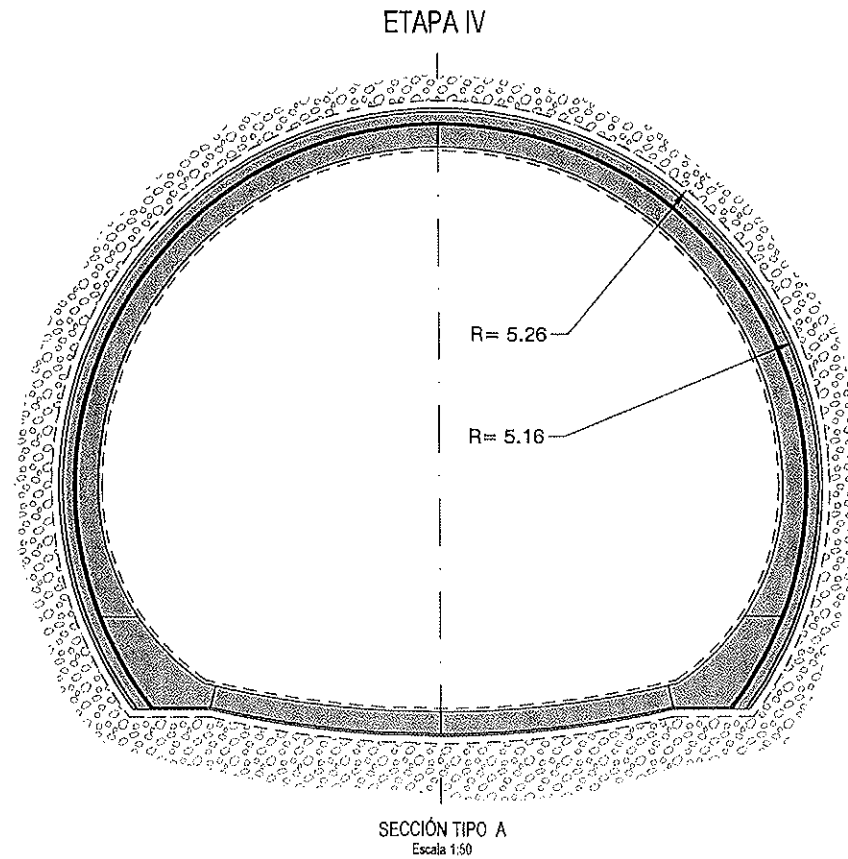
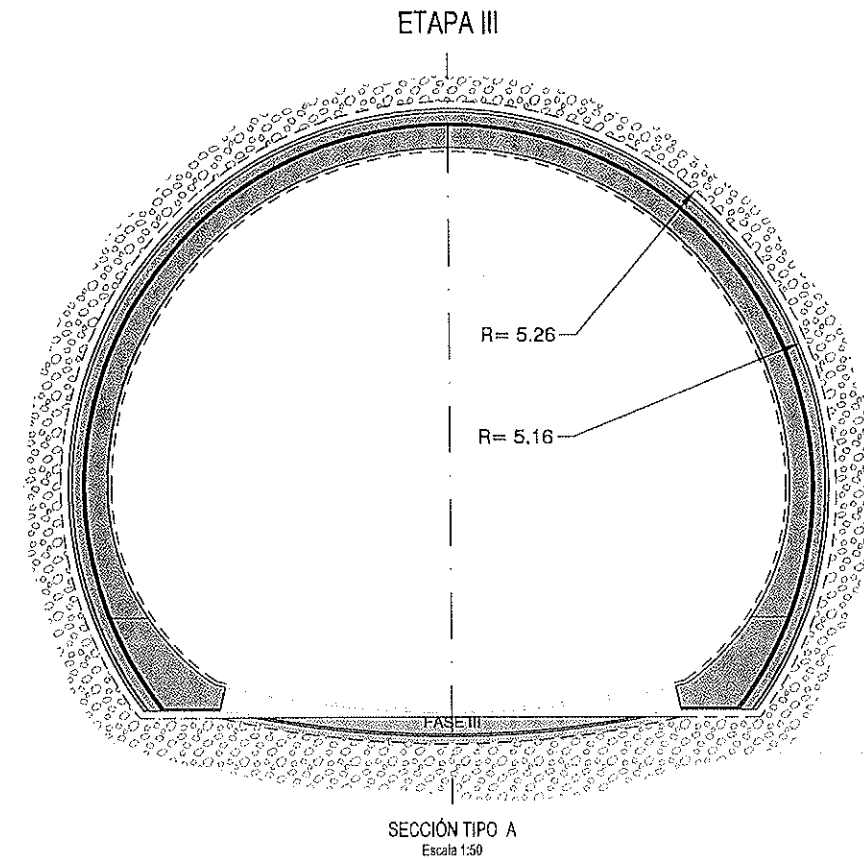
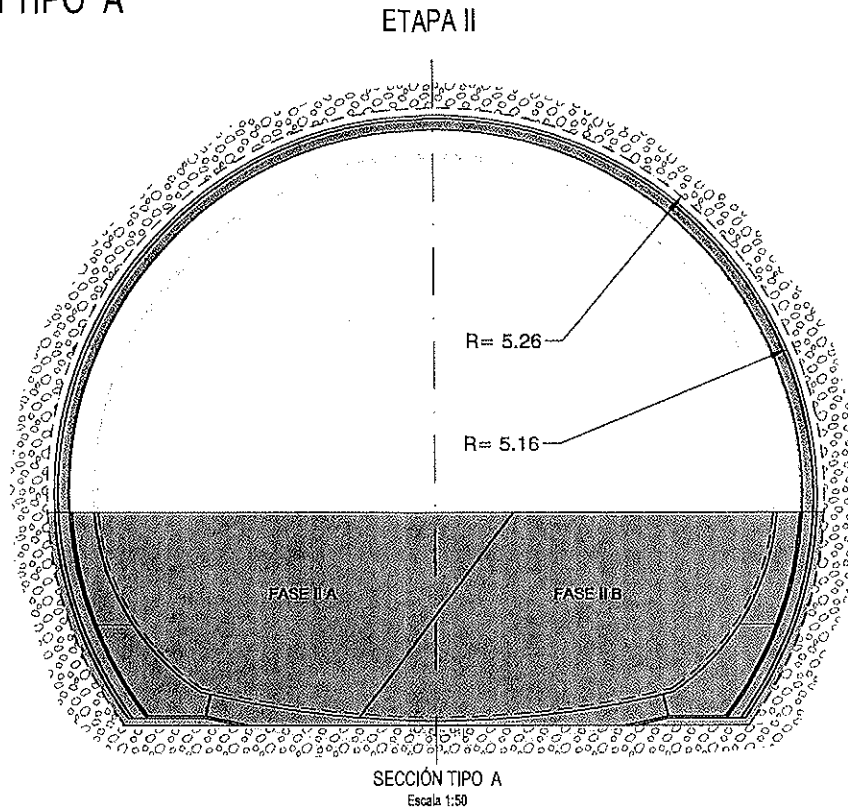
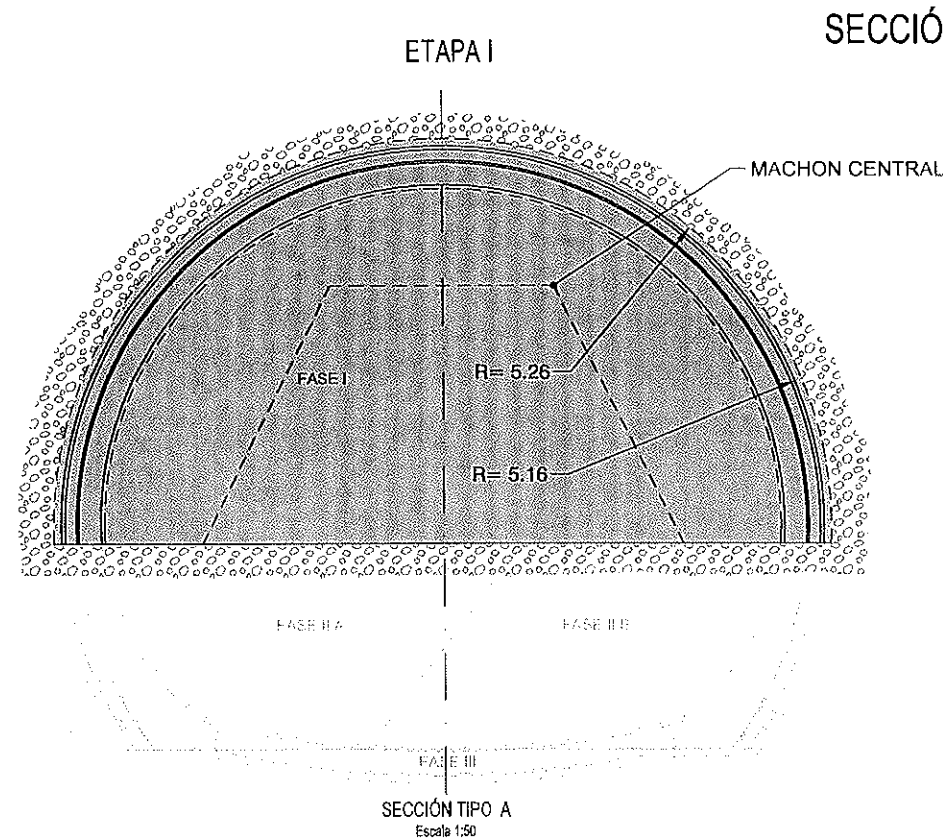
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AVE. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO" ETAPA 1A

ESCALA (A):  
 H: 1/2.500  
 V: 1/250  
 FECHA:  
 FEBRERO 2014

MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN, TÚNELES  
 TÚNEL DE LÍNEA  
 PERFIL LONGITUDINAL  
 MÉTODOS CONVENCIONALES

PLANO N° 1201-PLOC-TUN-ESR-E1A-LN-P001 HOJA 4 de 4 REVISIÓN 3

Rafx\_Membrete\_MetroLima\_Rev03\_Etapa\_1A.dwg



DESCRIPCIÓN DE LA EXCAVACIÓN		
ETAPA	FASE	DESCRIPCIÓN
I	FASE I	Excavación de la bóveda con machón central
II	FASE II A	Excavación de la destroza lateral izquierda
	FASE II B	Excavación de la destroza lateral derecha
III	FASE III	Excavación de la contrabóveda
IV	FASE IV	Excavación del revestimiento secundario de la contrabóveda

EXCAVACIÓN		
ETAPA	FASE	DESCRIPCIÓN
I	FASE I	Excavación de la bóveda con machón central
II	FASE II A	Excavación de la destroza lateral izquierda
	FASE II B	Excavación de la destroza lateral derecha
III	FASE III	Excavación de la contrabóveda
IV	FASE IV	Excavación del revestimiento secundario de la contrabóveda

DESCRIPCIÓN DE LA EXCAVACIÓN			EXCAVACIÓN	
ETAPA	FASE	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	EXTENSIÓN (m²)
I	FASE I	Excavación de la bóveda con machón central	...	...
II	FASE II A	Excavación de la destroza lateral izquierda	...	...
	FASE II B	Excavación de la destroza lateral derecha	...	...
III	FASE III	Excavación de la contrabóveda	...	...
IV	FASE IV	Excavación del revestimiento secundario de la contrabóveda	...	...
TOTAL			...	...

NOTA: LA EXCAVACIÓN SE HA MEDIDO HASTA LA LÍNEA DE ABONO.

• Etapa I:

- a) Excavación de la bóveda con machón central (FASE I).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la bóveda.
- c) Ejecución del machón central.

• Etapa II:

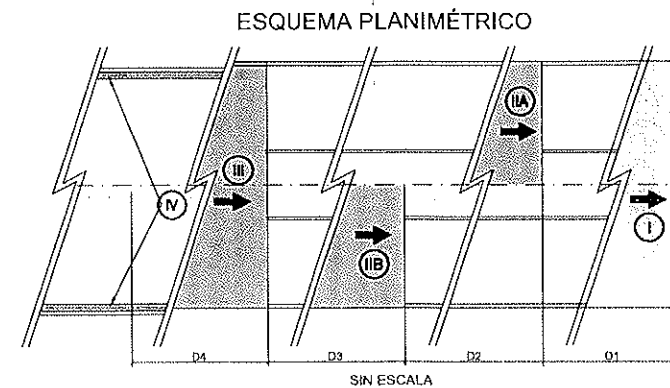
- a) Excavación de la destroza lateral izquierda (FASE II A).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral izquierda.
- c) Excavación de la destroza lateral derecha (FASE II B).
- d) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral derecha.
- e) Ejecución muros de arranque y bóveda del revestimiento secundario.

• Etapa III:

- a) Excavación de la contrabóveda (FASE III)

• Etapa IV:

- a) Ejecución del revestimiento secundario de la contrabóveda.



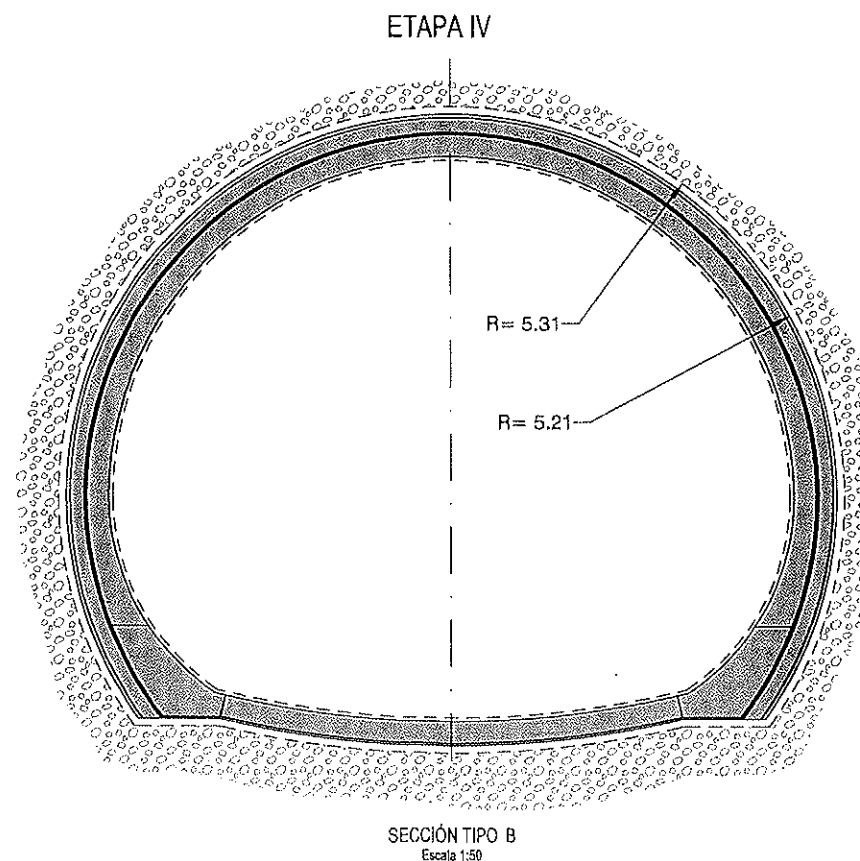
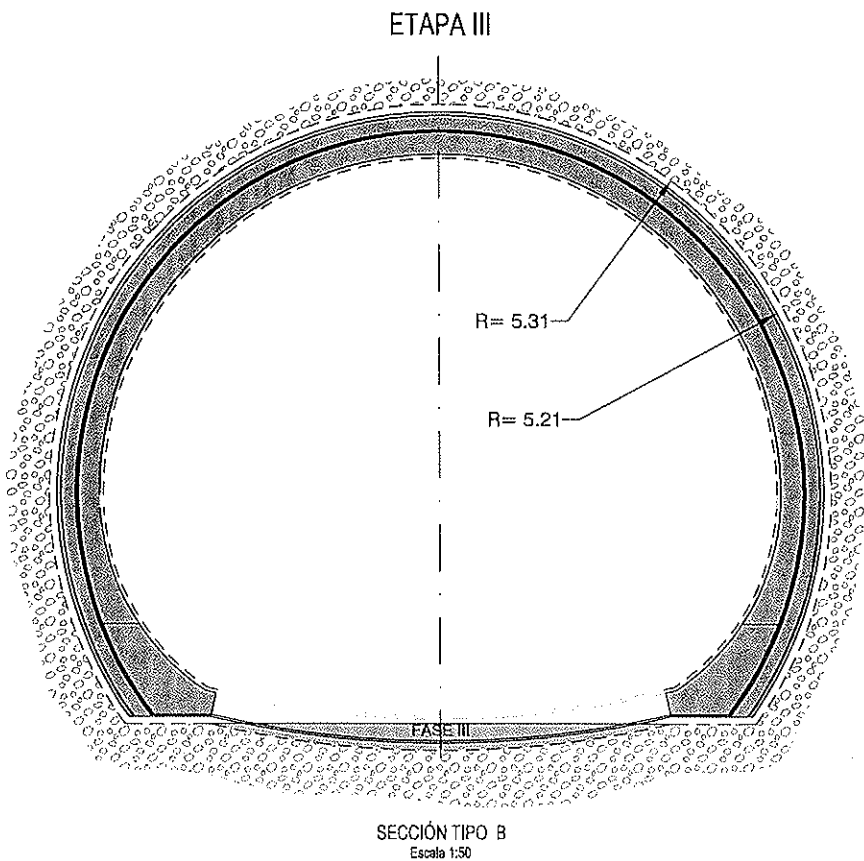
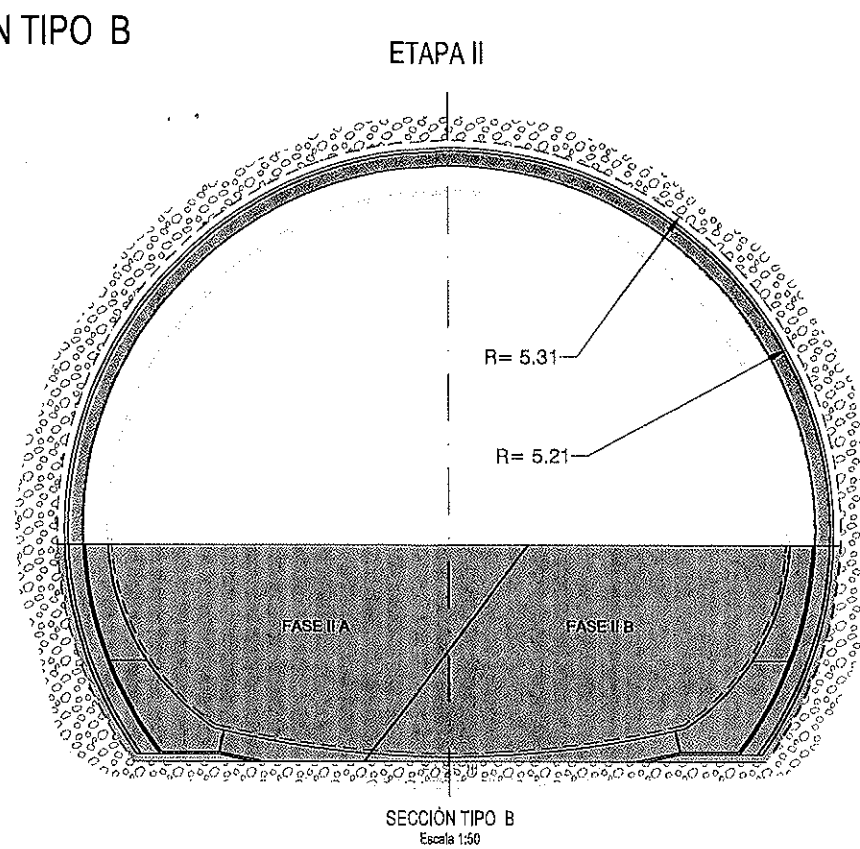
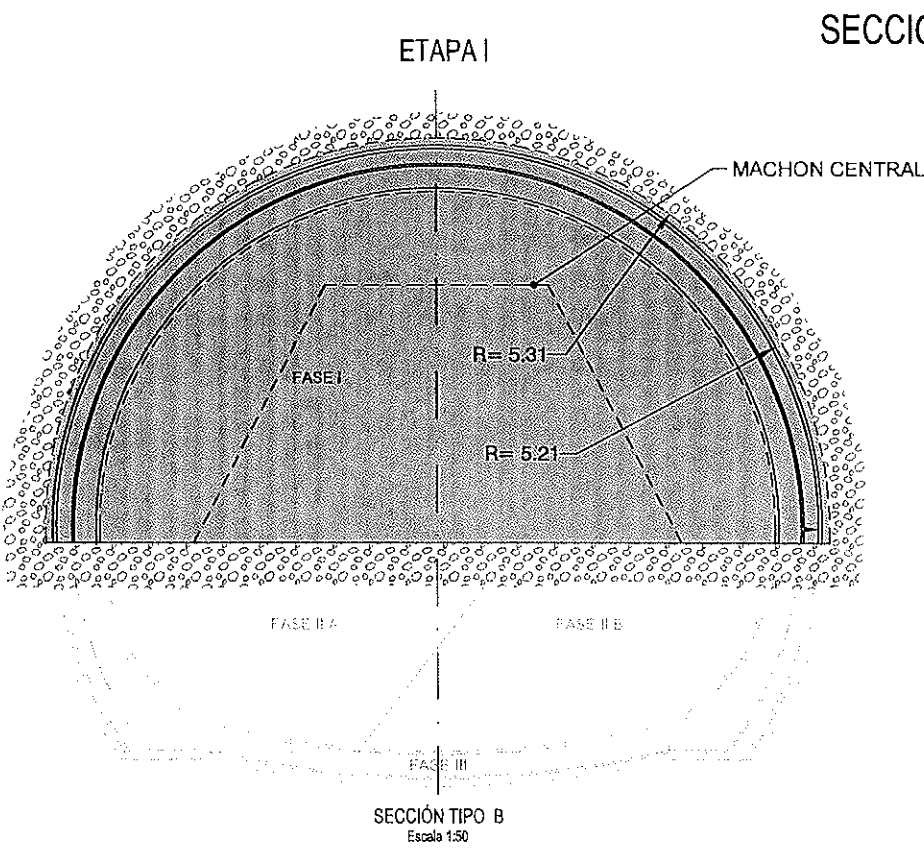
Distancias entre los frentes de excavación:

- D1 ≥ 15 m.
- D2 ≥ 10 m.
- D3 ≥ 10 m.
- D4 ≥ 15 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

C:\Ingenieria\Proyectos\delmetros\delmetros\10-2-2014\tunel de limas\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 1/10/2014 - 10:30





APLICACIÓN SECCIÓN TIPO	
SECCIÓN	CRITERIO
I	PARTE DEL FRENTE EN GRAVAS MUY DENSAS

SECCIÓN TIPO	FASES	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN	RECURSOS
I	1	Excavación de la bóveda con machón central (FASE I).	
I	2	Ejecución del revestimiento primario de la bóveda.	
I	3	Excavación del machón central.	

SECCIÓN TIPO	FASES	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN	RECURSOS	FECHA
II	1	Excavación de la destroza lateral izquierda (FASE II A).	1	14.02
	2	Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral izquierda.	1	14.02
	3	Excavación de la destroza lateral derecha (FASE II B).	1	14.02
	4	Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral derecha.	1	14.02
	5	Ejecución muros de arranque y bóveda del revestimiento secundario.	1	14.02
TOTAL			5	14.02

NOTA: LA EXCAVACIÓN SE HA MEDIDO HASTA LA LÍNEA DE ABONO.

\* Etapa I:

- a) Excavación de la bóveda con machón central (FASE I).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la bóveda.
- c) Excavación del machón central.

\* Etapa II:

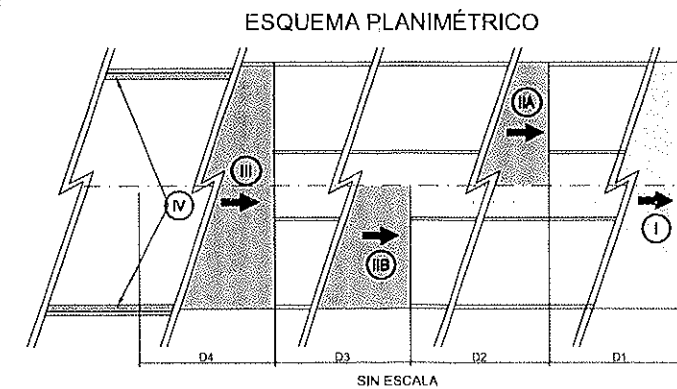
- a) Excavación de la destroza lateral izquierda (FASE II A).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral izquierda.
- c) Excavación de la destroza lateral derecha (FASE II B).
- d) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral derecha.
- e) Ejecución muros de arranque y bóveda del revestimiento secundario.

\* Etapa III:

- a) Excavación de la contrabóveda (FASE III)

\* Etapa IV:

- a) Ejecución del revestimiento secundario de la contrabóveda.



Distancias entre los frentes de excavación:

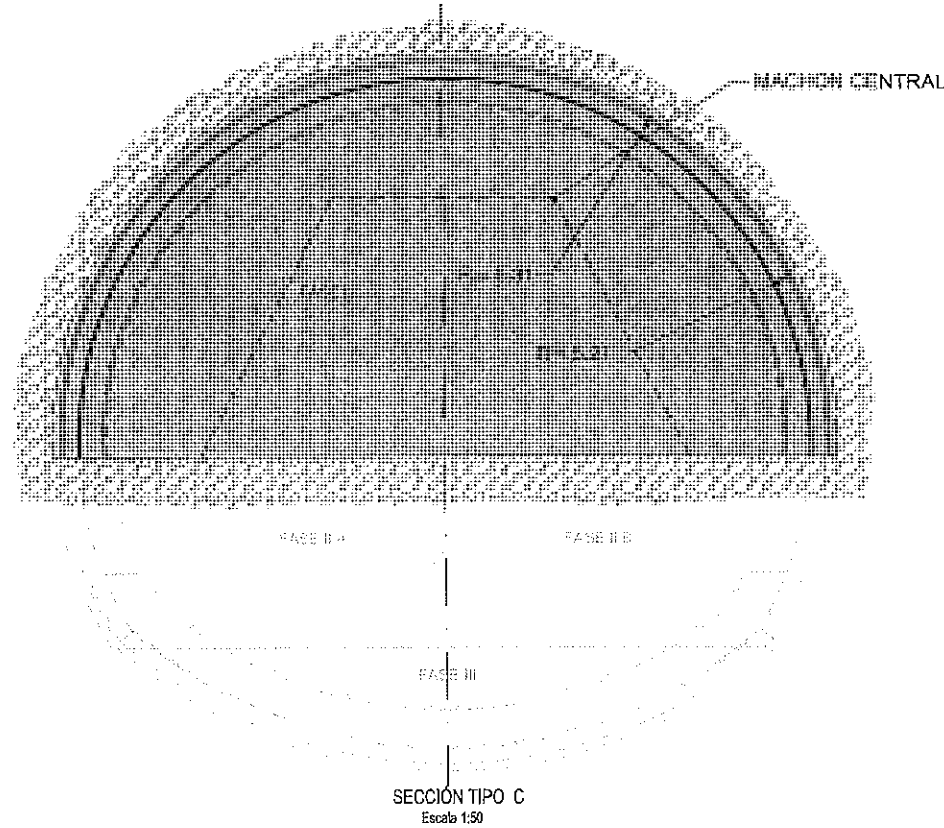
- D1 ≥ 15 m.
- D2 ≥ 10 m.
- D3 ≥ 10 m.
- D4 ≥ 15 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL

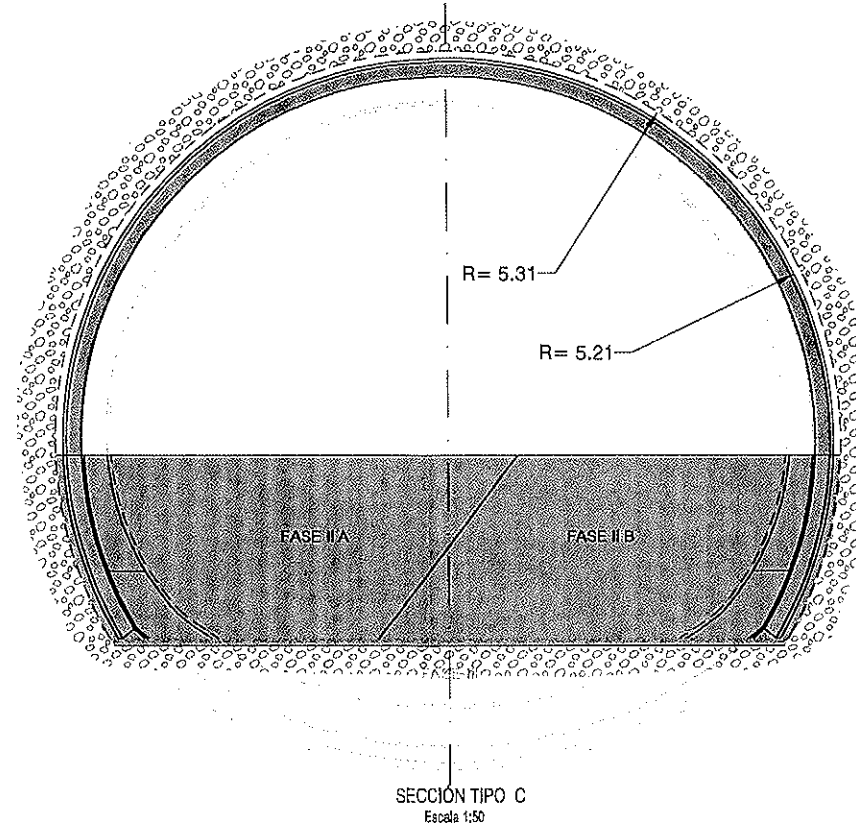
x:\trabajo\trabajos de infraestructura\10-2-2014\trabajo de linea\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:31

SECCIÓN TIPO C

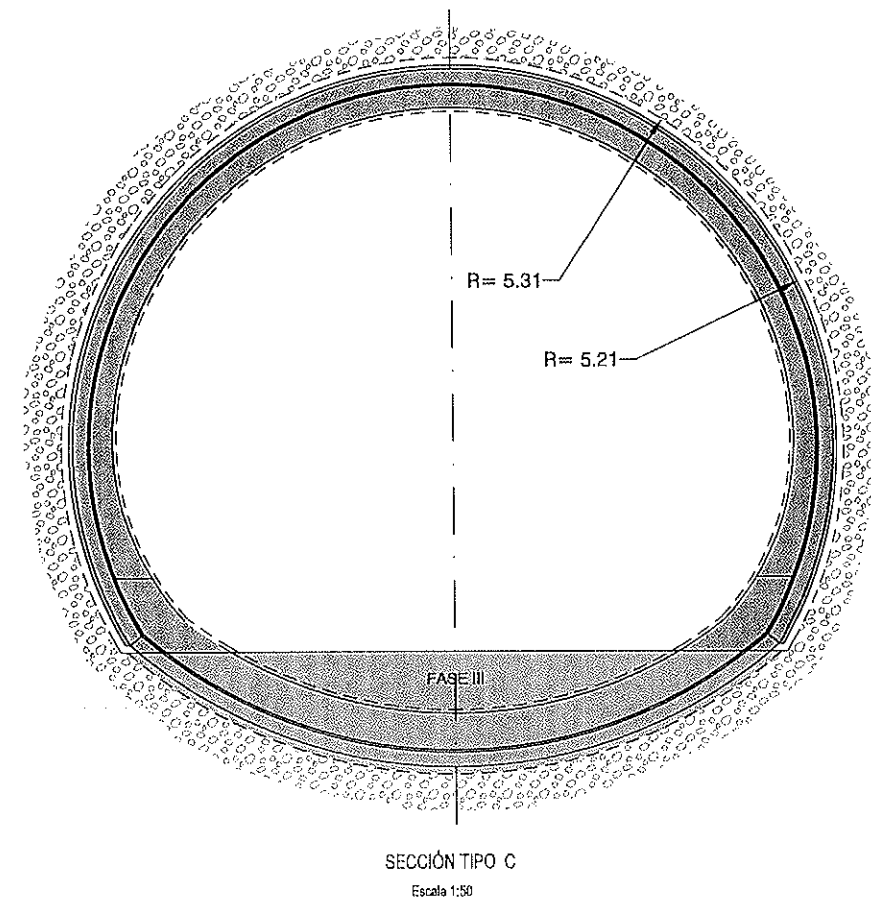
ETAPA I



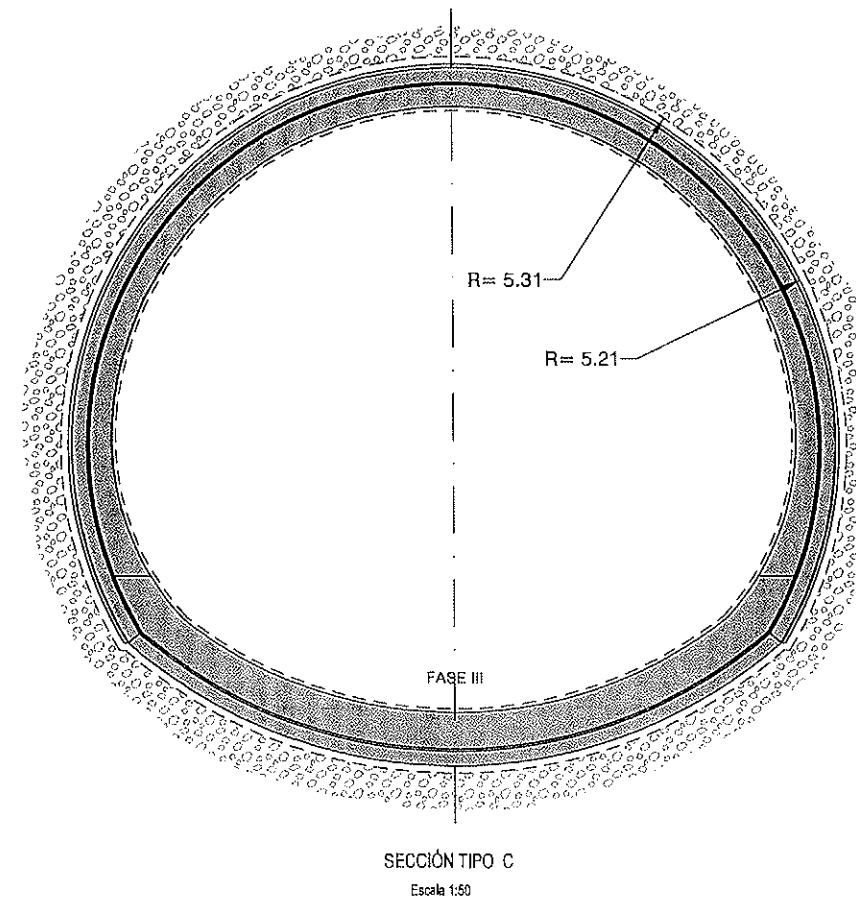
ETAPA II



ETAPA III



ETAPA IV



APLICACIÓN SECCIÓN TIPO	
SECCIÓN	CRITERIO
C	TODO EL FRENTE EN GRAVAS MEDIANAMENTE DENSAS, DE BAJA DENSIDAD RELATIVA

EXCAVACIÓN			
SECCIÓN TIPO	FASES	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES	PROFUNDIDAD

EXCAVACIÓN				REVESTIMIENTO			
SECCIÓN TIPO	FASES	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES	PROFUNDIDAD	SECCIÓN TIPO	FASES	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES	PROFUNDIDAD

NOTA: LA EXCAVACIÓN SE HA MEDIDO HASTA LA LÍNEA DE ABONO.

\* Etapa I:

- a) Excavación de la bóveda con machón central (FASE I).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la bóveda.
- c) Excavación del machón central.

\* Etapa II:

- a) Excavación de la destroza lateral izquierda (FASE II A).
- b) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral izquierda.
- c) Excavación de la destroza lateral derecha (FASE II B).
- d) Ejecución del revestimiento primario de la destroza lateral derecha.

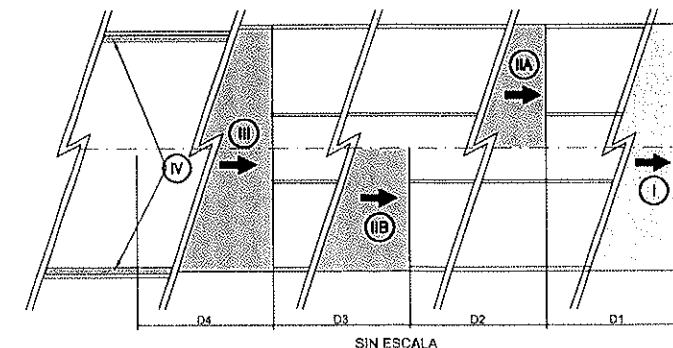
\* Etapa III:

- a) Excavación de la contrabóveda (FASE III)
- b) Ejecución del revestimiento primario de la contrabóveda.

\* Etapa IV:

- a) Ejecución de la contrabóveda y muros de arranque del revestimiento secundario.
- b) Ejecución de la bóveda del revestimiento secundario.

ESQUEMA PLANIMÉTRICO

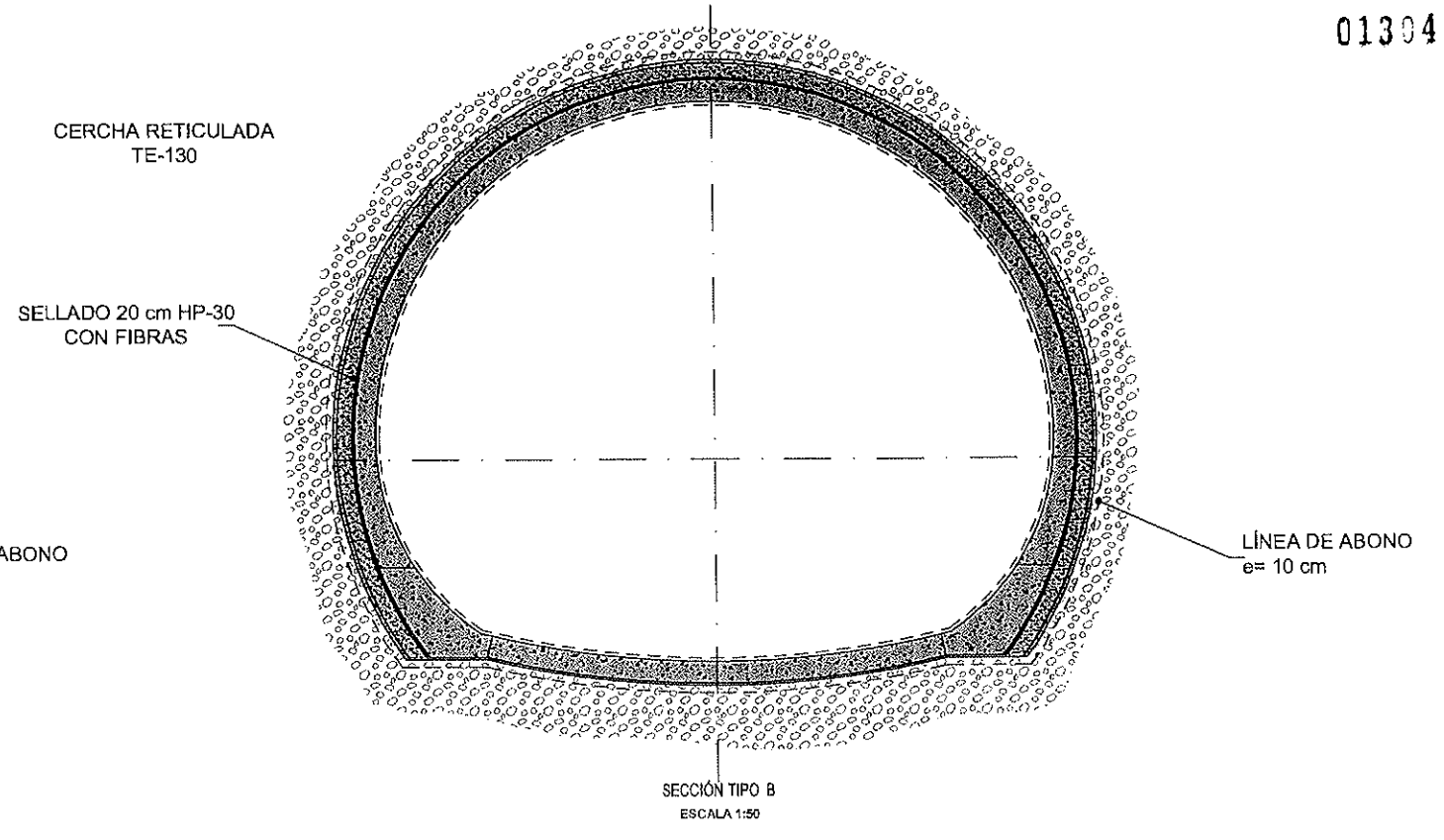
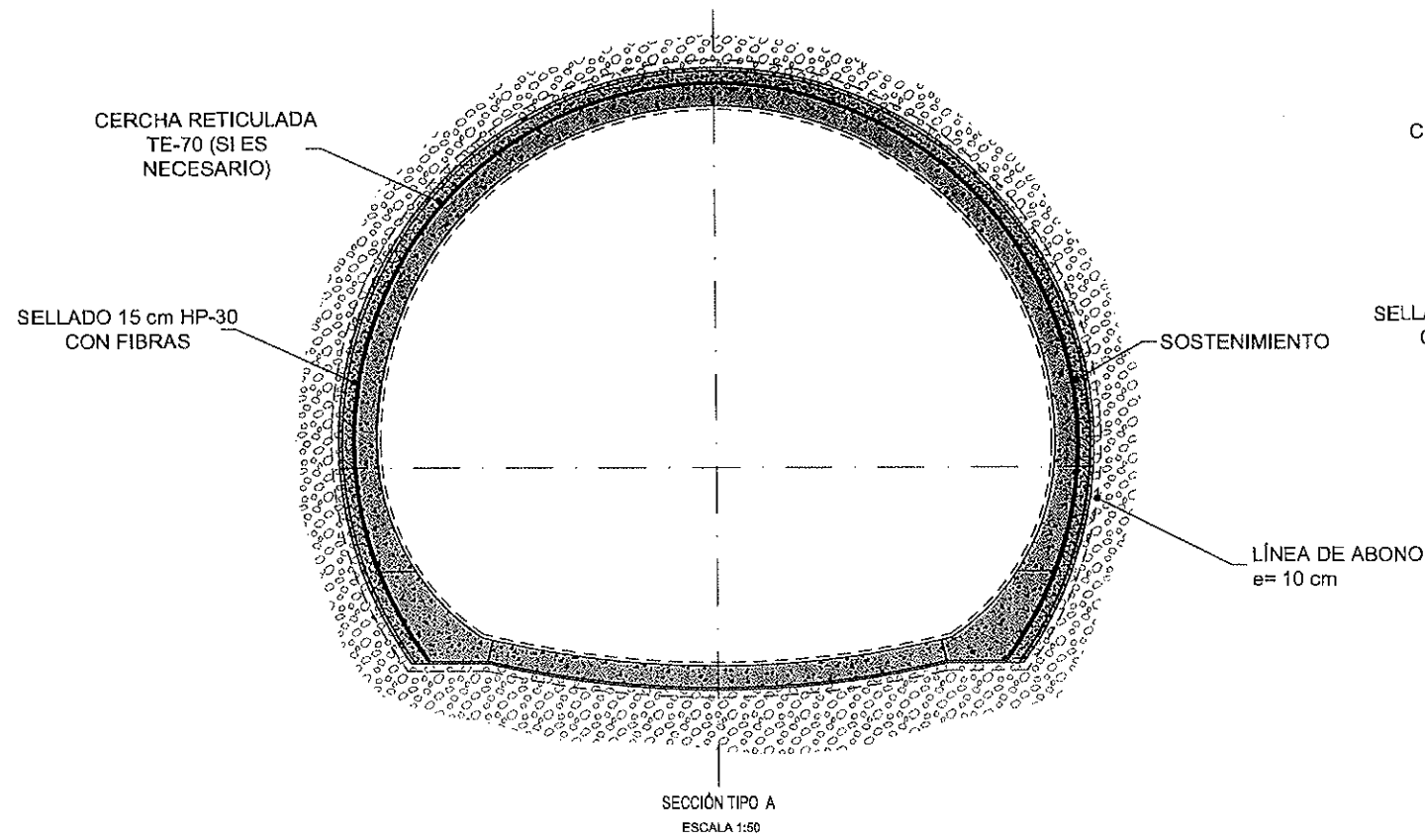


Distancias entre los frentes de excavación:

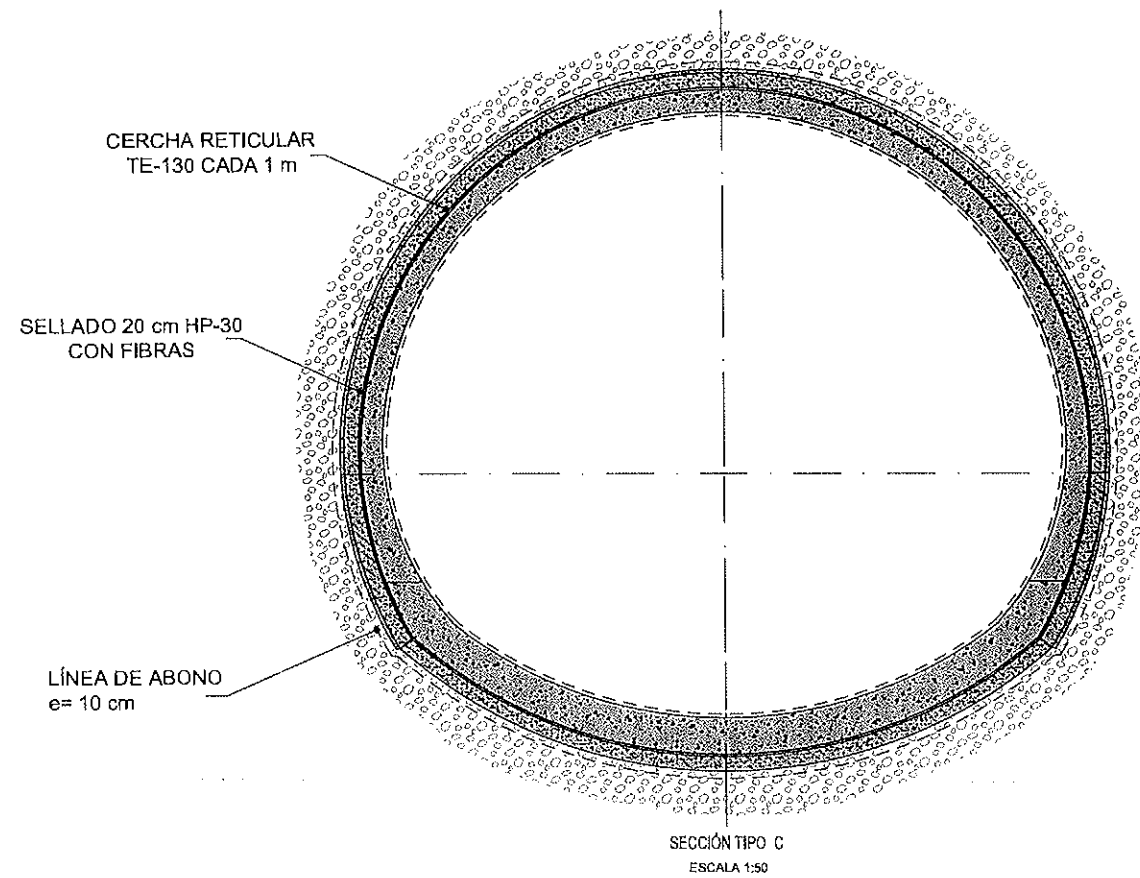
- D1 ≥ 15 m.
- D2 ≥ 10 m.
- D3 = 5 m.
- D4 ≥ 10 m.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL

x:\macrotrabajos\deliberación\020257\_metro de lima\metros\etapa 1\02-2014\trabajo de línea\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:31



APLICACIÓN SECCIÓN TIPO	
SECCIÓN	CRITERIO
A	TODO EL FRENTE EN GRAVAS MUY DENSAS
B	PARTE DEL FRENTE EN GRAVAS MUY DENSAS
C	TODO EL FRENTE EN GRAVAS MEDIANAMENTE DENSAS, DE BAJA DENSIDAD RELATIVA



ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA		
		A	B	C
REVESTIMIENTO INTERNO	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO INTERNO	10	10	10
REVESTIMIENTO EXTERNO	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10
	REVESTIMIENTO EXTERNO	10	10	10

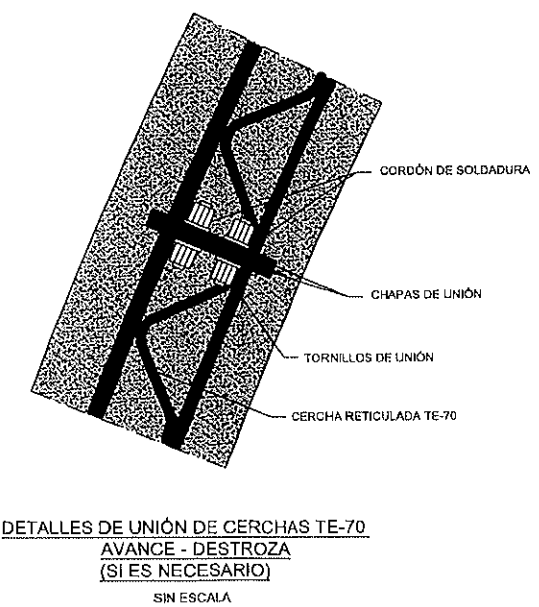
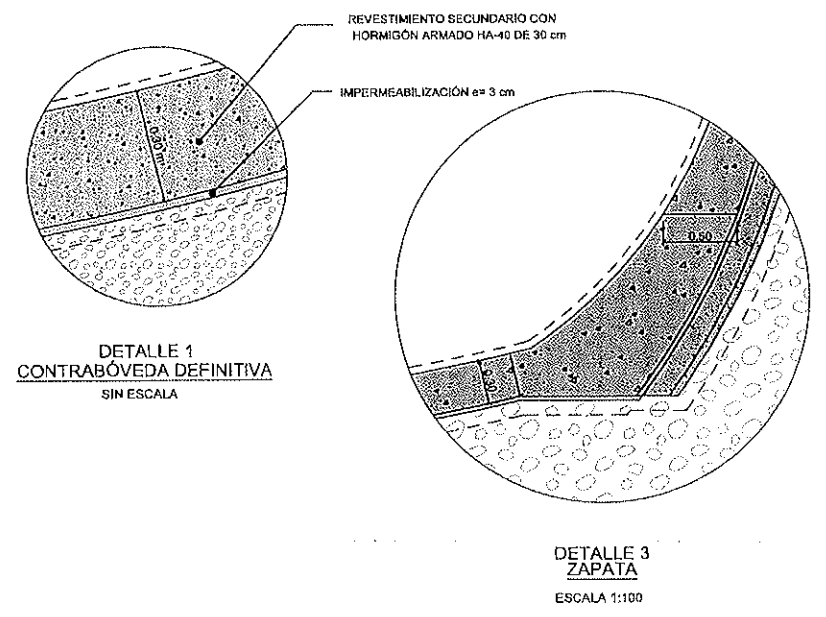
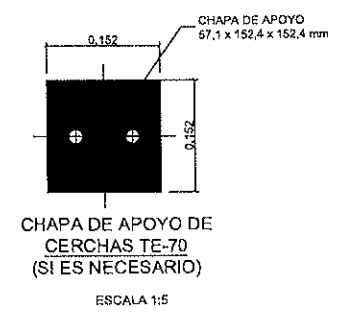
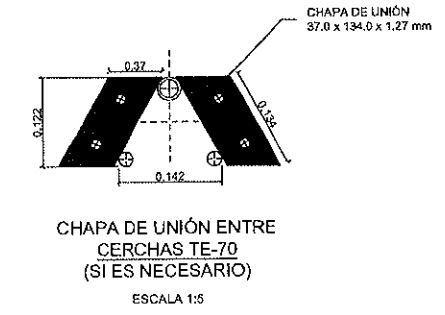
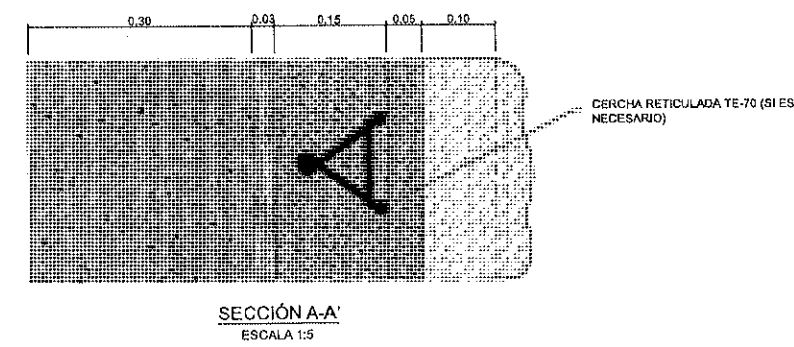
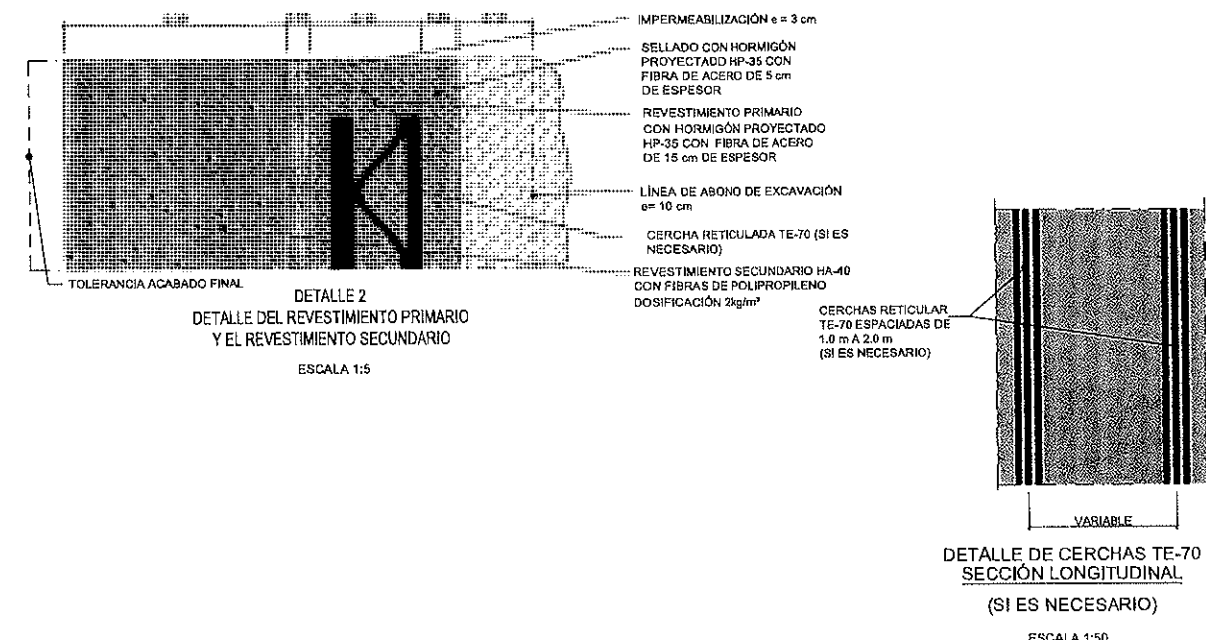
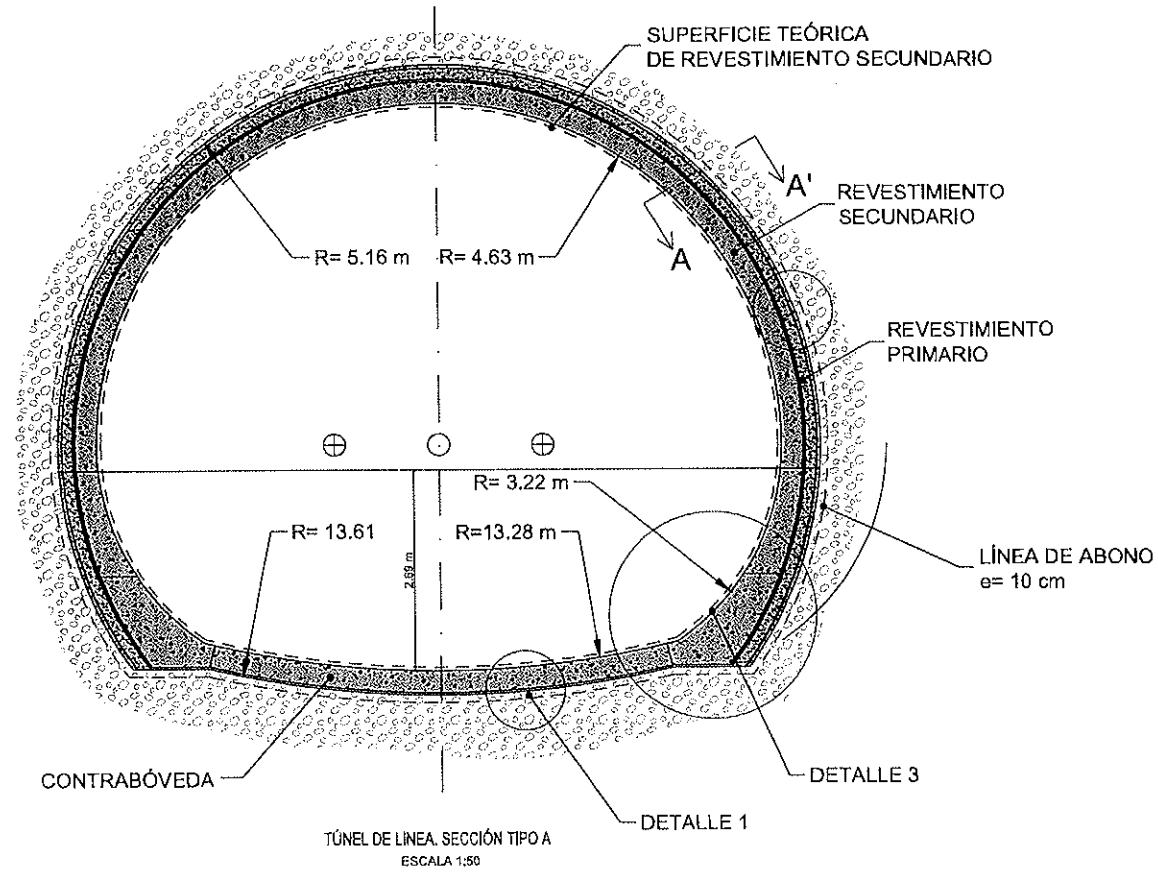
\* LA DOSIFICACIÓN INDICADA DE FIBRAS PODRÁ DISMINUIRSE SIEMPRE Y CUANDO SE COMPROBE QUE LA ENERGÍA ABSORBIDA EN EL ENSAYO SOBRE PLACA SUPERA LOS 750 J.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

x:\trabajo\trabajo\edificacion\202057 metro de lima\linea\201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001.dwg - 130022014 - 10.31



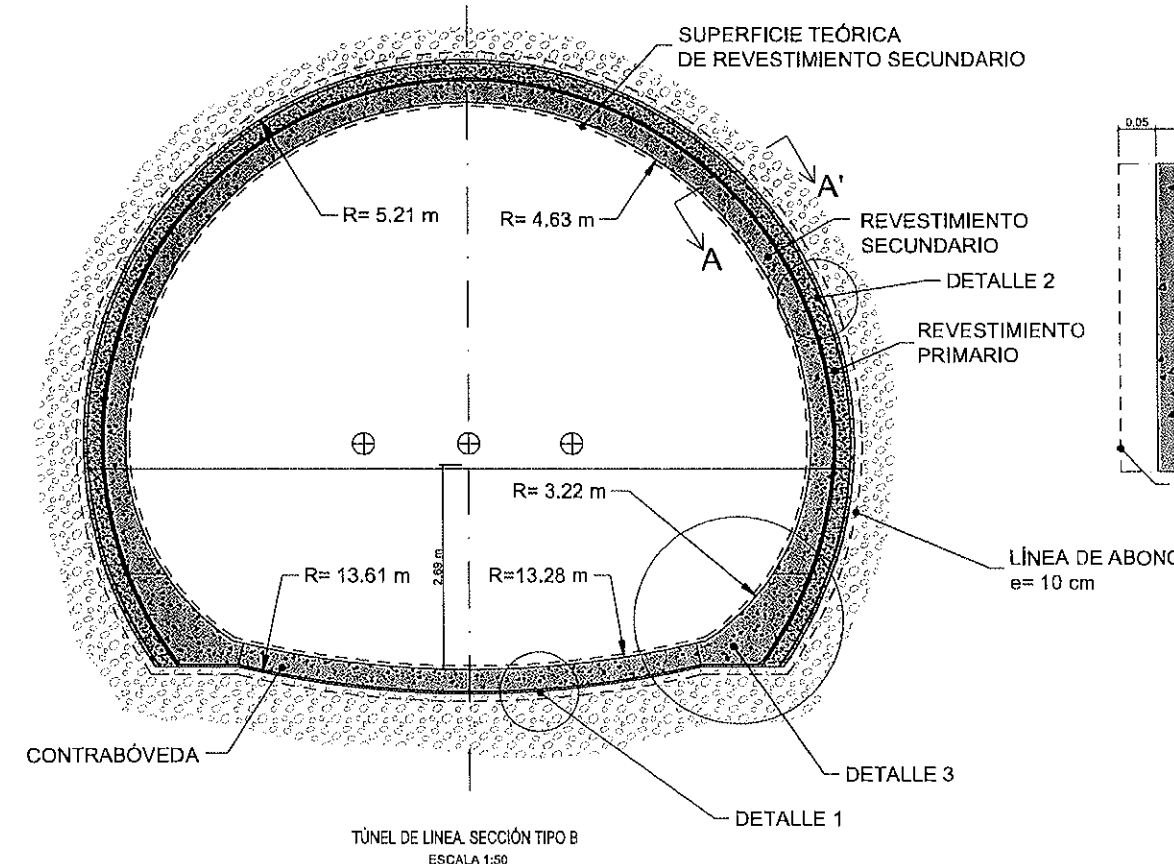
SECCIÓN TIPO A



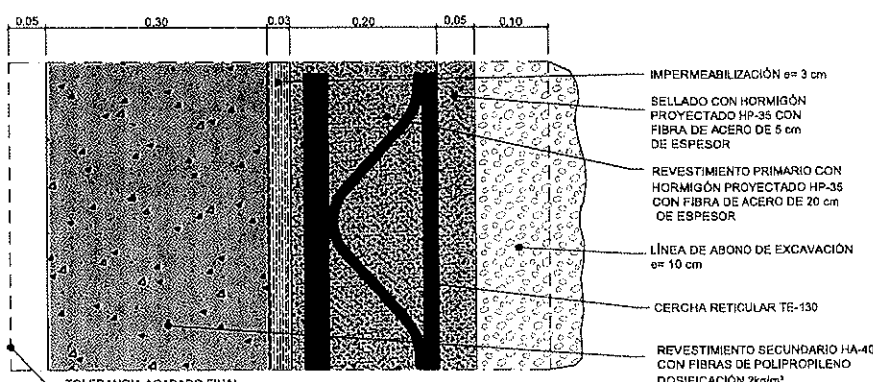
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

C:\nauro\trabajos delinca\construccion\10-20-2014\trabajo de linea\informacion\10-20-2014\trabajo de linea\informacion\10-20-2014 - 12:04

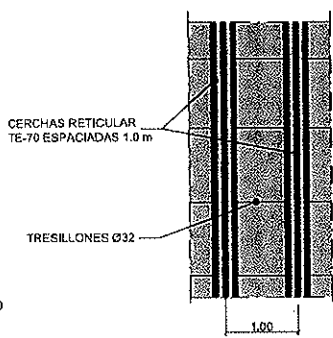
SECCIÓN TIPO B



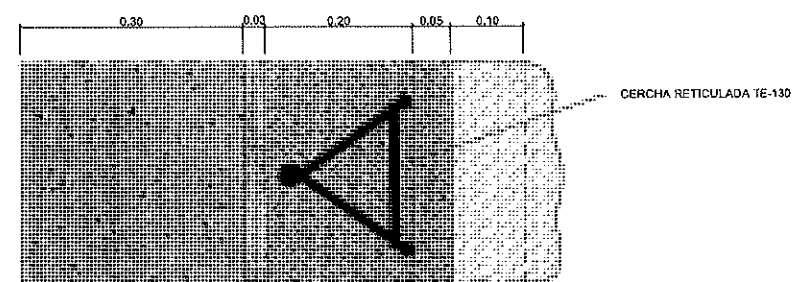
TÚNEL DE LÍNEA. SECCIÓN TIPO B  
ESCALA 1:50



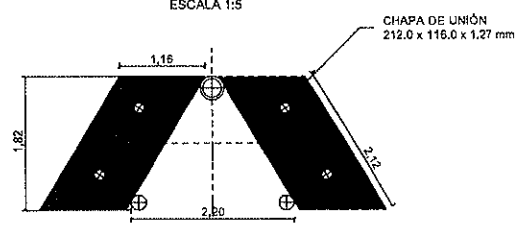
DETALLE 2  
DETALLE DEL REVESTIMIENTO PRIMARIO Y EL REVESTIMIENTO SECUNDARIO  
ESCALA 1:5



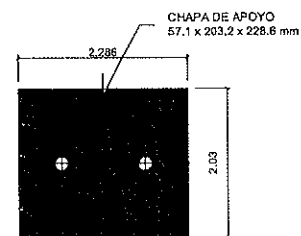
DETALLE DE CERCHAS TE-130  
SECCIÓN LONGITUDINAL  
ESCALA 1:50



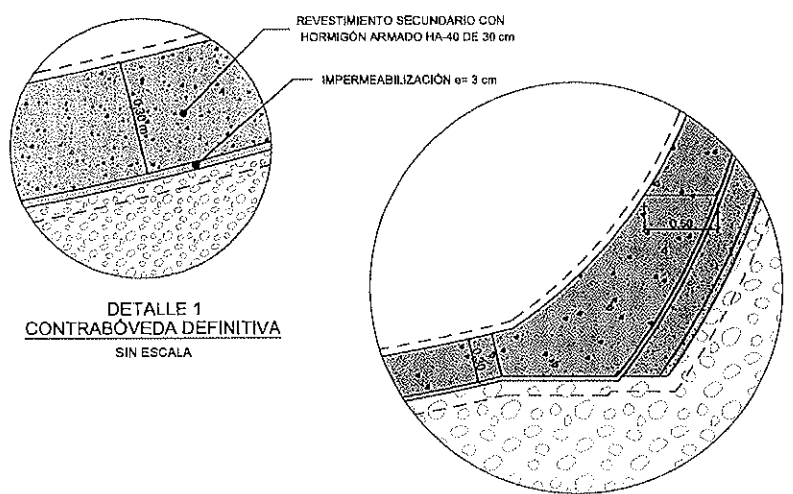
SECCIÓN A-A'  
ESCALA 1:5



CHAPA DE UNIÓN ENTRE CERCHAS TE-130  
ESCALA 1:5

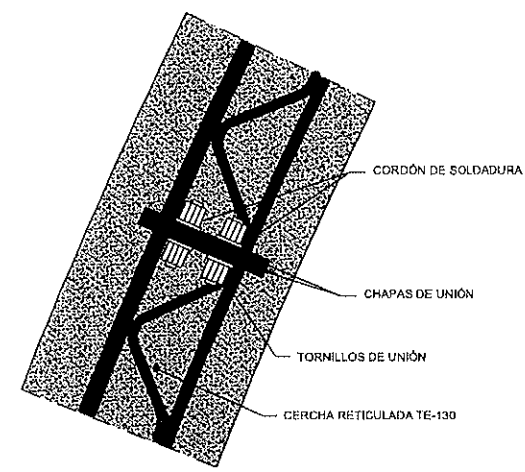


CHAPA DE APOYO CERCHAS TE-130  
ESCALA 1:5



DETALLE 1  
CONTRABÓVEDA DEFINITIVA  
SIN ESCALA

DETALLE 1  
ZAPATA  
ESCALA 1:100

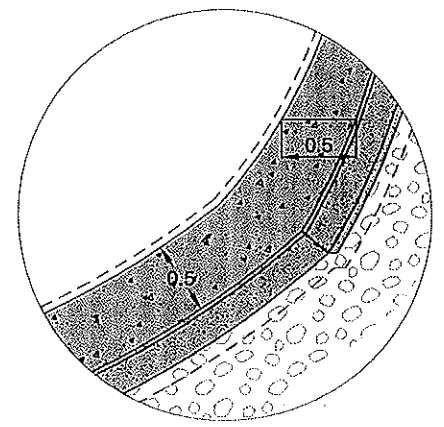
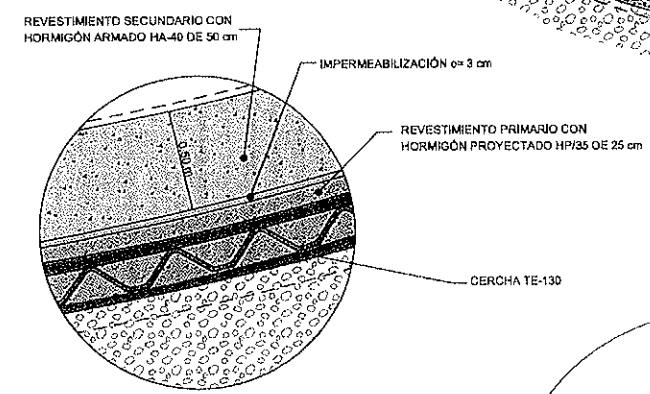
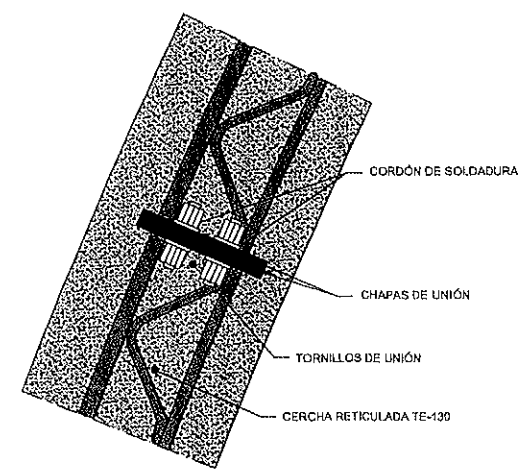
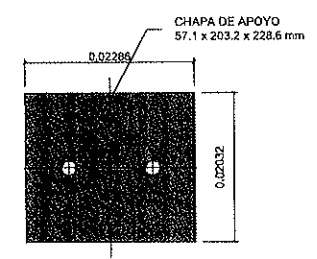
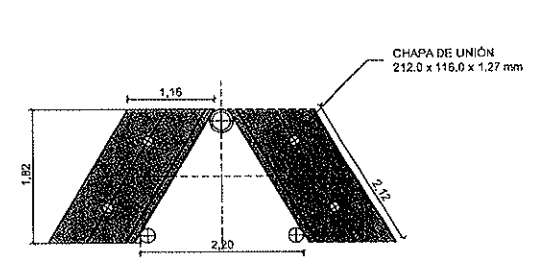
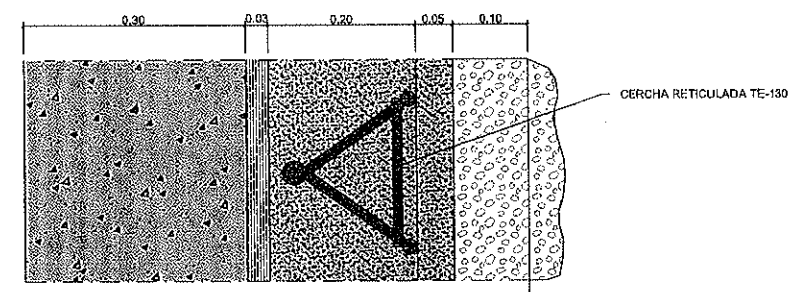
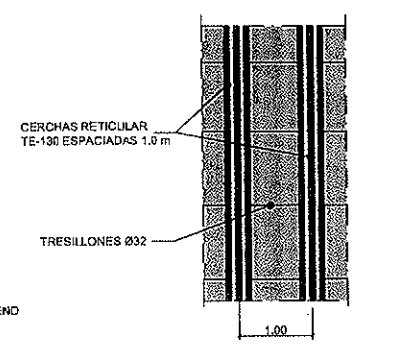
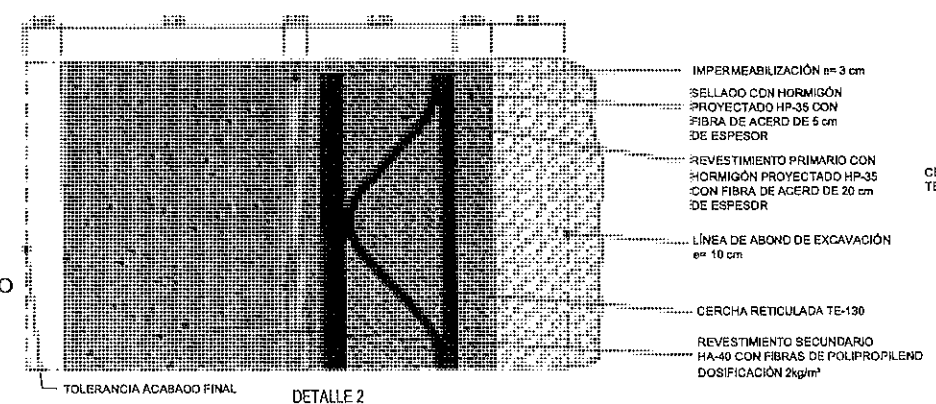
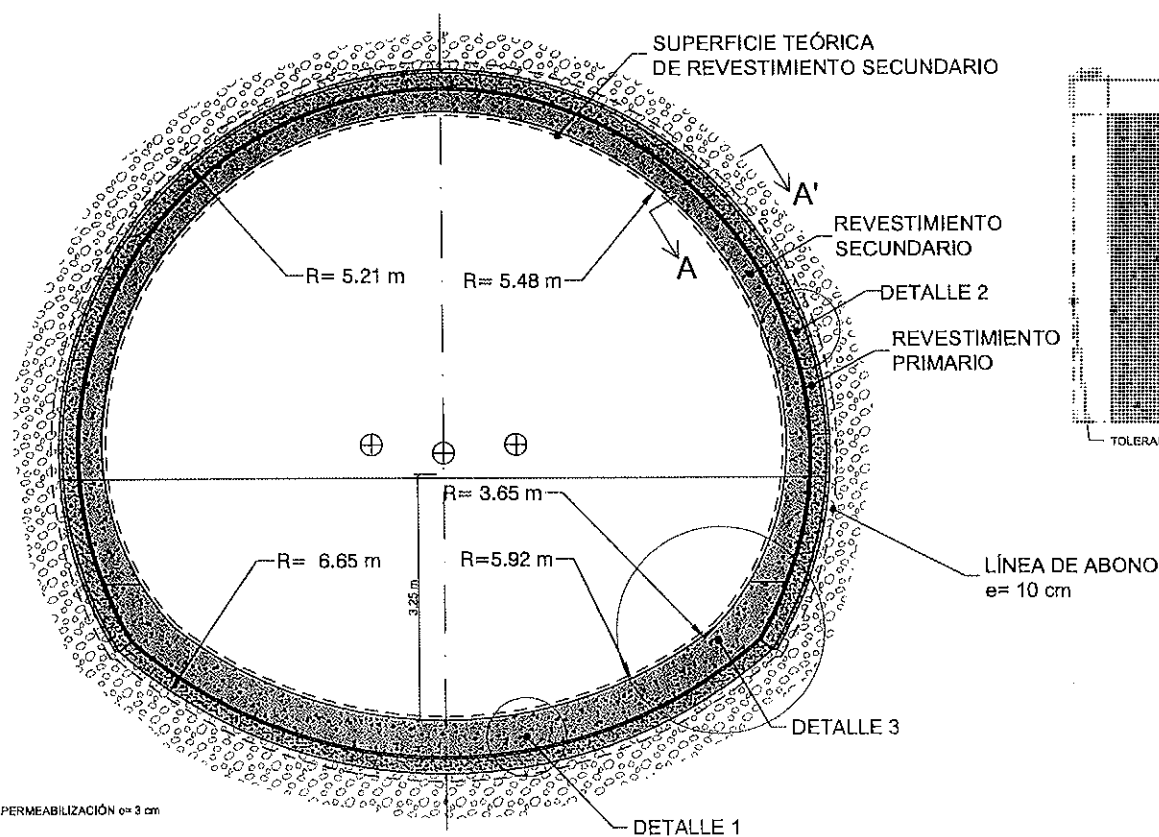


DETALLES DE UNIÓN DE CERCHAS TE-130  
AVANCE - DESTROZA  
SIN ESCALA


CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL

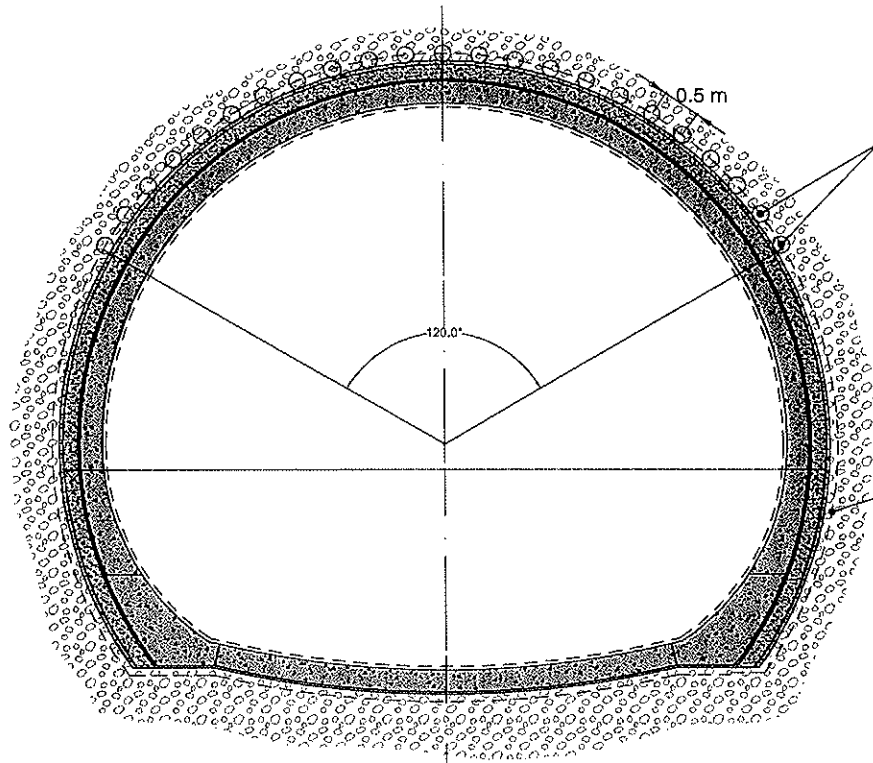
c:\trabajo\trabajos\colinas\colinas\202057 metro de lima\tunel\entrega 10-2-2014\tunel de linea\entrega\_10-2-2014\tunel de linea\entrega\_10-2-2014.dwg - 12/12/2013 - 12:04

### SECCIÓN TIPO C



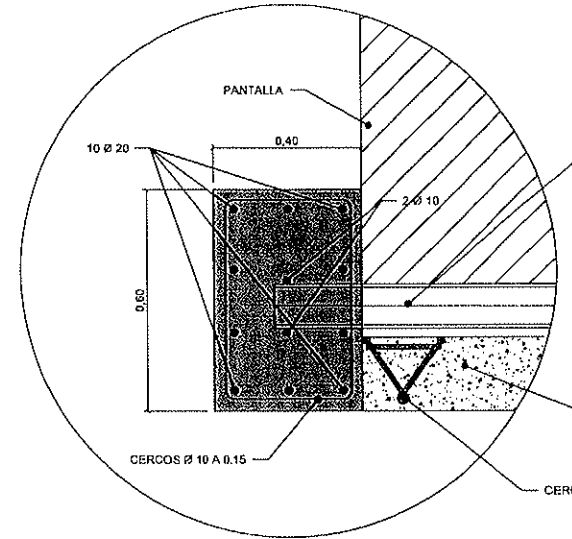
c:\trabajos\del\resad\02057\_metro de lima\trabajo\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:32

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

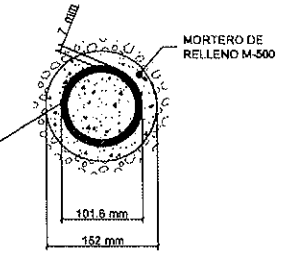


DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN B  
ESCALA 1:50

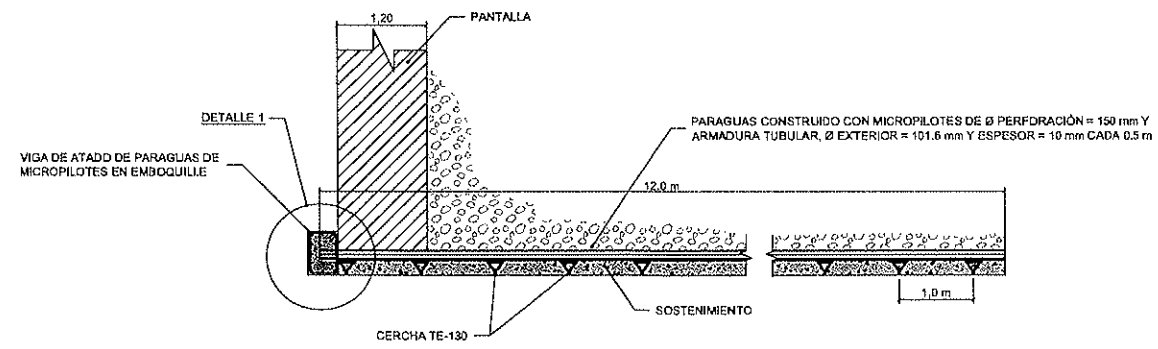
PARAGUAS CONSTRUIDO CON MICROPILOTES DE Ø PERFORACIÓN = 150 mm  
CON TUBO DE 101.6 mm, e = 10 mm Y 20 m DE LONGITUD, ESPACIADOS 0.50 m.



DETALLE 1. VIGA DE ATADO  
ESCALA 1:10



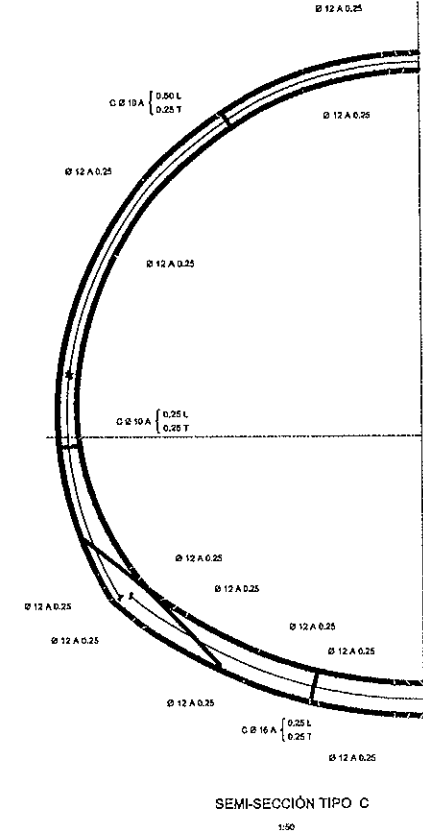
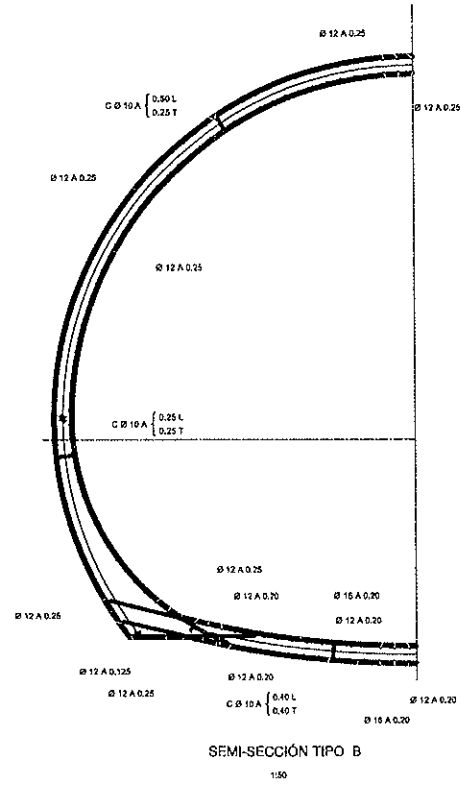
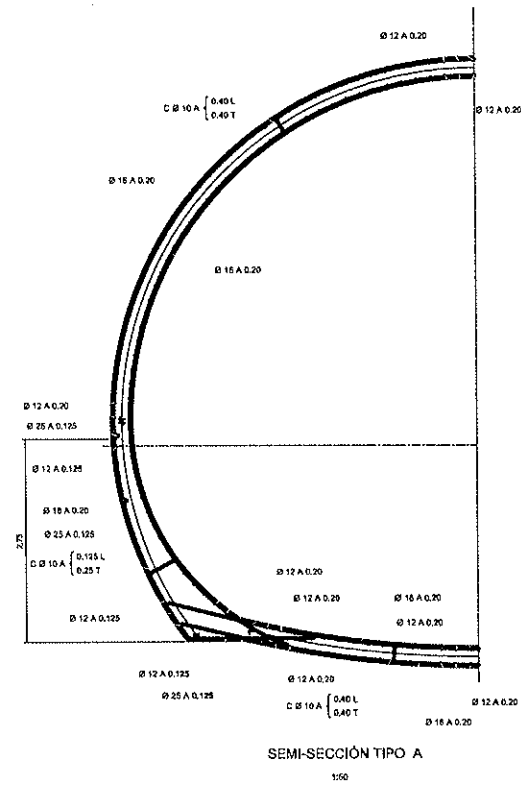
SECCIÓN TIPO DE MICROPILETE  
SIN ESCALA



PARAGUAS DE MICROPILOTES  
ESCALA 1:50

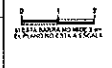
  
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
 REPRESENTANTE LEGAL

p:\proyectos\trabajos de campo\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:32



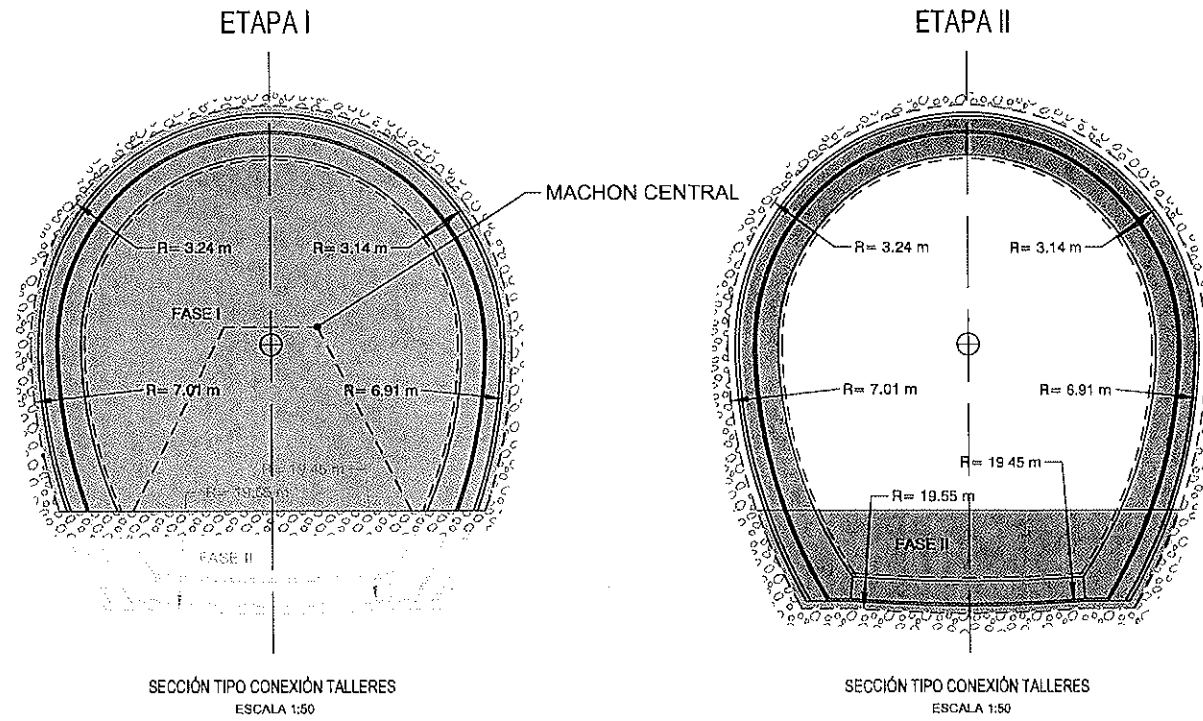
  
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA**  
 REPRESENTANTE LEGAL

x:\trabajo\trabajo de ingeniería\2020\metro de lima\tunel\trazo\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:33



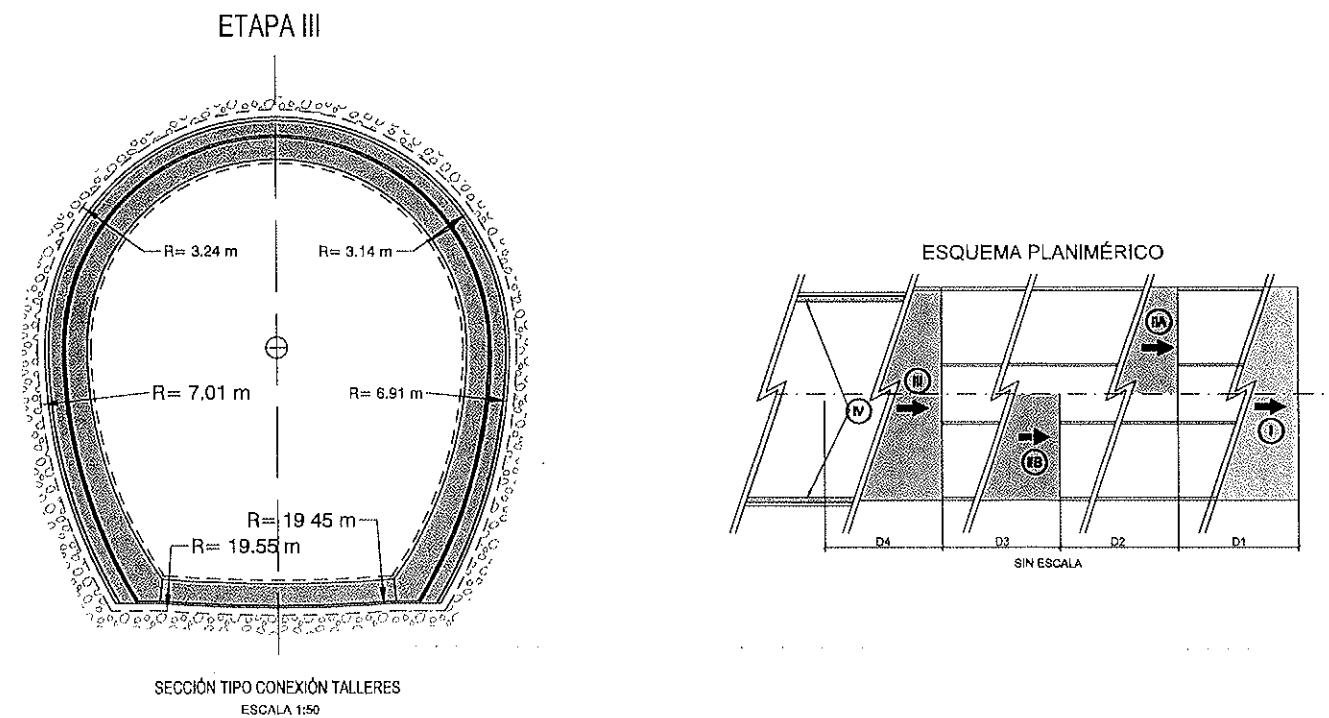


SECCIÓN TIPO CONEXIÓN TALLERES




- \* Etapa I:
  - a) Excavación de la bóveda (FASE I) con machón central.
  - b) Ejecución del revestimiento primario de la bóveda.
  - c) Excavación del machón central.
- \* Etapa II:
  - a) Excavación de la destroza (FASE II).
  - b) Ejecución del revestimiento primario de la destroza.
- \* Etapa III:
  - a) Ejecución del revestimiento primario de la contraboveda.

- NOTAS:
- La longitud máxima de avance en cada FASE de excavación será de 1 m, excepto en la FASE III que no tiene limitación en este sentido.
  - La FASE I de excavación se ejecutará utilizando "machón central".



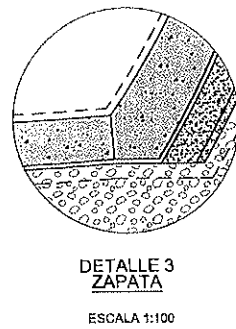
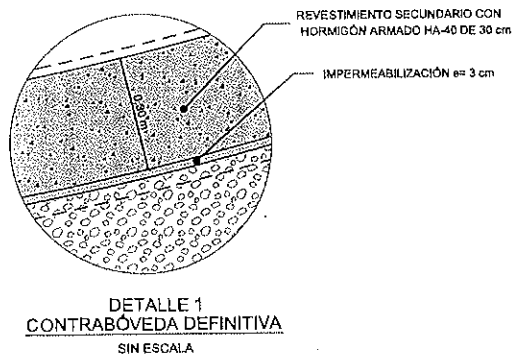
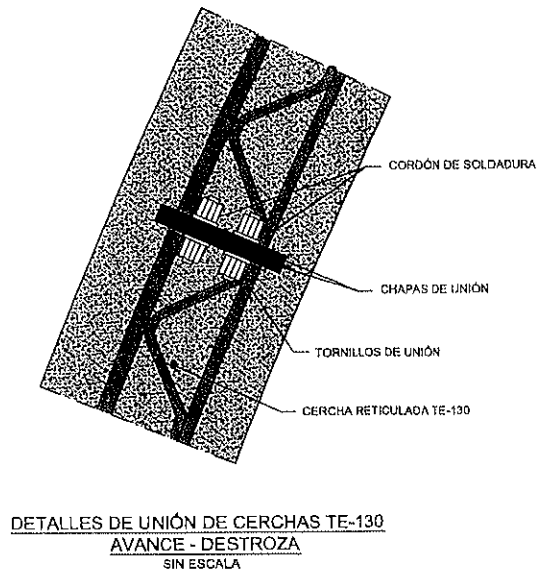
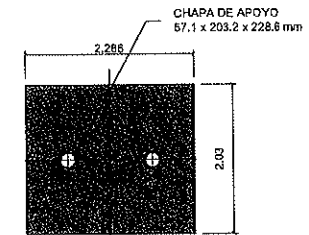
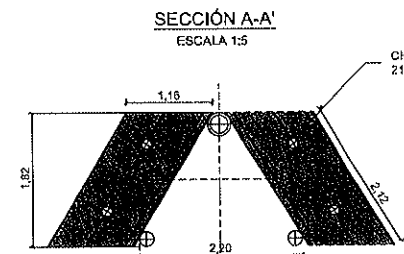
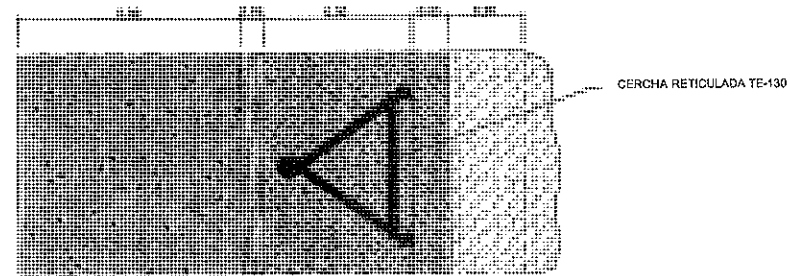
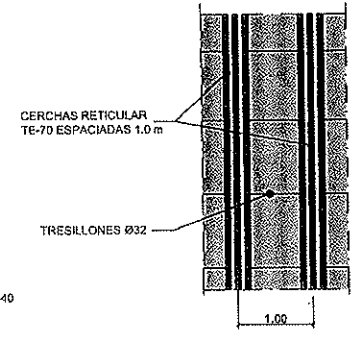
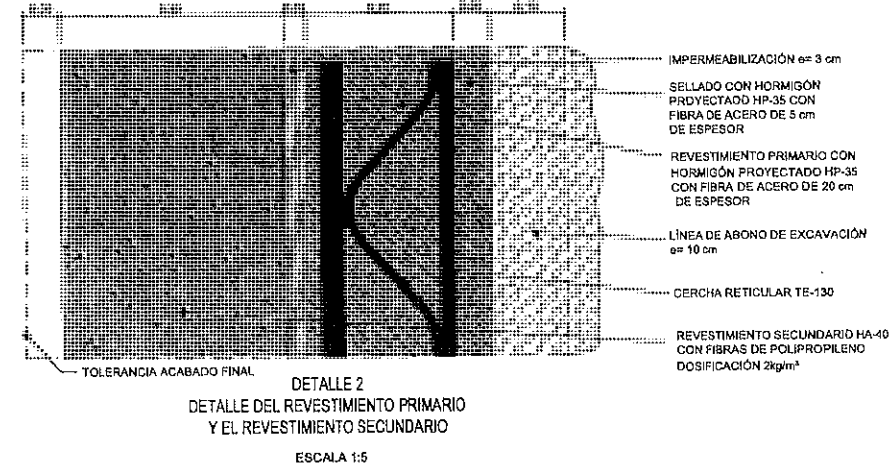
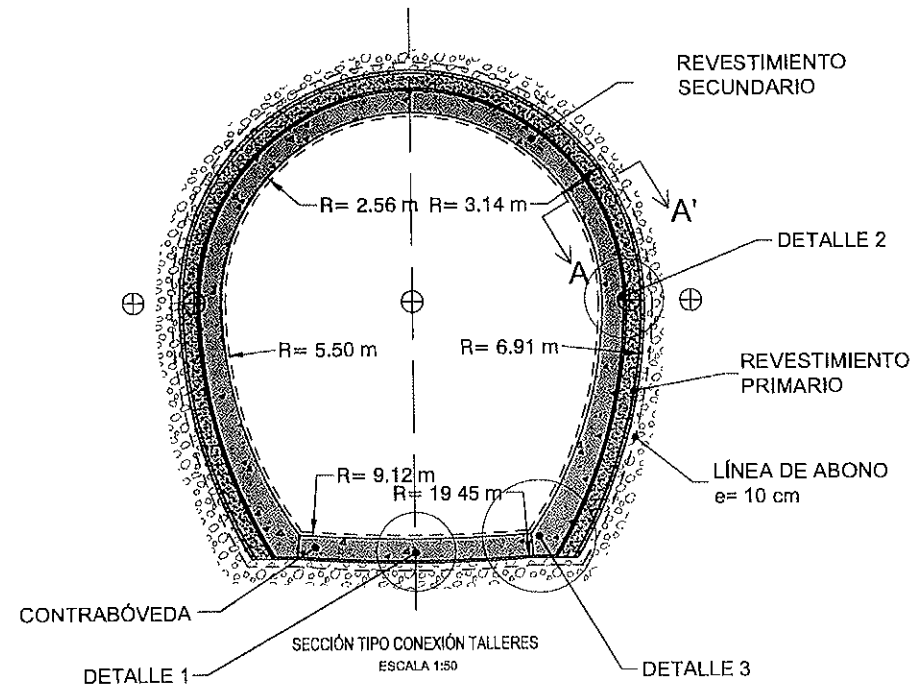
Distancias entre los frentes de excavación:

- D1 ≥ 15 m.
- D2 ≥ 10 m.
- D3 ≥ 10 m.
- D4 ≥ 15 m.

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

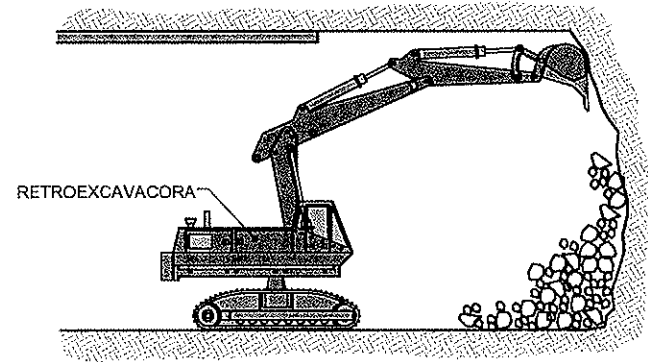
X:\proyectos\trabajos de delineación\20057 metro de lima\entrega 10-2-2014\planos\1205-ploc-tun-con-rt-e1a-sa-p001-p002.dwg - 10/02/2014 - 10:37

### SECCIÓN TIPO CONEXIÓN TALLERES



C:\trabaja\trabajos\edificios\1205-ploc-tun-con-rt-e1a-sa-p002.dwg - 12/02/2014 - 10:37

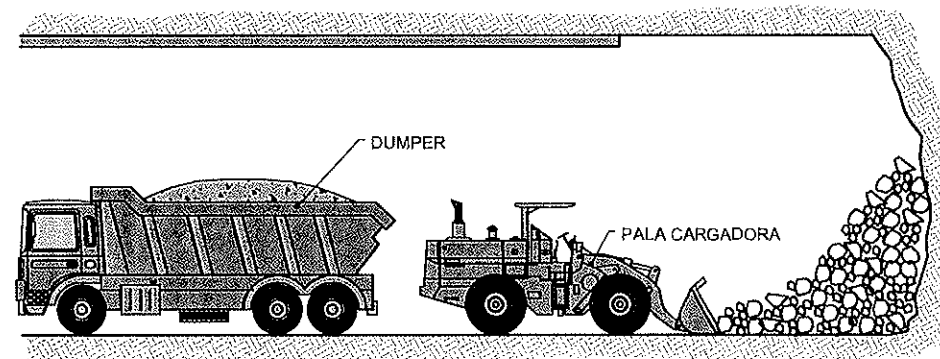
  
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
 REPRESENTANTE LEGAL



FASE 1: EXCAVACIÓN DEL AVANCE CON MEDIOS MECÁNICOS.

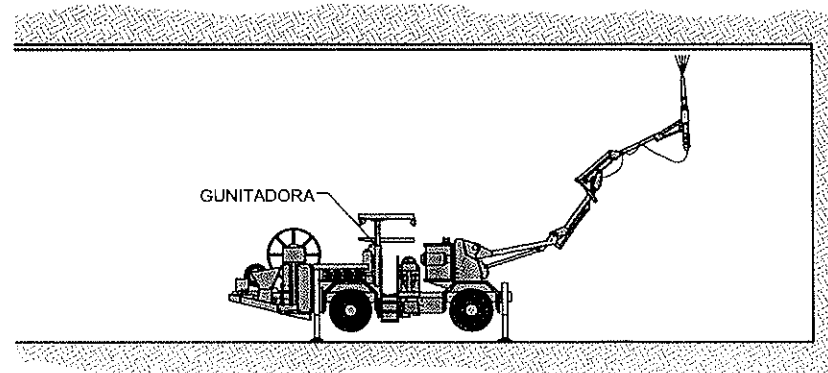
FASES DE EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

NOTA: EL DESFASE ENTRE LAS FASES DE AVANCE Y DESTROZA SERÁ, AL MENOS, DE 30 m.



FASE 2: DESESCOMBRO

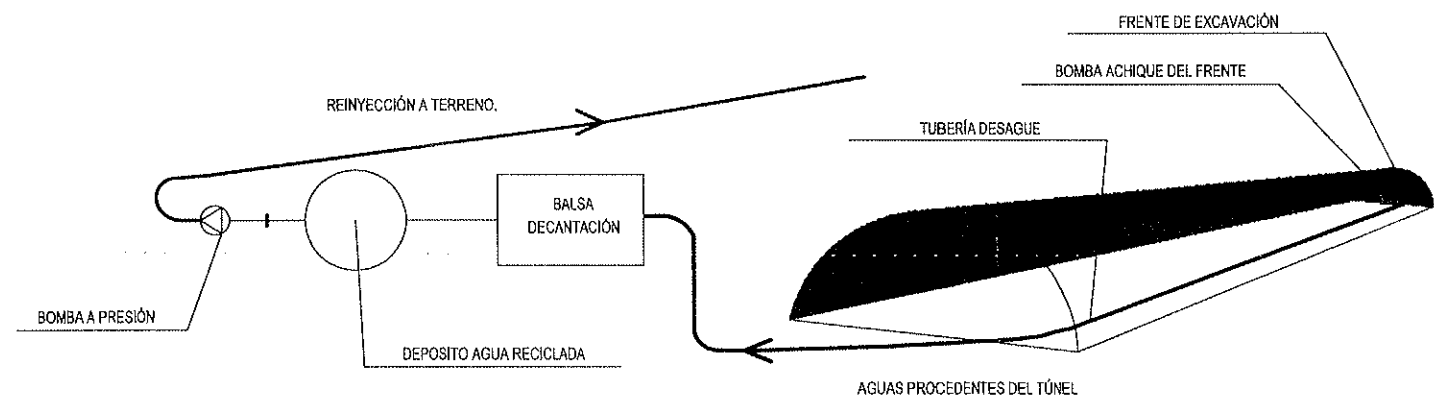
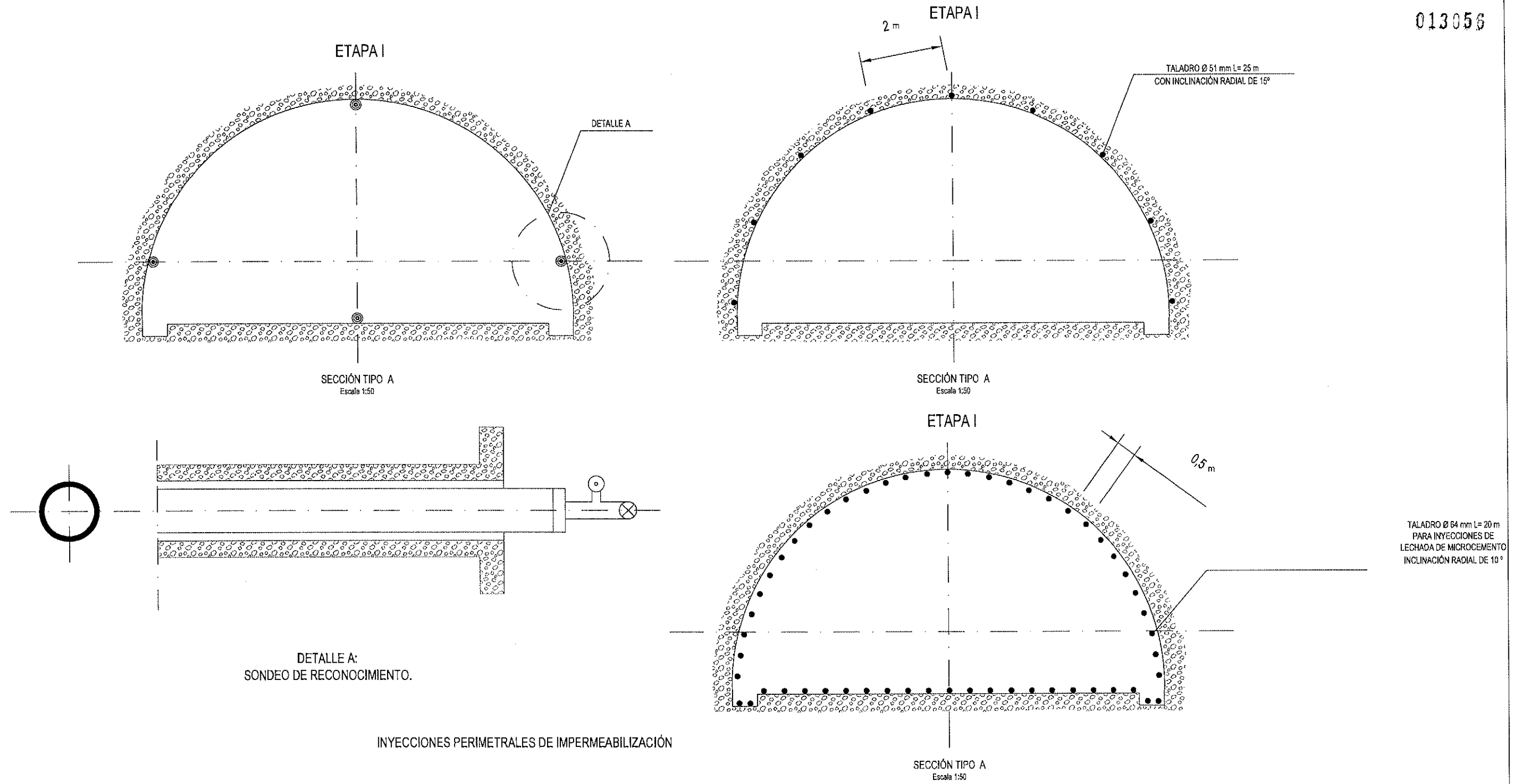
EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS



FASE 4: SOSTENIMIENTO. PREVIAMENTE AL SOSTENIMIENTO SE REALIZA EL REPERFILADO DE LA SECCIÓN MEDIANTE MARTILLOS MECÁNICOS Y SE PROYECTA UNA CAPA DE HORMIGÓN PROYECTADO DE 5 cm DE ESPESOR (SELLADO). A CONTINUACIÓN SE COLOCAN, LAS CERCHAS Y EL HORMIGÓN PROYECTADO HASTA COMPLETAR EL ESPESOR TEÓRICO.

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

X:\maestro\trabajos de ingeniería\2014\2014-02-20\1\Unidad de línea\1201-ploc-tun-esr-e1a-ln-p001-p011.dwg - 13/02/2014 - 10:34



CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LA BOMBA	
TIPO DE BOMBA	ACHIQUE DE LODOS
POTENCIA	18 Kw
CAUDAL MÁX.	12 M3/S.

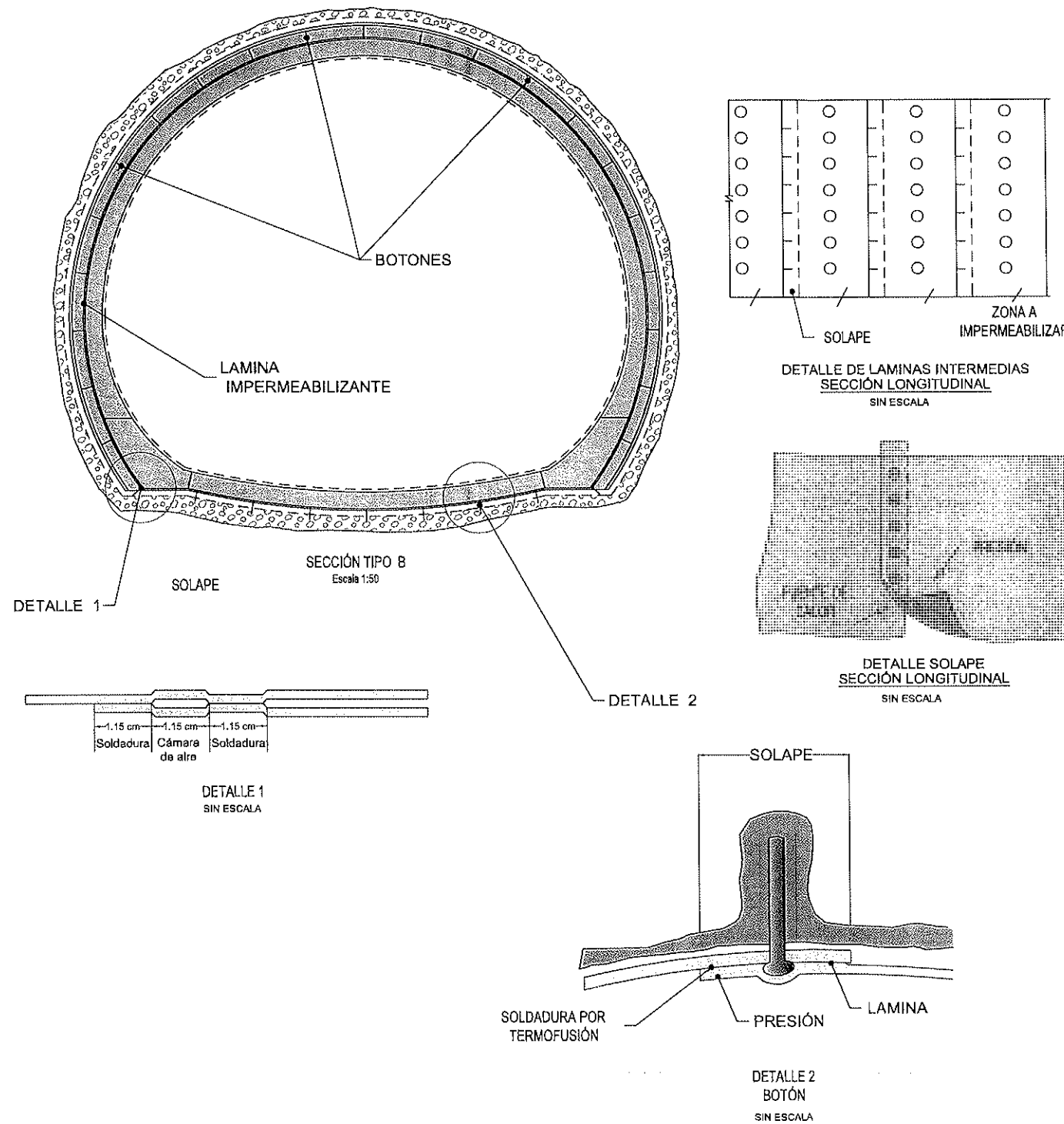
NOTA:  
-SE INSTALARÁ UN SISTEMA DE RECICLAJE DE AGUA INFILTRADA EN CADA TAJO DE EXCAVACIÓN DE TÚNEL.

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

C:\macro\trabajos de línea\construcción\202057 metro de lima\linea\etapa I\2014\etapa I\2014-ploc-tun-esr-e1a-ln-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:34



# IMPERMEABILIZACIÓN



## LOS PROCESOS QUE SE DAN PARA INSTALAR LAS MEMBRANAS IMPERMEABLES

- Colocación de una capa drenante sobre el soporte excavado una vez regularizado, mediante geotextil de gramajes comprendidos entre 250 a 600 g/m<sup>2</sup>, sujetos mediante arandelas o botones especiales de PVC.
- Fijar la lámina a la bóveda mediante los botones elegidos, estos se aplicarán cada 25 a 35 cm. (densidad 6 botones/m<sup>2</sup>) y en función del soporte. Después de fijar en la bóveda todo el ancho de la lámina, se va descendiendo, adaptando la lámina a la superficie del túnel y fijándola por el borde exterior mediante los botones elegidos.
- A medida que se deja la bóveda para entrar en el hastial los tacos pueden separarse mas, hasta colocarse a 50 cm. en el hastial.
- Una vez fijada la lámina por el borde superior (clave) y el primer borde lateral, se procede a fijar el 2º borde lateral aplicando el mismo principio.

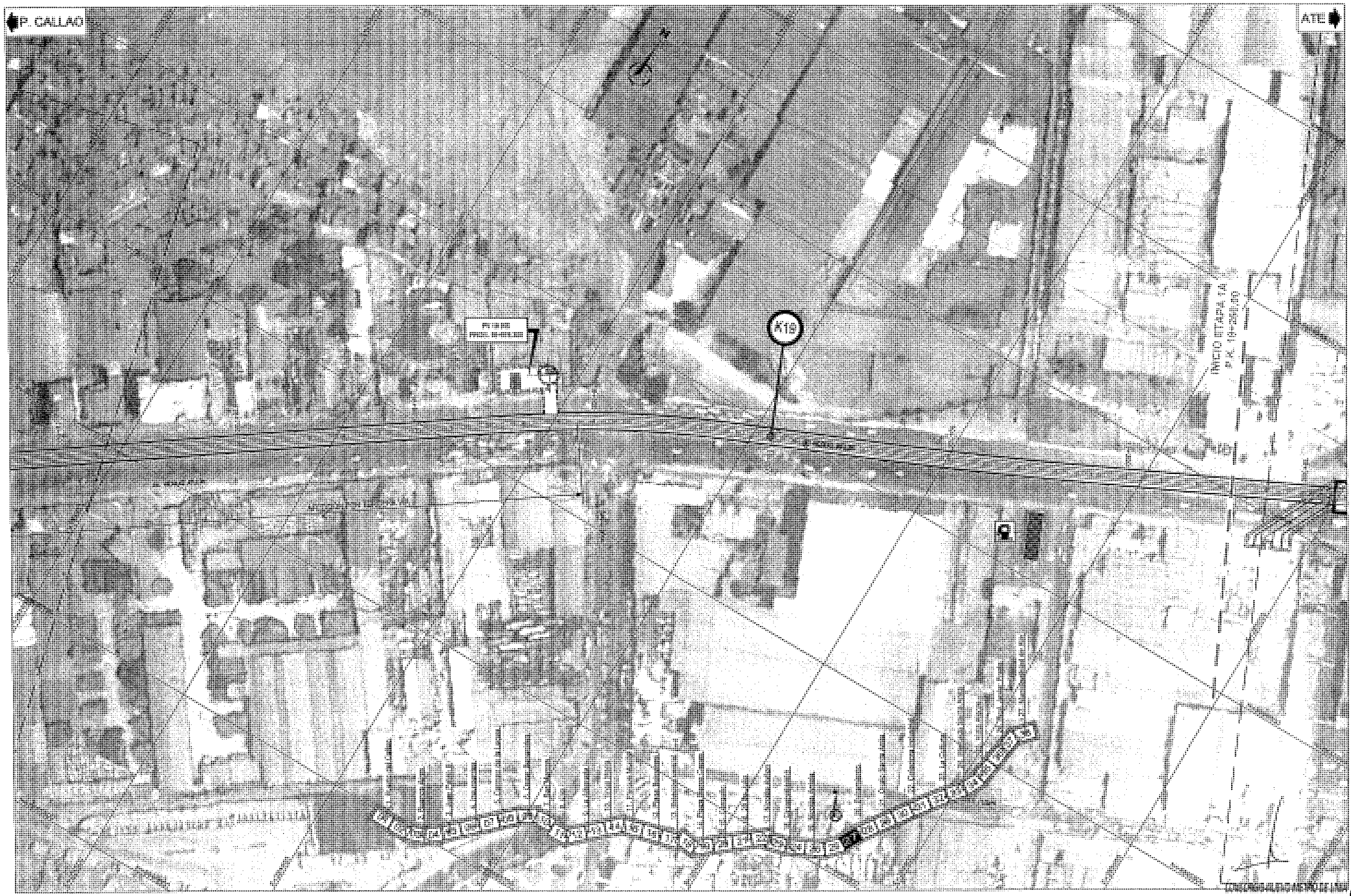
## PASOS PARA INSTALAR LAS LÁMINAS SUCEASIVAS

- La segunda lámina se solapará un mínimo de 12 cm. con la primera lámina, cubriendo la totalidad de las cabezas de los botones colocados en sentido vertical.
- Se empezará fijando al igual que la 1ª lámina el borde superior a la clave, desplazada unos 20 a 30 cm. y conservando el paralelismo con la lámina anterior.
- Fijando el borde superior se procederá a fijar el borde contrario a la lámina, siguiendo las mismas pautas indicadas anteriormente, asegurando que el solape a soldar posteriormente será de unos 12 cm. y cubriendo la cabeza de los tacos.
- Fijada esta lámina por los bordes superior y contrario a la lámina anterior, se procederá a efectuar la soldadura del solape con la primera lámina.
- Como las láminas son homogéneas, se utiliza la técnica de soldadura termoplástica. Se solapará siempre un mínimo de 12 cm. para asegurar que quede soldado en toda la anchura de la banda, se cubrirán las cabezas de los botones en su totalidad y se evitarán arrugas en la lámina.
- Control de cada una de las soldaduras, mediante ensayo con aire comprimido a 203 kPa de presión durante 5 minutos, permitiéndose una pérdida del 20% debido a la flexibilidad de la membrana.
- Remates de encuentro con drenajes longitudinales y emboquilles con pletinas metálicas mediante sellados flexibles.

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

x:\mauro\trabajos ordinación\130537\_metro de lima\tunel\metro 1p-2-2014\tunel de linea 1\2014-plb-tun-est-eta-in-pa01-p011.dwg - 10/02/2014 - 10:35





ALFONSO JUAN BASAÑE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

K:\116 Ingeniería del Terreno\529\_metro lima\202\_dacumentos\eyes\planos\ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 20:06

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

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES  
ayesa euroestudios 2IT

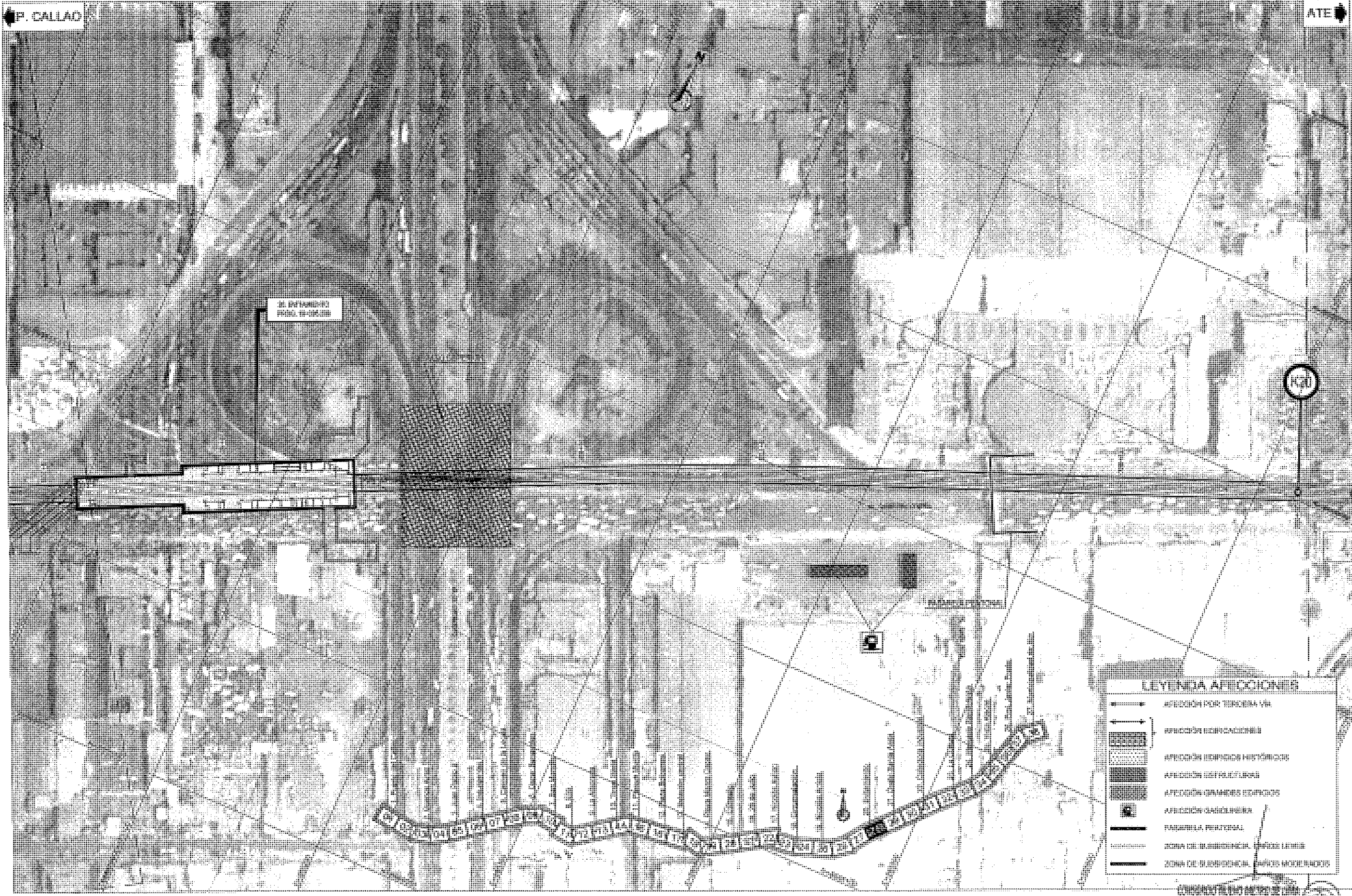
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)  
1/1.000  
FECHA  
FEBRERO 2014



PLAN DE PROTECCIÓN LÍNEA 2 PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDIENCIAS		PLANO N°	1
PLOC-MON-E1A-AS-P001		VICIA	01 de 02
		REVISIÓN	1





**LEYENDA AFECIONES**

	AFECCION POR TRAZADO VIA
	AFECCION VIAL
	AFECCION ESPACIO HISTORICO
	AFECCION ESPACIO VIAL
	AFECCION GRANDES ESPACIOS
	AFECCION INDIVIDUAL
	PERSONA PERSONAL
	ZONA DE SUBSIDIENCIA
	ZONA DE SUBSIDIENCIA

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO ALVARO RAMIREZ GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

K:\16 Ingeniería del terreno\259\_metro lima 1\22\_documentos\_ayesa\planos P\004-1p-et-1\15\_ploc-mon-gen\1505\_ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 20:05

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

**CONSORCIO**  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES

**ayesa**

**euroestudios**

**2IT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

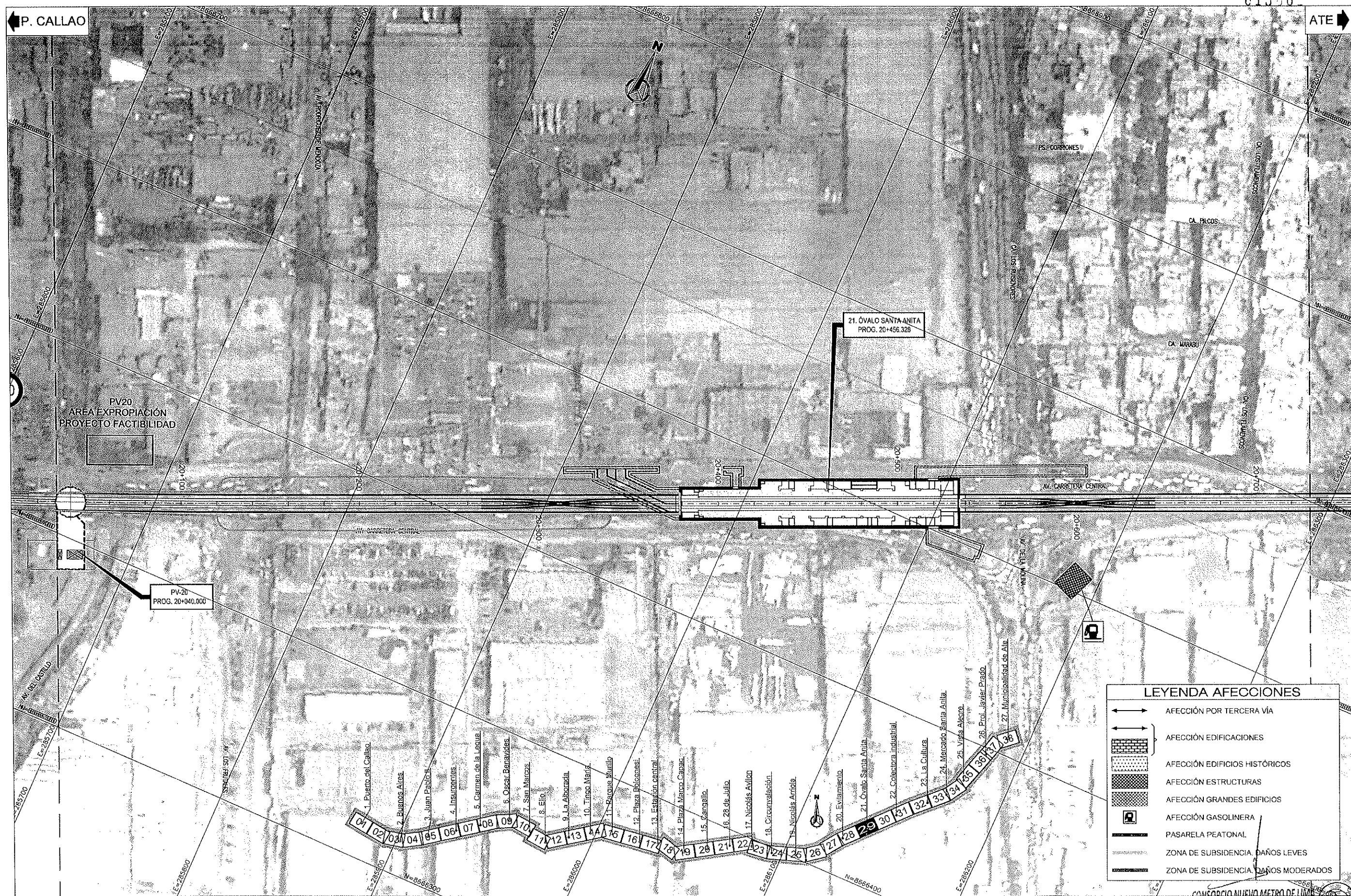
ESCALA (A1):  
 1/1.000

FECHA:  
 FEBRERO 2014



PLAN DE PROTECCIÓN LÍNEA 2 PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDIENCIAS		HOJA	REVISIÓN
PLANO N°	PLOC-MON-E1A-AS-P002	02 de 07	1





**LEYENDA AFECCIONES**

- AFECCIÓN POR TERCERA VÍA
- AFECCIÓN EDIFICACIONES
- AFECCIÓN EDIFICIOS HISTÓRICOS
- AFECCIÓN ESTRUCTURAS
- AFECCIÓN GRANDES EDIFICIOS
- AFECCIÓN GASOLINERA
- PASARELA PEATONAL
- ZONA DE SUBSIDENCIA, DAÑOS LEVES
- ZONA DE SUBSIDENCIA, DAÑOS MODERADOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

K:\15 Ingeniería del terreno\629 metro lima E2 documentos y regalados p1004-1p-e1\18\_ploc-mon-grn1805\_ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 20:05

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

**CONSORCIO**  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **rit**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (M)  
 1/1.000  
 FECHA  
 FEBRERO 2014



PLANO Nº	PLOC-MON-E1A-AS-P003	HORA	03 de 07	REVISIÓN	1
----------	----------------------	------	----------	----------	---





**LEYENDA AFEDICCIONES**

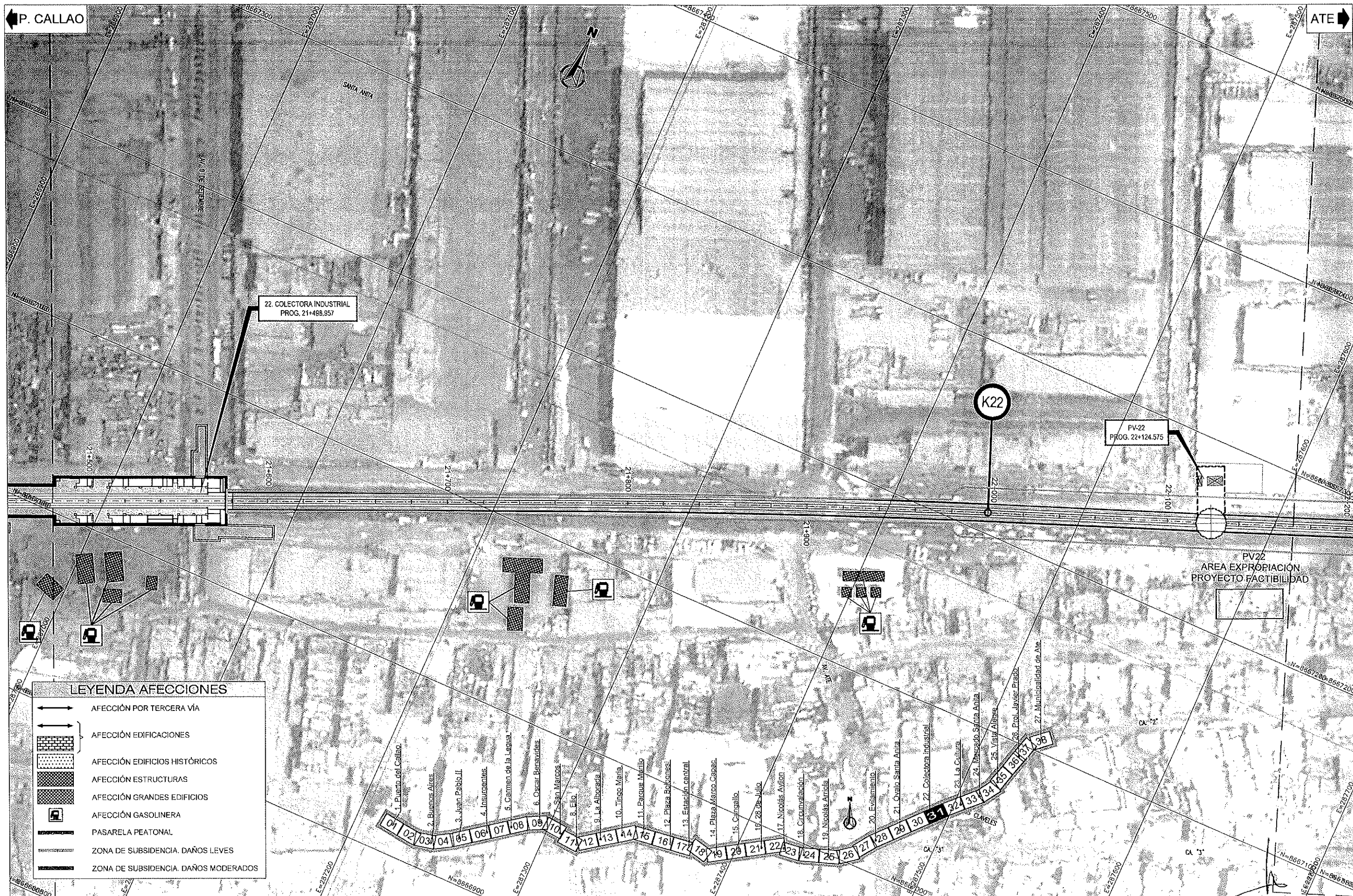
	AFEDICIÓN POR TERCERA VÍA
	AFEDICIÓN EXCAVACIONES
	AFEDICIÓN EXCAVACIONES CON DRENAJE
	AFEDICIÓN EXCAVACIONES CON DRENAJE Y SOSTENIMIENTO
	AFEDICIÓN EXCAVACIONES CON SOSTENIMIENTO
	AFEDICIÓN SUBTERRANEA
	BARRERA FÍSICA
	ZONA DE SUBSIDENCIA - NIVEL ALTO
	ZONA DE SUBSIDENCIA - NIVEL BAJO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO ROMÁN BARRERA GARCÍA  
 REPRESENTANTE LÍNEA 2

K:\16 Registros del terreno\2529\_metro lima 2\2\_documento\ayesa\planos p\004-1g-e\16\_ploc-mon-gen\1605\_ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 20:06

<p><b>ProlInversión</b>          Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú</p>		<p>CONSULTORES</p>	<p>CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A</p>	<p>ESCALA (A1)</p> <p>1/1.000</p>		<p>PLAN DE PROTECCIÓN LÍNEA 2          PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDENCIAS</p>	<p>PLANO N° PLOC-MON-E1A-AS-P004</p>	<p>HUSO 04 de 07</p>	<p>REVISIÓN 1</p>
				<p>FED-1A</p> <p>FEBRERO 2014</p>					





Esc: 16 Ingeniería del terreno 2529\_metro lima 02\_documentos afecciones\_1604\_tpo-e1a16\_ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg\_07/02/2014 - 20:06

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

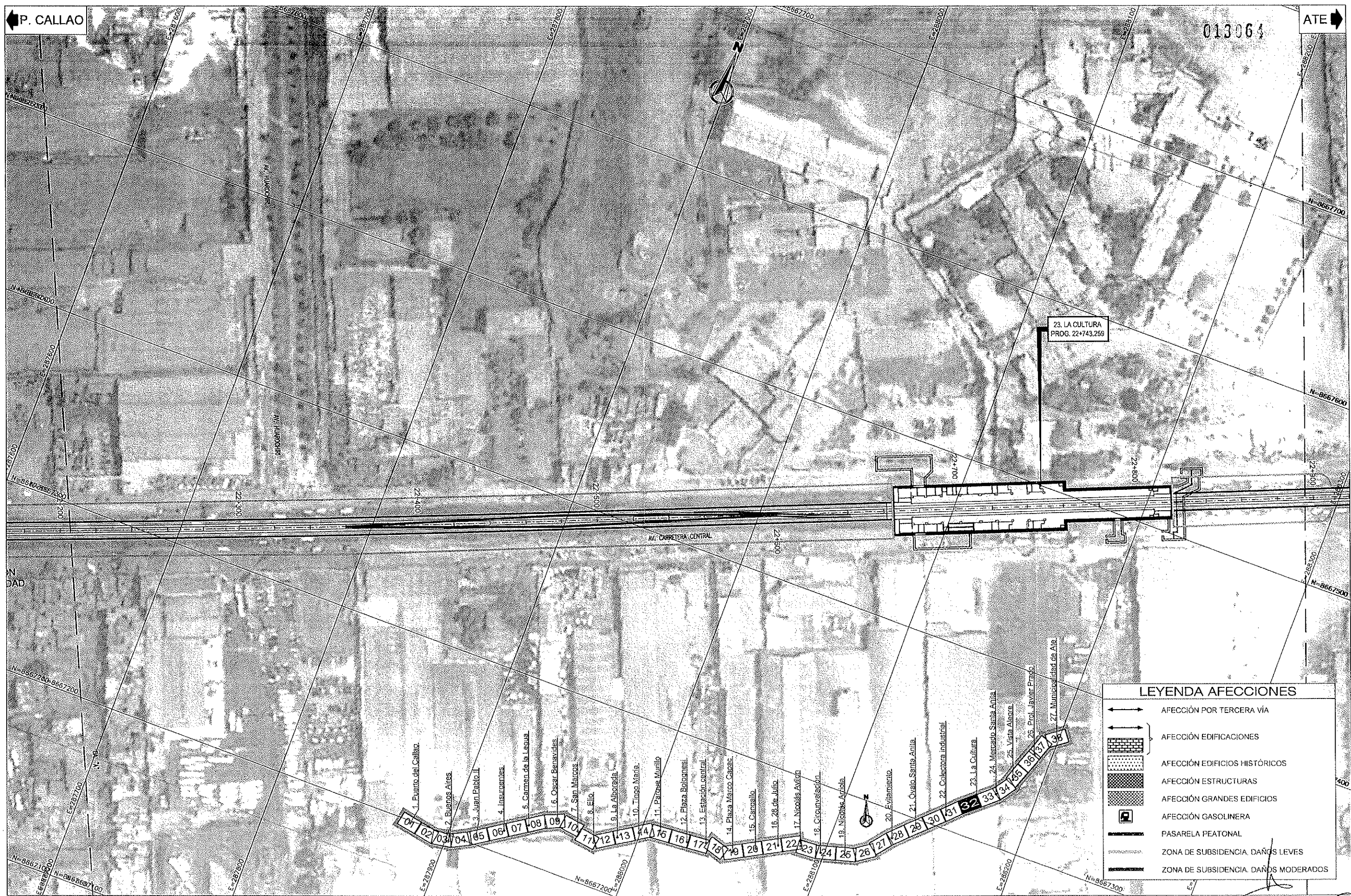


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)  
 1/1.000  
 FECHA  
 FERRERO 2014

PLAN DE PROTECCIÓN LÍNEA 2  
 PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDIENCIAS  
 PLOC-MON-E1A-AS-P005  
 05 de 07  
 1





**LEYENDA AFECCIONES**

- AFECCIÓN POR TERCERA VÍA
- AFECCIÓN EDIFICACIONES
- AFECCIÓN EDIFICIOS HISTÓRICOS
- AFECCIÓN ESTRUCTURAS
- AFECCIÓN GRANDES EDIFICIOS
- AFECCIÓN GASOLINERA
- PASARELA PEATONAL
- ZONA DE SUBSIDENCIA. DAÑOS LEVES
- ZONA DE SUBSIDENCIA. DAÑOS MODERADOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

X:\115\Ingeniería del Terreno\2529\_metro lima B2\_02\documentos\ayesabasabes.p1004-tp-e1a15 ploc-mon-gent1805\_ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 20:08

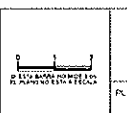
**ProlInversión**  
 Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **RIT**

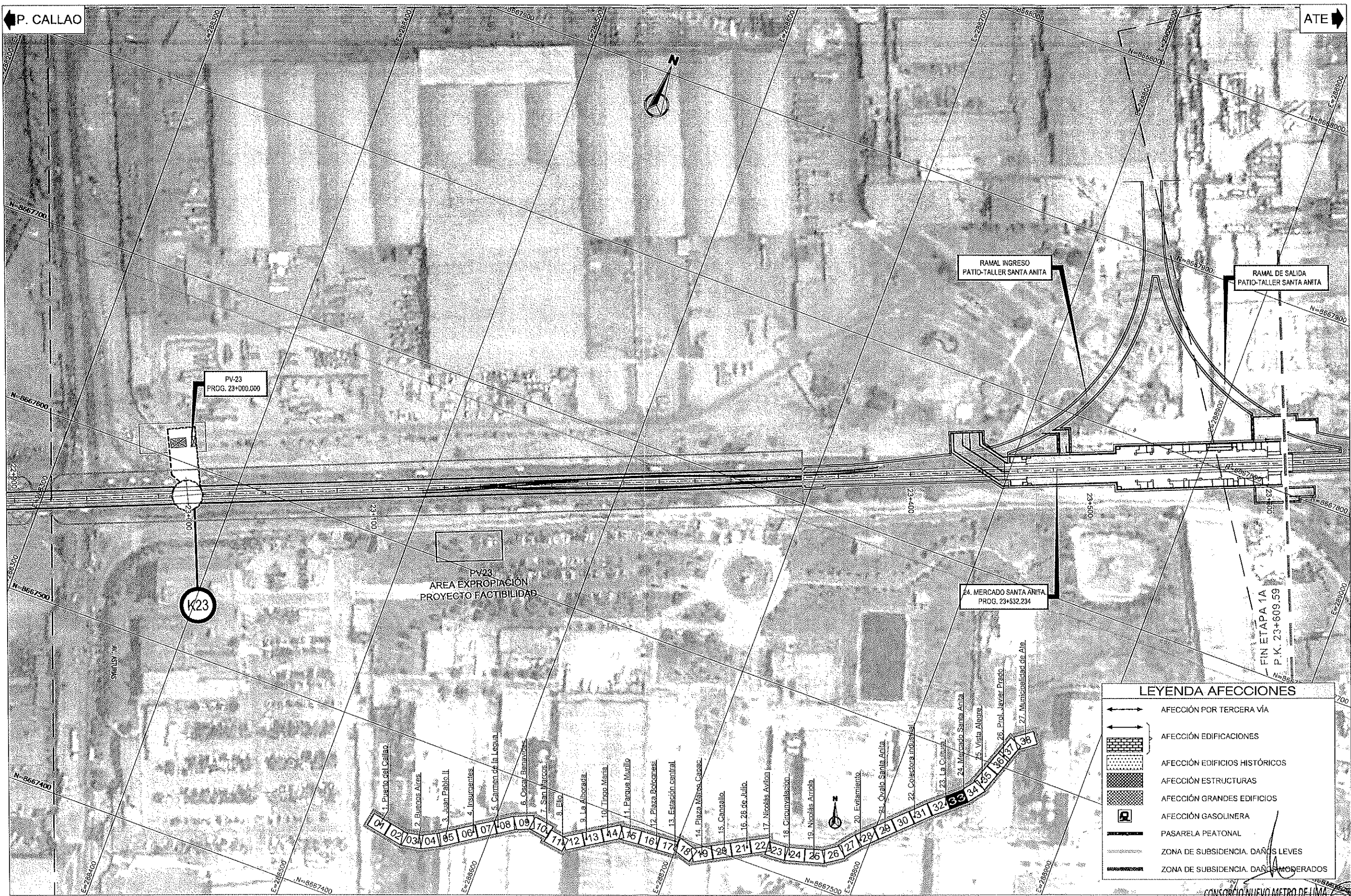
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (M)  
 1/1.000  
 FECHA  
 FEBRERO 2014



PLANO N°	PLOC-MON-E1A-AS-P006	HOJA	08 de 07	REVISIÓN	1
----------	----------------------	------	----------	----------	---





**LEYENDA AFECCIONES**

- AFECCIÓN POR TERCERA VÍA
- AFECCIÓN EDIFICACIONES
- AFECCIÓN EDIFICIOS HISTÓRICOS
- AFECCIÓN ESTRUCTURAS
- AFECCIÓN GRANDES EDIFICIOS
- AFECCIÓN GASOLINERA
- PASARELA PEATONAL
- ZONA DE SUBSIDENCIA. DAÑOS LEVES
- ZONA DE SUBSIDENCIA. DAÑOS MODERADOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

K:\115 Ingeniería del terreno\2529\_metro lima 16\20 documentos ayesa\planos p1604-4p-e1a16 ploc-mon-e1a-as-p001-p007.dwg - 07/02/2014 - 25:07

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

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

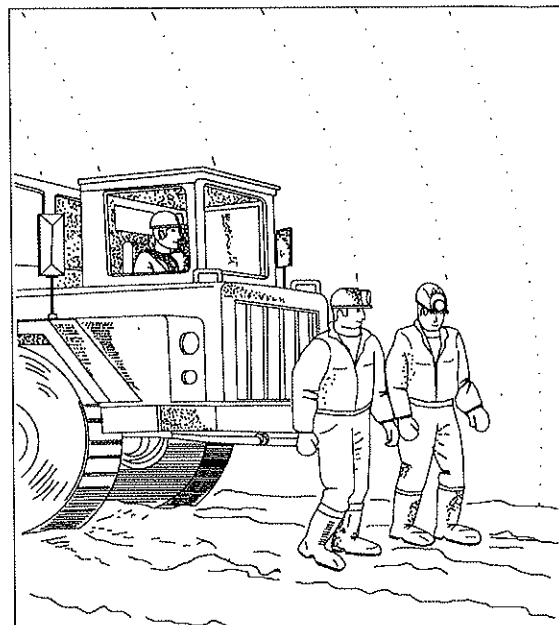
CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **2IT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT -- AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

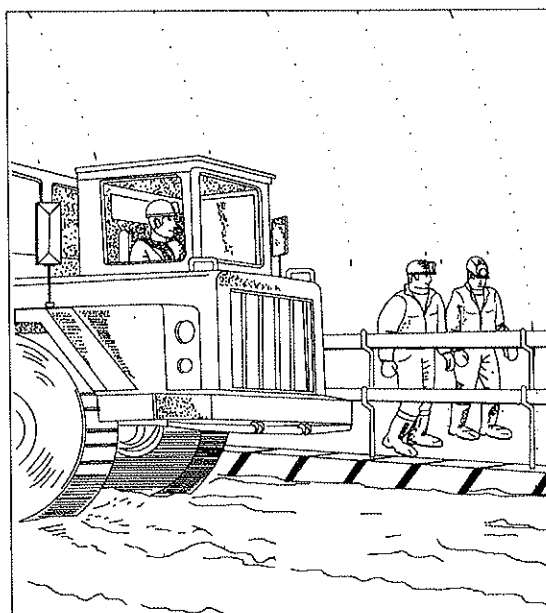
ESCALA (A1)  
 1/1.000  
 FECHA  
 FEBRERO 2014

PLAN DE PROTECCIÓN LÍNEA 2  
 PLANTA DE CUBETA DE SUBSIDENCIAS  
 PLANO Nº PLOC-MON-E1A-AS-P007  
 HOJA 07 de 07  
 REVISIÓN 1

PASOS PEATONALES Y TRANSPORTE  
SOBRE NEUMÁTICOS



**PELIGRO**  
- Ser arrollado o empujado por vehículos  
en movimiento



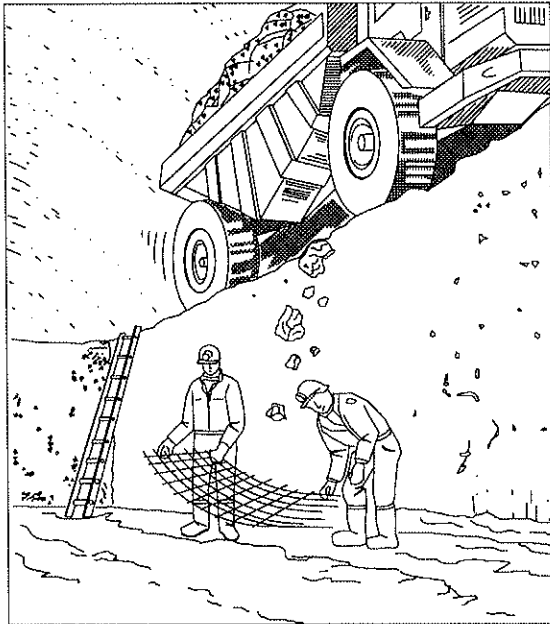
**PROTECCIÓN**  
- Separar el camino para vehículos y transeúntes  
- Usar los refugios para transeúntes en donde los haya  
- Llevar puesta ropa de alta visibilidad y reflectante  
- Usar un sistema de señales para asegurar que los vehículos  
y los transeúntes no esten en la misma zona del túnel

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 

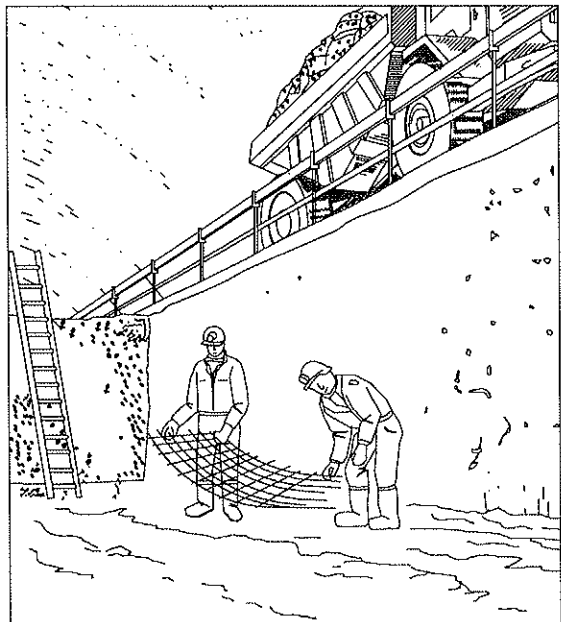
X:\mauro\trabajos\adme\adme\1200-ploc-tun-seg-e1a-p001.dwg - 11/02/2014 - 10:59



**CIRCULACIÓN EN LA ORILLA DE UNA EXCAVACIÓN HECHA CON ANTERIORIDAD**

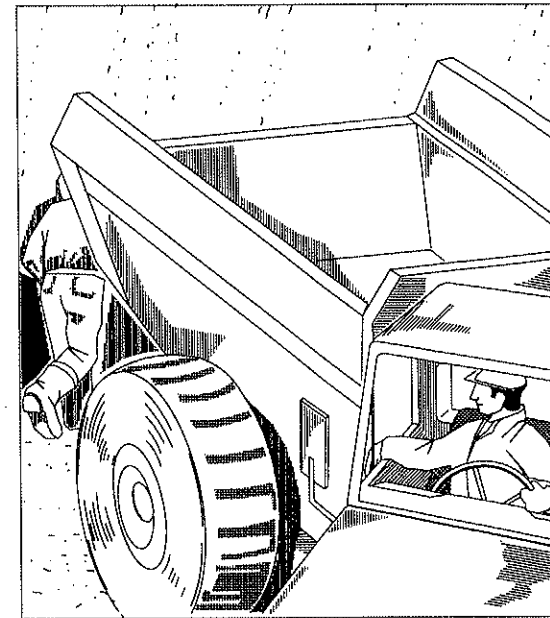


**PELIGRO**  
- Caída de rocas  
- Probable caída del vehículo

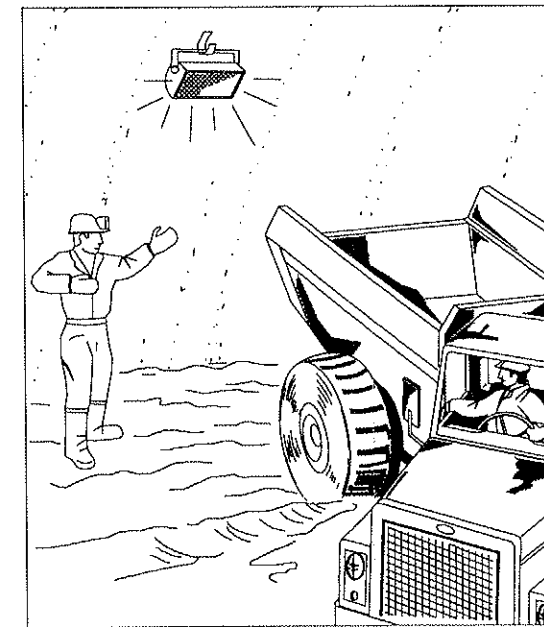


**PROTECCIÓN**  
- Mantener una distancia de seguridad hasta la orilla  
- Levantar una barrera sólida y suficientemente protectora

**CAMBIOS DE SENTIDO EN TÚNELES**



**PELIGRO**  
- Ser aplastado  
- Ser arrollado



**PROTECCIÓN**  
- No entrar en la zona de peligro  
- Disponer un vigilante en contacto visual con el conductor  
- Iluminar el área de giro

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

x:\mauro\trabaja\ps\definición\020607 metro de lima\01\materia\100-poc-tun-seg-e1a-p001.dwg - 11/02/2014 - 10:59

[13467]

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



013068

**0.3.3. Ramal a Talleres**

<p><b>O.3.3</b></p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p><b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b></p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
---	---

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

**O.3.3. RAMAL A TALLERES DE SANTA ANITA**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL







**0.3.3. Ramal a Talleres**

Índice

013969

<b>1. RAMAL A TALLERES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTO DE CONSOLIDACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 ESTRUCTURAS: RAMALES Y CONEXIÓN TALLERES SANTA ANITA. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 Descripción.....</b>	<b>5</b>

APÉNDICE 1: CÁLCULO RAMALES SANTA ANITA.

APÉNDICE 2: PLANOS.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.3.3. Ramal a Talleres

#### 1. RAMAL A TALLERES

##### 1.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo es la justificación de la solución adoptada para la siguiente entidad estructural:

- Ramales y Conexión a Talleres de Mercado Santa Anita

##### 1.2 EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTO DE CONSOLIDACIÓN

En el pliego del concurso se establece la necesidad de evaluar las deformaciones máximas permitidas en los elementos verticales de contención (muros pantallas). Esta necesidad proviene del hecho inherente del control de deformaciones y desplome de las edificaciones colindantes. Es por tanto muy necesario su correcta evaluación.

En este anexo se establecen los criterios básicos para el control de las deformaciones en las excavaciones y por tanto la evaluación si procede de los tratamientos de consolidación necesarios.

Para el cálculo de las pantallas se ha realizado con el software comercial Rido. Este software modela la interacción suelo estructura, en base a la teoría de winkler, en la cual se modela el terreno por medio de muelles elastoplásticos sobre los que apoya una viga, que hace las veces de pantalla.

Al ser un modelo plano (1/m) se obtienen los esfuerzos por metro lineal y se estima/obtiene los desplazamientos de la viga/muro. Por tanto para obtener el modelo de forma aproximada los asientos en el trasdós de la pantallas se recurre a metodologías como pueden ser: a) Método de Peck (1969), b) Método de Bowles (2002), c) Método de Clough & O'Rourke (1990) y d) Método de Hsieh y Ou (1998).

Con todos estos métodos, se obtiene una estimación (aproximada) del asiento en el trasdós de las pantallas y por tanto la posible distorsión de los edificios colindantes. Este valor es fundamental para poder, a partir de los gráficos de: a) Boscardin y Cording (1989) o b) Burland (1995), obtener el daño esperable sobre la edificación.

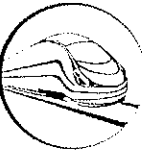
Una vez que se calibro lo diferentes modelos de cálculo de pantallas y en base a la cercanía y estado de las edificaciones anexas a la traza se adoptó como criterio general los siguientes límites admisibles de deformación horizontal en pantallas:

- Pantallas con Edificios a más de 20m, se admite un desplazamiento de 35mm.
- Pantallas con Edificios entre 10 a 20m, se admite un desplazamiento de 25mm.
- Pantallas con Edificios entre 2 a 10m, se admite un desplazamiento de 20mm.

Con estos límites se asegura la integridad estructural y visual de las edificaciones anexas a la traza, haciendo posible que no sean necesarias los tratamientos de consolidación a lo largo de las estaciones. En la siguiente tabla se recogen los valores límites.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





O.3.3. Ramal a Talleres

Umbral de control	Asiento admisible (mm)			Distorsión angular			Deformación horizontal Unitaria (%)		
	Verde	Ambar		Verde	Ambar		Verde	Ambar	
*Zonas sin edificaciones	<50	50-100	>100	1/100	1/100-1/50	>1/50	<1,5	1,5-2,0	>2,0
*Edificios cimentados profundos o con losa en buen estado	<20	20-30	>30	<1/1000	1/1000-1/500	>1/500	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Conducciones no de gas									
*Estructura subterránea o Túneles existentes	<15	15-25	>25	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	<10	10-15	>15	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0,15	0,15-0,20	>0,20
*Edificios cimentados superficialmente con daños									
*Edificios monumentales	<5	5-10	>10	<1/3000	1/3000-1/2000	>1/2000	<0,05	0,05-0,10	>0,10
*Edificios con más de 10 alturas									
*Tuberías de gas									
*Túneles existentes	Asiento o levantamiento: 10 mm/10 m								

Tabla 1.2-1. Valores límite de las deformaciones

Adicionalmente hay que decir que en aquellas secciones donde es necesario por proximidad a las edificaciones, se ha previsto que las pantallas, lleguen hasta el terreno natural. Para lo cual se prevé un rebaje del espesor de las pantallas, por medio de: a) Porexpan o b) Cajeadado Metálico.



Figura 1-1. Detalle reducción espesor de pantallas es coronación





### 0.3.3. Ramal a Talleres

Con la finalidad de conocer las deformaciones horizontales de las pantallas en toda su longitud, se utilizará el sistema habitual de medición mediante la disposición de tuberías de aluminio anodizado para medidas de desplazamientos con torpedo inclinométrico biaxial.

Las medidas se realizan cada 0,5 metros, siendo acumulativas desde el pié de la tubería hasta la superficie del terreno, lo cual exige que el pié del inclinómetro esté fuera de la influencia de la excavación, que se traduce a veces en la colocación de la tubería a grandes profundidades ya que se pueden producir movimientos apreciables hasta 1 diámetro bajo la solera del túnel.

Para colocar esta tubería en las pantallas hay que dejar previamente instalada junto a las armaduras del módulo de control la tubería de aluminio, tal y como se muestra en la Figura 1-2. Vista de instalación de un inclinómetro en la armadura de una pantalla..

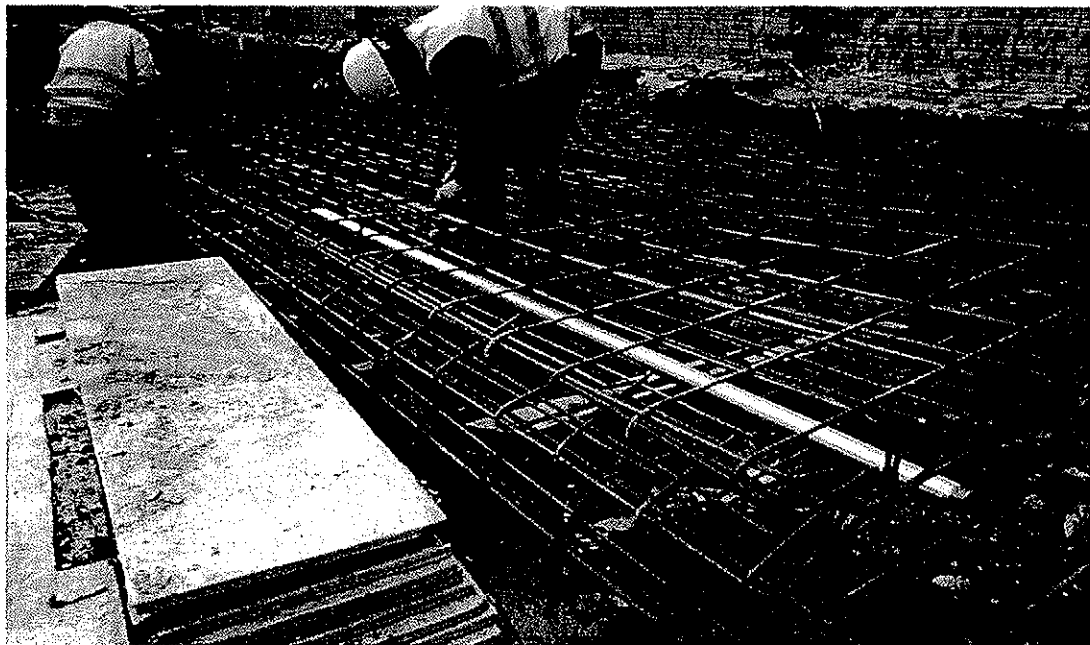


Figura 1-2. Vista de instalación de un inclinómetro en la armadura de una pantalla.

Por su parte, en la Figura 1-3. Ejemplo de ficha tipo de datos de inclinómetro instalado en pantallas se muestra un ejemplo de ficha de presentación de medidas de inclinómetro instalado en una pantalla.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



0.3.3. Ramal a Talleres



013073

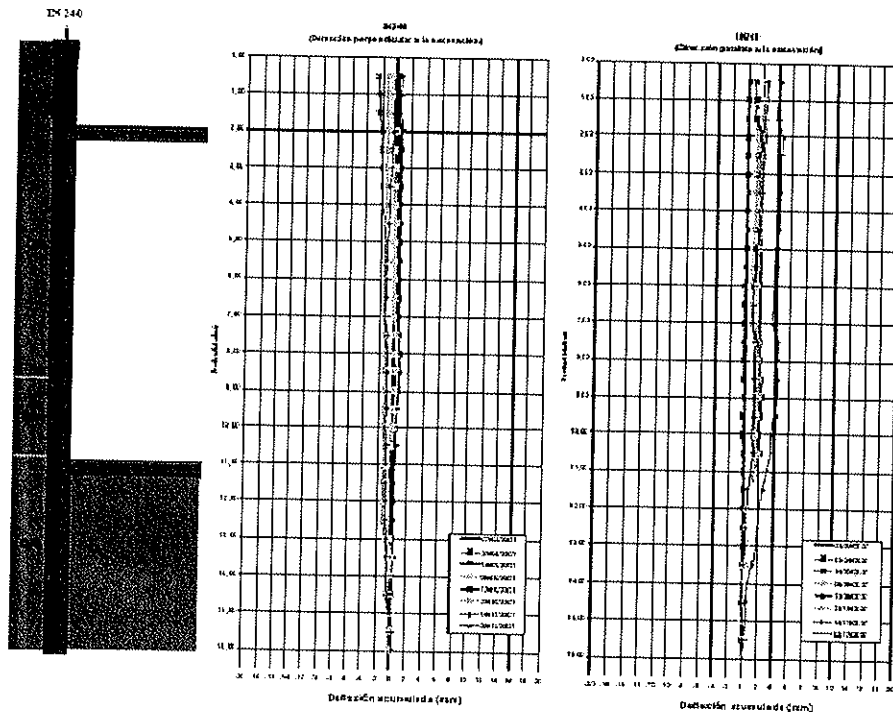
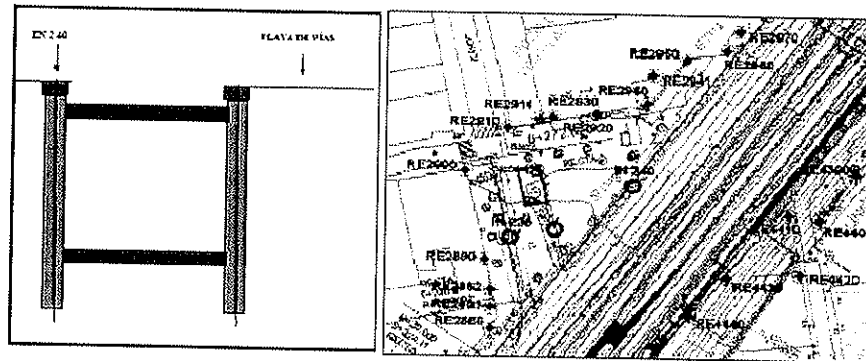


Figura 1-3. Ejemplo de ficha tipo de datos de inclinómetro instalado en pantallas

Esta sonda va provista de unas pequeñas ruedas que se introducen en las acanaladuras quedando ajustadas en este alojamiento por medio de unos muelles. La sonda se va dejando deslizar por el tubo guía, estando colgada por los cables que deberán estar suficientemente reforzados ya que con ellos se controla la profundidad a la que se encuentra el aparato y estamos tomando las medidas.

A medida que se va deslizando el torpedo por el tubo, se van registrando las variaciones de orientación e inclinación que se produzcan con respecto a las medidas de origen.

Las ruedecillas de que dispone la sonda, están conectadas a dos servoacelerómetros que recogen el ángulo de deflexión  $2.5 \text{ sen } \phi$  que es comparado con el de la lectura de origen y tratado por medios informáticos suministra el desplazamiento en mm y la profundidad a la que se está produciendo dicho desplazamiento. Da un desplazamiento a lo largo de la longitud del tubo de acceso, así que se detectan movimientos donde quiera que ocurran.





013074

### O.3.3. Ramal a Talleres

Es un instrumento fiable, relativamente fácil de montar y de leer y que con una sola sonda permite leer en varias localizaciones, ya que lo único que permanece fijo son los tubos acanalados que permanecen permanentemente instalados en el terreno.

Normalmente mide en dos direcciones ortogonales (inclinómetro biaxial) aunque puede medir una tercera si se instala una sonda magnética.

Se pueden añadir o quitar tramos del tubo de acceso para mantenerse en cota si el terreno está sufriendo operaciones de excavación o relleno.

### 1.3 ESTRUCTURAS: RAMALES Y CONEXIÓN TALLERES SANTA ANITA.

#### 1.3.1 Descripción.

Como se puede apreciar en la figura adjunta, anexo a la Estación de L2 de Mercado Santa Anita se ubica dos "pantalones" o recintos de pantallas que bifurcan el túnel de línea, realizado con excavación en trinchera y que vuelven a unirse para configurar un único túnel que será el acceso a talleres de Santa Anita.

En el caso del ramal derecho, y debido a la existencia de una parcela actualmente en construcción, se ha previsto un tramo de 45 m en método convencional (entre las progresivas 0+115 y 0+160). El dimensionamiento de este tramo de túnel para vía única se desarrolla en el documento O.3.1. Túneles.

Los ramales se inician en los telescopios o pantalones que son las secciones de anchura variable que permiten la conexión de las vías de acceso y salida a taller con la vía principal. Estos ramales tienen unos tramos de vía única y ya dentro de la parcela a talleres se unen para formar una única sección para doble vía.

Como ya se ha expuesto, y al formar parte de este anexo, toda esta zona, con la inclusión de la Estación de Mercado Santa Anita, se realiza con excavación en trinchera.

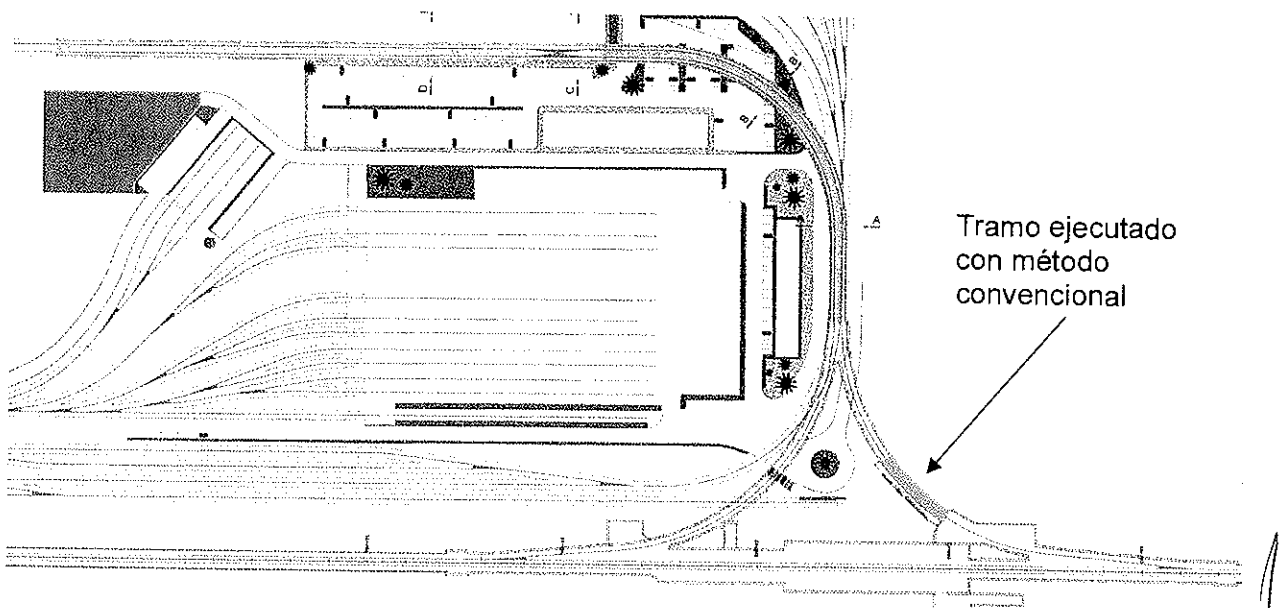


Figura 1-4. Planta de los ramales Santa Anita

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





**O.3.3. Ramal a Talleres**

La zona de conexión se resuelve con un recinto apantallado con gálibo interior variable y espesor de pantallas de 100cm. La cubierta se resuelve con un dintel tipo usado en estaciones de 150cm. Existe un solo nivel intermedio a modo de arriostamiento, el cual se materializa con una losa de hormigón armado de 80cm de canto. Por último, el cierre se realiza por medio de una losa plana de hormigón armado de 60cm de canto (Ver Sección 1-1)

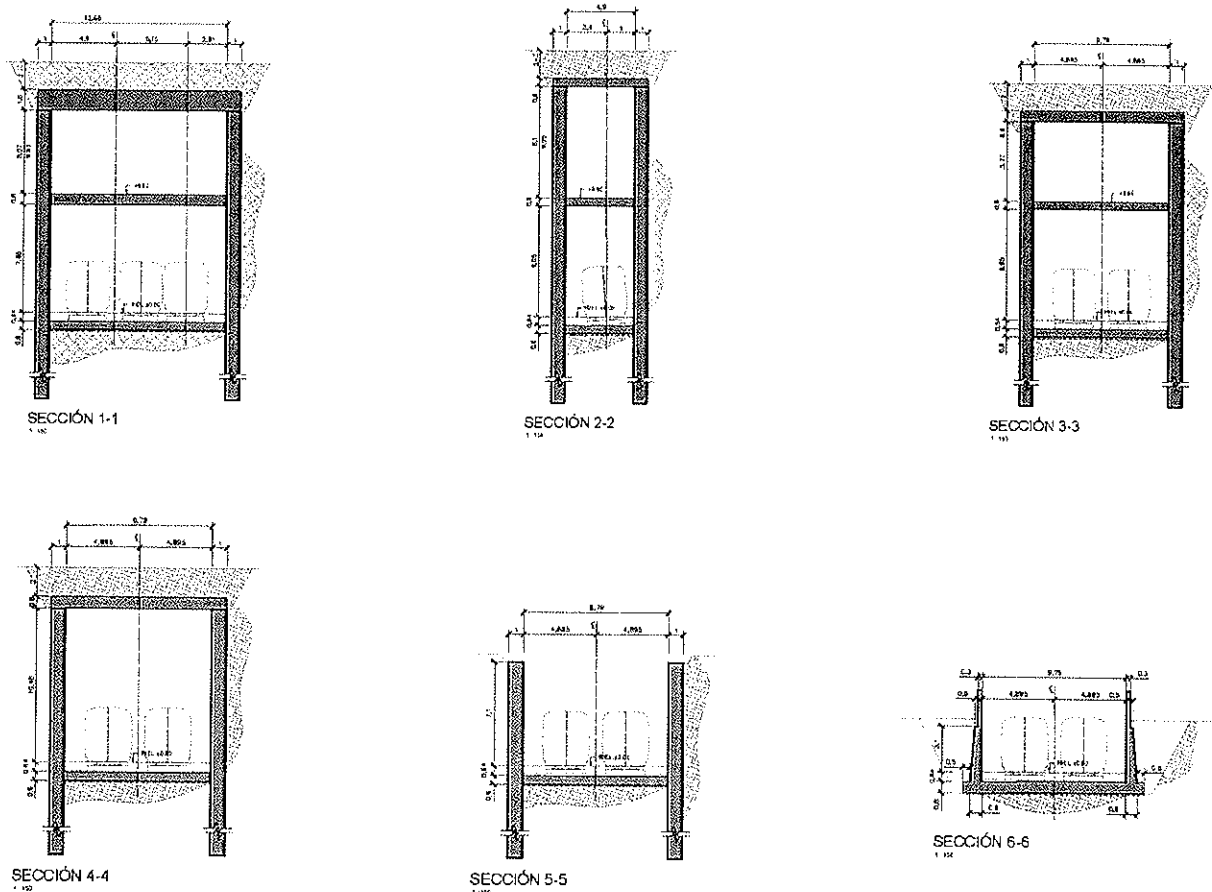


Figura 1-5. Secciones ramal Santa Anita

Los denominados ramales tienen cuatro secciones tipos, que se pueden ver en la imagen anterior.

- Sección 2-2 y 3-3, la única diferencia es que ambas secciones tienen la misma configuración en alzado, la única diferencia estriba en el gálibo interior. En la sección 2-2- es mono rail y la 3-3 tiene las dos vías que provienen de las dos bifurcaciones.
- Sección 4-4, corresponde con la sección crítica en la que ya no es necesario o posible la colocación de una losa intermedia de arriostamiento.
- Sección 5-5, corresponde con la sección crítica en la que ya no es posible, por gálibo vertical ferroviario, la colocación de una cobertura.
- Sección 6-6, se corresponde con la zona más somera de la rasante, de modo que esta zona permite la ejecución de un muro en (U).

El predimensionamiento de los elementos estructurales C&C de los ramales al patio taller Santa Anita se ha realizado en base a otros tramos C&C existentes en la

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

Pag


<p>O.3.3</p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
----------------------------------	--

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

## O.3.3. RAMAL A TALLERES DE SANTA ANITA

### APENDICE 1. CÁLCULO DE RAMALES SANTA ANITA

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL







## Índice

<b>1. RAMALES Y CONEXIÓN TALLERES SANTA ANITA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción.....	1
<b>2. Propiedades de los materiales.....</b>	<b>3</b>
2.1 Concreto.....	3
2.2 Acero de refuerzo.....	3
2.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.....	3
<b>3. Estados de cargas.....</b>	<b>4</b>
3.1 Cargas muertas y cargas vivas.....	4
3.2 Carga de tren.....	5
3.2.1 Cargas vivas verticales de tren.....	5
3.2.2 Cargas vivas horizontales de tren.....	5
3.2.3 Cargas dinámicas.....	5
3.3 Cargas térmicas.....	5
3.4 Viento.....	5
3.5 Carga sísmica.....	5
3.6 Construcción y montaje.....	6
3.7 Presión de tierra.....	6
3.8 Presión de agua.....	8
3.8.1 Empuje lateral y subpresión.....	8
3.8.2 Sobrecargas por edificación existente.....	8
<b>4. Combinaciones de carga.....</b>	<b>8</b>
4.1 Denominación de cargas.....	8
4.2 Combinaciones ELU.....	9
4.3 Combinaciones ELS.....	9
<b>5. Verificación estructural.....</b>	<b>10</b>
5.1 Criterios de deflexión.....	10
5.1.1 Losas de piso y techos.....	10
5.1.2 Muros de contención.....	10
5.2 Durabilidad.....	10
5.2.1 Clases de exposición.....	10
5.2.2 Ancho de las fisuras.....	10
5.2.3 Resistencia a fuego.....	11
<b>6. Modelos de cálculo.....</b>	<b>11</b>
<b>7. pantallas ramales.....</b>	<b>11</b>
<b>8. Losas.....</b>	<b>15</b>
8.1 Dintel.....	15
8.2 Losas estampadoras.....	15
8.3 Losas de Fondo.....	17



**O.3.2. Ramal a Talleres**

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



013078

**1. RAMALES Y CONEXIÓN TALLERES SANTA ANITA****1.1 DESCRIPCIÓN.**

Como se puede apreciar en la figura adjunta, anexo a la Estación de L2 de Mercado Santa Anita se ubica dos "pantalones" o recintos de pantallas que bifurcan el túnel de línea, realizado con excavación en trinchera y que vuelven a unirse para configurar un único túnel que será el acceso a talleres de Santa Anita.

En el caso del ramal derecho, y debido a la existencia de una parcela actualmente en construcción, se ha previsto un tramo de 45 m en método convencional (entre las progresivas 0+115 y 0+160). El dimensionamiento de este tramo de túnel para vía única se desarrolla en el documento A.6.10. Excavación en caverna

Los ramales se inician en los telescopios o pantalones que son las secciones de anchura variable que permiten la conexión de las vías de acceso y salida a taller con la vía principal. Estos ramales tienen unos tramos de vía única y ya dentro de la parcela a talleres se unen para formar una única sección para doble vía.

Como ya se ha expuesto, y al formar parte de este anexo, toda esta zona, con la inclusión de la Estación de Mercado Santa Anita, se realiza con excavación en trinchera.

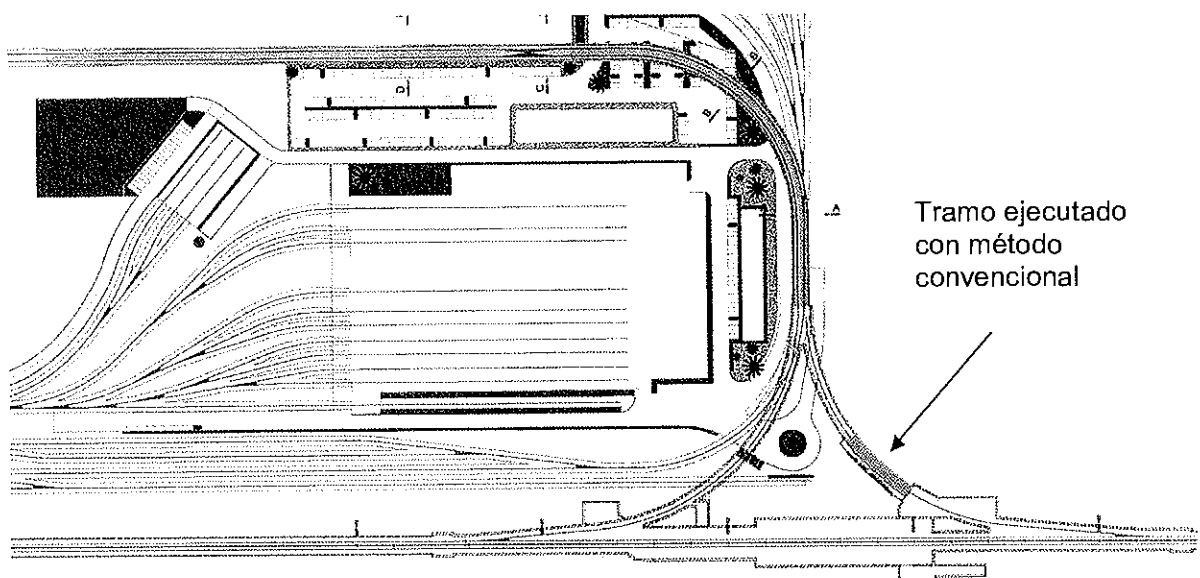


Figura 1-1. Planta de los ramales Santa Anita

La zona de conexión se resuelve con un recinto apantallado con gálibo interior variable y espesor de pantallas de 100cm. La cubierta se resuelve con un dintel tipo usado en estaciones de 150cm. Existe un solo nivel intermedio a modo de arriostamiento, el cual se materializa con una losa de hormigón armado de 80cm de canto. Por último, el cierre se realiza por medio de una losa plana de hormigón armado de 60cm de canto (Ver Sección 1-1)

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



0.3.2. Ramal a Talleres



013079

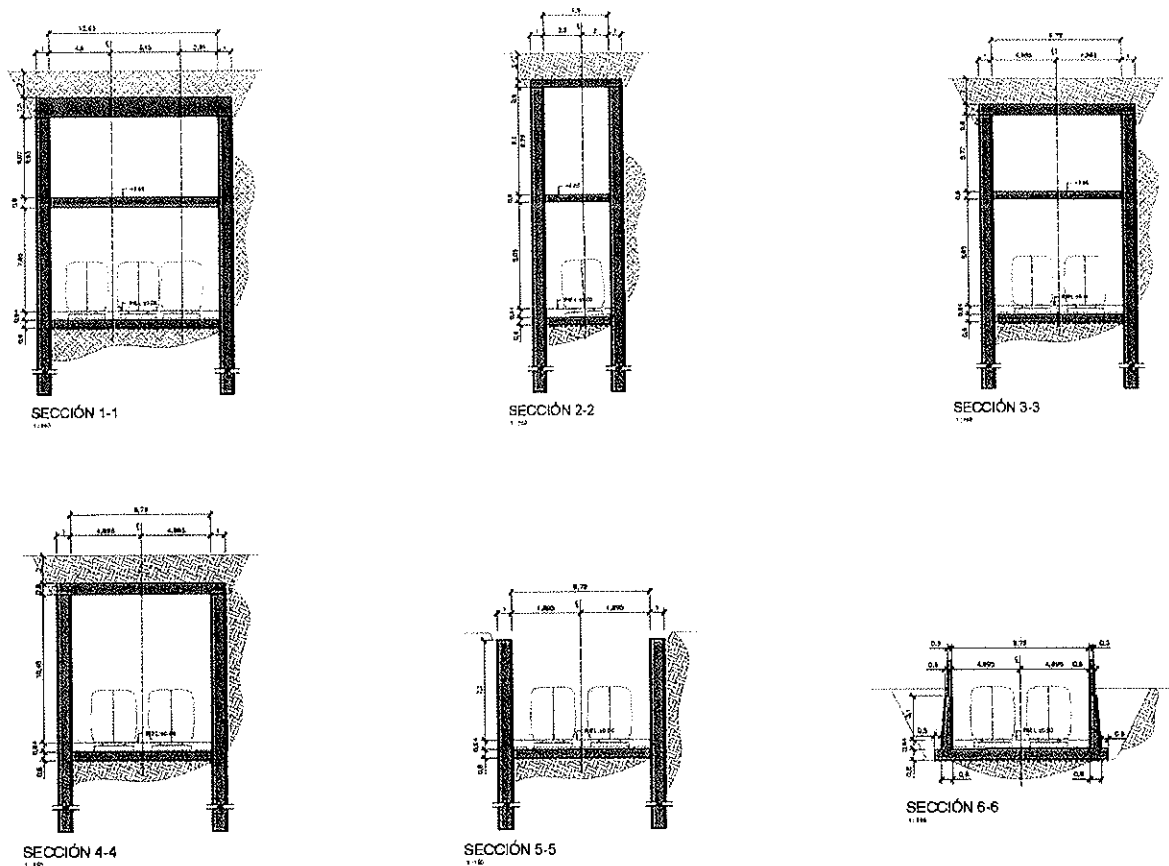


Figura 1-2. Secciones ramal Santa Anita

Los denominado ramales tienen cuatro secciones tipos, que se pueden ver en la imagen anterior.

- Sección 2-2 y 3-3, la única diferencia es que ambas secciones tienen la misma configuración en alzado, la única diferencia estriba en el gálbo interior. En la sección 2-2- es mono rail y la 3-3 tiene las dos vías que provienen de las dos bifurcaciones.
- Sección 4-4, corresponde con la sección crítica en la que ya no es necesario o posible la colocación de una losa intermedia de arriostramiento.
- Sección 5-5, corresponde con la sección crítica en la que ya no es posible, por gálbo vertical ferroviario, la colocación de una cobertura.
- Sección 6-6, se corresponde con la zona más somera de la rasante, de modo que esta zona permite la ejecución de un muro en (U).

El predimensionamiento de los elementos estructurales de los ramales al patio taller Santa Anita se ha realizado en base a otros tramos C&C existentes en la misma área.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**0.3.2. Ramal a Talleres****2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.**

Atendiendo a A6-18.2.8., se emplean los siguientes materiales para la construcción de las obras en hormigón reforzado.

**2.1 CONCRETO.**

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto:

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado	
A	34,3 MPa (350 Kg/cm <sup>2</sup> )
B	31,4 Mpa (320 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto reforzado	
C	27,4 MPa (280 Kg/cm <sup>2</sup> )
D	20,6 MPa (210 Kg/cm <sup>2</sup> )
E	17,2 MPa (175 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto simple	
F	13,7 MPa (140 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto ciclópeo	
G	17,2 MPa (175 Kg/cm <sup>2</sup> )
H	13,7 MPa (140 Kg/cm <sup>2</sup> )
	Se compone de concreto simple Clase E y F, y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo.

Clase de Concreto y Resistencia mínima a la Compresión, Normas MTC E704

**2.2 ACERO DE REFUERZO.**

Para el diseño de hormigón reforzado se proyectan varillas corrugadas (ASTM A-706), como se puede observar en la siguiente tabla:

Grado.	ASTM	$f_y$ min (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_y$ max (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ min (Kg/cm <sup>2</sup> )	$f_u/f_y$ (min)
40	A 615	2,800	--	4,200	--
60	A 615	4,200	--	6,300	--
75	A 615	5,300	--	7,000	--
60	A 706	4,200	5,500	5,600	1.25

Calidades del acero de refuerzo que cubre la Normas ASTM

**2.3 RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE REFUERZO.**

Se atiende a lo establecido en A6-18.2.10.

El recubrimiento mínimo para el refuerzo no debe ser menor al mínimo entre el recubrimiento requerido por resistencia al fuego (de acuerdo con la Norma A.130 Requisitos de Seguridad) y los siguientes:

- a) Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar: 75 mm(3)
- b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:
  - o Barras 5/8" o menores □ de 40 mm
  - o Barras 3/4" o mayores □ de 50 mm
- c) Concreto no expuesto al ambiente:
  - o Losas o aligerados 40 mm(2)
  - o Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





**0.3.2. Ramal a Talleres**

- Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(\*) 013081
- o Muros o muros de corte
  - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)
  - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(\*)
- o Vigas y columnas (\*) 40 mm
- o Cáscaras y láminas plegadas 30 mm(1)(\*)

(\*) El recubrimiento deberá medirse al estribo.  
 (1) Recubrimiento mínimo por fuego  
 (2) E.60 2009  
 (3) condicionado por pliego Anejo 6 – 6.20 – 3.5

**3. ESTADOS DE CARGAS.**

**3.1 CARGAS MUERTAS Y CARGAS VIVAS**

Las cargas muertas y cargas vivas a aplicar en el cálculo de las estaciones según las Especificaciones Técnicas del Concurso (A6 - 18.1.3, 18.1.17), son las siguientes:

Área	Carga permanente (CP) KN/m2	Carga viva uniforme (CV) KN/m2	Carga viva concentrada (CVC) KN en 300x300 mm
Pública	6	5	5
No públicas (oficinas, salas personal, baños, etc). No salas de máquinas.	6	3,5	5
Debajo de plataforma	2,5	10	10
Escaleras y rellanos	2,5	5	5
Salas de máquinas	2,5	10	10

En el caso de las losas de techo, las cargas vivas uniformes se definen atendiendo a A6-18.1.3.2 c), y A6-18.1.16:

Área	Carga permanente (CP) KN/m2	Carga viva uniforme (CV) KN/m2	Carga viva concentrada (CVC) KN en 300x300 mm
Bajo zonas verdes	H x 20 KN/m3 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(2) (3)</sup>	100
Bajo vías con tráfico	H x 20 KN/m3 <sup>(1)</sup>	20 <sup>(2)</sup>	100

(1) Se considera un espesor mínimo de tierras de 2 m según norma OS.060.6.3.2. f5, y a A3-18.3.2

**0.3.2. Ramal a Talleres**

013082

Se considera una densidad de tierras de 20 KN/m<sup>3</sup>

- (2) Aplicada en toda la superficie
- (3) Para los techos bajo zonas verdes, en caso de duda sobre futuro tráfico, se emplea la sobrecarga de 20 KN/m<sup>2</sup> para el cálculo.

**3.2 CARGA DE TREN****3.2.1 Cargas vivas verticales de tren**

Se ha considerado una carga vertical equivalente al tren de cargas de 750 kN/m<sup>2</sup>.

**3.2.2 Cargas vivas horizontales de tren**

No se consideran en losas apoyadas en el terreno, ya que no generarán ningún esfuerzo apreciable en la losa.

**3.2.3 Cargas dinámicas**

Se obtiene usando, del lado de la seguridad, el valor más desfavorable de entre los obtenidos entre estos dos criterios:

EC 1-2 6.4:

- (b) Para vías con mantenimiento normal:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\Phi} - 0,2}} + 0,73 \quad (6.5)$$

con  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$

Fórmula de Eisenmann:

As per Railway literature the impact load is dependent of the train speed and track quality.

The dynamic factor can therefore be calculated by Eisenmann formula :

$$\gamma = t \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{V - 60}{140}\right) = 2 \cdot 0,2 \cdot \left(1 + \frac{80 - 60}{140}\right) = 0,46$$

Where :

*t*: multiplication factor of standard deviation = 2 :

*φ*: factor depending of track quality = 0,2 (good quality) :

*V*: train speed = 80 km/h.

**3.3 CARGAS TÉRMICAS**

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

**3.4 VIENTO**

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

**3.5 CARGA SÍSMICA**

Se aplica la formulación de Word siguiendo:

- o Carga uniforme de valor:  $\Delta Pd' = \alpha \cdot S \cdot Y \cdot H$

A continuación se justifican los parámetros a adoptar para la definición del valor de la carga:

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



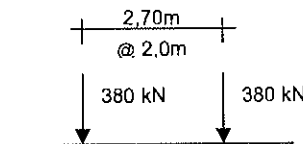


**0.3.2. Ramal a Talleres**

- o Se adopta como valor de  $ag/g=Z=0.40$  al encontrarse predominantemente la línea de metro en Zona 3.
- o En base al Anexo I04-GEN-GEO-I-001-2.docx, en el cual se recoge una microzonificación de Lima y alrededores, se concluye que en el peor de los caso el suelo se clasifica como S2, de manera que el factor de suelo,  $S=1.20$
- o En la formulación de Wood, se entiende el valor de H, como la altura del marco enterrado. Del lado de la seguridad, se considerara la diferencia de alturas entre el TN y la máxima excavación.

**3.6 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

Dado el proceso constructivo planteado, en el que la tuneladora cruza las estaciones en vacío apoyada en la losa de fondo, se considera un tren de cargas correspondiente a dos cargas puntuales de 380 kN separadas 2.70m entre sí en el sentido transversal, y cada 2.00m en el sentido longitudinal:



**3.7 PRESIÓN DE TIERRA**

Los empujes de tierras se consideran en el cálculo a partir de los parámetros geotécnicos que se indican a continuación. Al tratarse de material granular, no existe distinción de estos parámetros entre el corto y el largo plazo.

Clase de suelo	Descripción litológica general	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_0$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kPa)	$\phi$ (°)	Coefficiente de Poisson (estático)	Ángulo de fricción (°)	Ángulo de dilatación (°)	Coefficiente de fricción horizontal estático para el cálculo de pantallas (kN/m <sup>2</sup> ) Según fórmula propuesta de valores constantes
R	RELLENO S Relleno, mezcla de suelos poco compactados y contaminados	15.2	16.7	0	28	0.3	17	-	3,500
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS Arcilla Inorgánica de baja a media plasticidad y limo Inorgánico de baja plasticidad.	13.25	17.38	8	26	0.25	23	-	10,000
SM	ARENA Arenas limosas.	14.6	16.95	5	30	0.3	35	-	12,000

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



## O.3.2. Ramal a Talleres



013984

GP-S s	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	19	20	15	34	0.3	42	-	12,500
GP-S f	GRAVA	Grava pobremente graduada con arena, arcilla y limo, y con arena limosa y arcillosa.	21	22	32	39	0.3	183	10,000- 15,000	55,000
D	ARCILLAS Y LIMOS	Dioritas y tonalitas	-	-	-	-	-	-	-	-

Parámetros Recomendados.

Id	P <sub>Vy</sub>	F <sub>vs</sub>	K <sub>a</sub>	K <sub>o</sub>	K <sub>p</sub>	C	α	D <sub>a</sub>	D <sub>p</sub>	R <sub>e</sub>
-	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	-	-	-	K <sub>oa</sub>	°	-	-	K <sub>oa</sub> /m
R	16.7	6.7	0.331	0.531	3.546	0	28	0.33	0.33	3500
CL/CM	17.38	7.38	0.359	0.562	3.19	8	26	0.33	0.33	10000
SM	16.95	6.95	0.305	0.500	3.955	5	30	0.33	0.33	12000
GP-S s	20	10	0.257	0.441	4.989	15	34	0.33	0.33	12500
GP-s f	22	12	0.206	0.371	6.869	32	39	0.33	0.33	55000

Parámetros RIDO.

Se entiende como corto plazo (CP), las acciones derivadas del proceso constructivo. Estas acciones se obtiene de un modelo de Winkler en el que las leyes de empujes de obtienen en cada fase. A CP no se considera los efectos derivados de la acción sísmica, y si se considera la acción de las sobrecargas y cargas permanentes en el trasdós de las pantallas. Las leyes de esfuerzos que se derivan de estos empujes deben ser asumidas, íntegramente, por las pantallas (muros colados / diafragmas).

A largo plazo (LP) para el material granular presente en la traza, se considera un empuje de tierras en reposo, atendiendo a A6-18.1.14. Este empuje se considera actuando sobre la sección teórica conjunta, incluyendo las pantallas y el muro forro (A6-19.2.1). En esta fase se considera la posible actuación del sobre-empuje sísmico.

El reparto de esfuerzos en este caso se hace de la siguiente forma:

- o Pantallas:

Un porcentaje de empuje al reposo del terreno a largo plazo, y del sobre-empuje sísmico, establecido según la relación de inercias con las pantallas exteriores.

- o Estructura interior (muros forro) se dimensiona para soportar:

Un porcentaje de empuje al reposo del terreno a largo plazo, y del sobre-empuje sísmico, establecido según la relación de inercias con las pantallas exteriores.

El 100 % de la sobrecarga de edificaciones exteriores.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





**0.3.2. Ramal a Talleres****3.8 PRESIÓN DE AGUA**

013085

**3.8.1 Empuje lateral y subpresión**

Según A6-18.1.14, se considera el empuje de agua en los muros laterales y una subpresión en la losa de fondo calculado con un peso unitario de 10 KN/m<sup>3</sup>, para una posición de nivel freático definido según el siguiente criterio:

- o Si el nivel freático, dado por la información disponible, se encuentra a nivel del suelo o hasta una profundidad de 3 m por debajo del nivel natural del suelo; se considerará para el diseño, un nivel freático que coincide con el nivel del terreno natural.
- o Si de la información disponible se demuestra la ausencia de nivel freático o su presencia a una profundidad tal que no influya en las obras permanentes (profundidades mayores a 2L donde L es la profundidad de la obra interesada), podrá considerarse para el diseño la ausencia de dicho nivel freático.

De acuerdo con esto, las estaciones en las que aparezca nivel freático (estaciones húmedas) se calculan con presión de agua desde cota de terreno natural. Las estaciones sin nivel freático (estaciones secas) se calculan sin empuje de aguas.

La estructura interior (muros forro) se dimensiona para soportar el 100% del empuje de agua.

En las estaciones húmedas se realizan las pertinentes comprobaciones de flotabilidad.

Para ello sólo se considera como acción estabilizadora el peso propio de la estructura, el rozamiento con el terreno, el relleno sobre el techo (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m), y del concreto de la primera vía (si existe en la fase de comprobación) descontando 1 m). Como acción desestabilizadora se considera la subpresión.

La comprobación de flotabilidad se realiza para situaciones temporales y permanentes.

La comprobación realizada es (según Eurocódigo 7):

- o  $0,9 \times \text{Fuerzas estabilizadoras} > 1,0 \times \text{Fuerzas desestabilizadoras}$

A la tangente del ángulo de rozamiento efectivo se le aplica un coeficiente de seguridad de 1,25.

**3.8.2 Sobrecargas por edificación existente**

Se aplica una carga de 50 KN/m<sup>2</sup> en el trasdós de las pantallas para tener en cuenta el efecto de la edificación existente. En el caso de que no exista actualmente edificación y se tenga constancia de que no puede existir en el futuro, se aplicará una sobrecarga de 20 KN/m<sup>2</sup>.

**4. COMBINACIONES DE CARGA.**

De acuerdo con A6-18.1.20, se adoptan las combinaciones definidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, con las observaciones que se indican a continuación.

**4.1 DENOMINACIÓN DE CARGAS**

A continuación se presenta la simbología que adopta la norma peruana para la designación de cargas.

- CM=D Peso Propios y Cargas Muertas.
- CV=L Sobrecargas de Uso. Cargas Vivas, incluida la Nieve.
- Cv=W Carga de Viento.
- CS=E Carga Sísmica.
- CE Empuje de Suelos, incluido el Agua.
- CL Empuje de Líquidos de altura bien definida.
- CT=T Temperatura, Fluencia, Retracción, Asientos....

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



**O.3.2. Ramal a Talleres**

013086

Se indican las nomenclaturas que usan las normas E.60 y E.20, que denominan de diferente forma a las mismas acciones (Nombre E.60 = Nombre E.20). Las cargas CE y CL no aparecen explícitamente como cargas muertas o sobrecargas en E.20, sino como "Otras Cargas".

**4.2 COMBINACIONES ELU.**

A continuación se recogen las combinaciones asociadas a los estados límites últimos, tanto para ELU SIN SISMO como ELU CON SISMO. Se basan en lo establecido para ELU en la norma E.60. No obstante, el RNE está orientado a edificación sobre rasante, de manera que no contemple la simultaneidad de la acción sísmica con los empuje CE y CL.

Por ello, se completa en base a las normas (ENV-UNE y AASHTO) a las que hace referencia las Especificaciones Técnicas Prestacionales:

Art.	CM	CV	Cv	CE(1)(2)	CL	CT	CS
9.2.1	1.40	1.70					
9.2.2	1.25	1.25	1.25	1.25			
	1.25	1.25	-1.25	1.25			
	0.90		1.25				
	0.90		-1.25				
9.2.3	1.25	1.25		1.25			1.00
	1.25	1.25		1.25			-1.00
	0.90						1.00
	0.90						-1.00
9.2.5	1.40	1.70		1.70			
	0.90			1.70			
9.2.6	1.40	1.70			1.40		
9.2.9	1.05	1.25		1.25		1.05	
	1.40					1.40	

(1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.

(2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

**4.3 COMBINACIONES ELS.**

A continuación se muestra las combinaciones para los diferentes Estados Límites de Servicio, en base a la norma E.020:

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

Art.	CM	CV	Cv	CE(1)(2)	CL	CT	CS
28	1.00						
29	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
30	1.00						0.70

**0.3.2. Ramal a Talleres**

013987

31	0.75	0.75		0.75	0.75	0.75	0.525
32	0.75	0.75		0.75	0.75		
33	0.75						0.525
34	0.67	0.67		0.67	0.67	0.67	0.469

- (1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.  
 (2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

**5. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

Las diferentes estructuras y elementos estructurales se diseñan para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones anteriormente descritas.

Adicionalmente, se verifica que todas las estructuras y elementos estructurales garantizan un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio. A tales efectos, se definen a continuación los criterios seguidos de deflexión y durabilidad.

Por último, se aportan los criterios seguidos para garantizar también la resistencia al fuego requerida durante 120 minutos.

**5.1 CRITERIOS DE DEFLEXIÓN.****5.1.1 Losas de piso y techos.**

Según establece A6-122.6, para las losas horizontales, la deflexión final debido a todas las cargase, medida desde el nivel bruto de colada de los soportes de pisos, techos y todos los otros miembros horizontales, se limita a la siguiente proporción: (luz libre) / 250.

**5.1.2 Muros de contención.**

Para los muros se establece la siguiente limitación de deformaciones, en función de la tipología de edificación existente en cada zona:

- o Pantallas con edificios a mas de 20m, un desplazamiento permitido de 35mm
- o Pantallas con edificios entre 10 y 20 metros, un desplazamiento permitido de 25mm.
- o Pantallas con edificios entre 2 y 10 metros, un desplazamiento permitido de 20mm.

**5.2 DURABILIDAD.**

Se establecen los criterios de exposición y ancho de fisura según A6-18.2

**5.2.1 Clases de exposición.**

Clase + XC2 XA2 (ambiente húmedo de agresividad moderada): todas las estructuras en contacto con tierra.

Clase XC3 + XA1 (ambiente de humedad moderada y débil agresión): para las estructuras interiores.

**5.2.2 Ancho de las fisuras.**

Atendiendo a A6-18.2.12.2, el ancho máximo de fisura se calcula para que no sobrepase el valor máximo correspondiente definido en esta tabla para las dos clases de exposiciones consideradas:

Elemento	Ancho max. de las fisuras [mm]
Superficie de hormigón en directo	0,33

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL


### 0.3.2. Ramal a Talleres



contacto con el terreno/relleno	
Elementos internos de hormigón	0,40

013088

### 5.2.3 Resistencia a fuego.

En base a la norma A-130 – Requisitos de Seguridad (versión aprobada por el Comité Permanente de del RNE), el tiempo de resistencia al fuego será 120 minutos:

Tabla 44.1 TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOGAN)							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego mínimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de ocupantes			
		> 10m	≤ 10m	≤ 6m	≤ 21m	≤ 60m	> 60m
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
Líquidos inflamables y combustibles <sup>(2)</sup>	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
<b>TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES</b>							
Edificaciones de transporte	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
Estaciones de radio y televisión	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
<b>ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES</b>							
	NO	NP	NP	30	60	90	120
	SI	120	90	30	60	90	120
<b>CUALQUIER EDIFICIO CUYO USO COMPLETO O PARCIAL NO HAYA SIDO DESCRITO EN ESTA TABLA</b>	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180

Para conseguir que la estructura se pueda clasificar como "Resistente al fuego" según la A-130 de junio de 2006, se aplicarán los recubrimientos mínimos indicados en el artículo 47 de dicha norma (han sido considerados en el apartado de definición de recubrimientos del presente documento).

### 6. MODELOS DE CÁLCULO

En los apéndices correspondientes, se describen y muestran los distintos modelos de cálculo utilizados en función de los elementos a analizar.

### 7. PANTALLAS RAMALES.

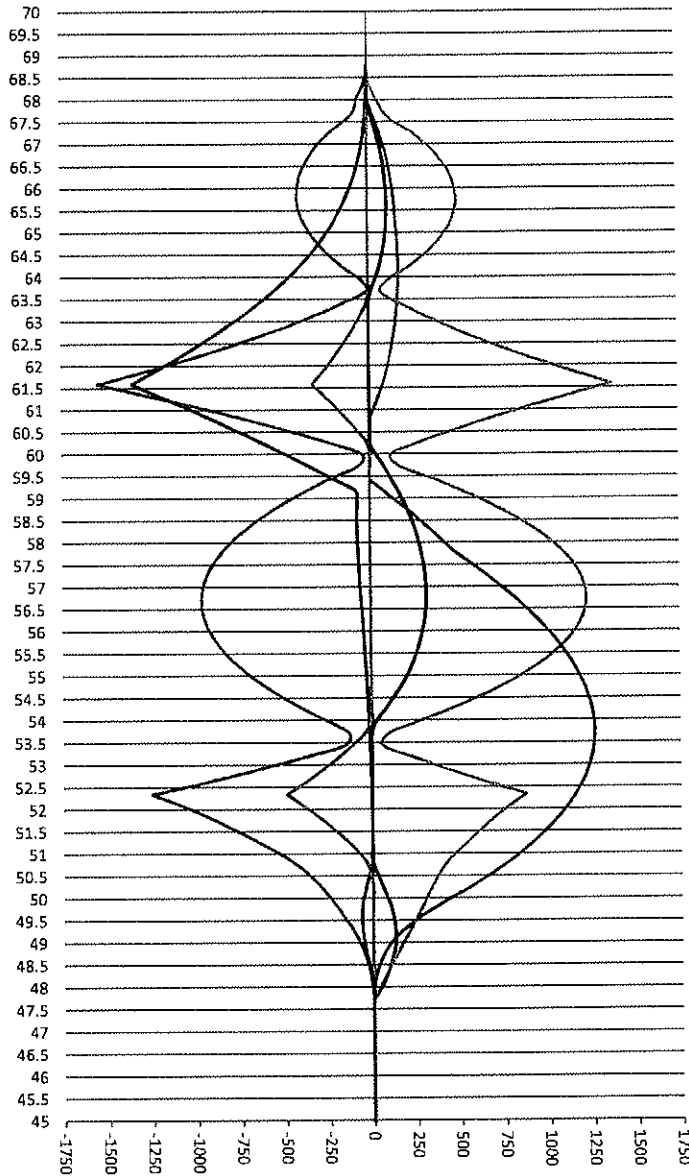
Se incluyen a continuación las envolventes de esfuerzos obtenidos tanto en ELU como en ELS para la solución analizada.






O.3.2. Ramal a Talleres

013089



- M+ corto plazo
- M+ largo plazo y sismo
- M- largo plazo y sismo
- M+ largo plazo
- M- corto plazo
- M- largo plazo

ELU, Momentos flectores (KNm/ml).

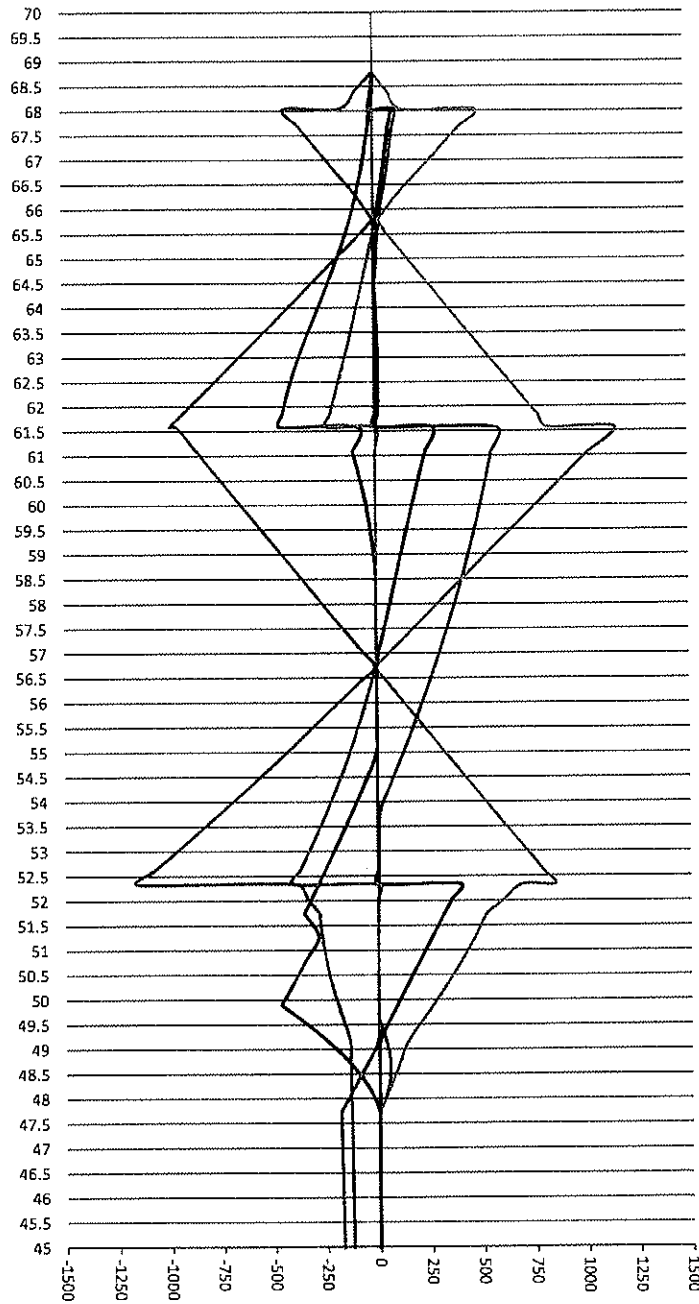
  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





O.3.2. Ramal a Talleres

013090



- V+ corto plazo
- V+ largo plazo
- V+ largo plazo y sismo
- V- corto plazo
- V- largo plazo
- V- largo plazo y sismo

ELU. Cortante (KN/m)

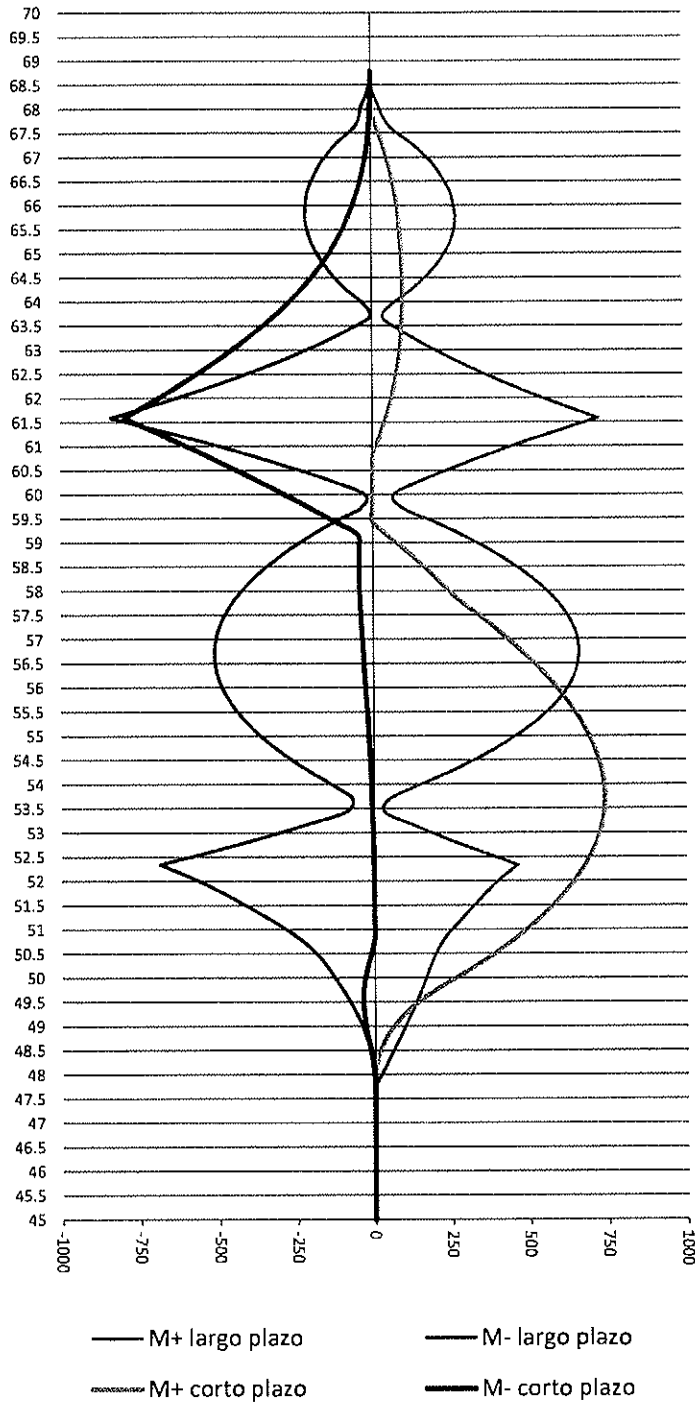
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



O.3.2. Ramal a Talleres



013091



ELS. Momentos flectores (KNm/ml)

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**O.3.2. Ramal a Talleres****Armadura y cuantías**

013092

A continuación se resume el armado dispuesto en la pantalla :

<b>PANTALLA</b>	
Armado Base Trasdós	Ø25 a 10
Armado de Refuerzo Trasdós	Ø25 a 10 + Ø20 a 10 (2ª capa) Ø25 a 10 + Ø16 a 10 (2ª capa)
Armado Base Intradós	Ø25 a 10
Armado de Refuerzo Intradós	Ø25 a 10 + Ø16 a 20 (2ª capa)
Armadura Horizontal	Ø16 a 15
Armadura de Cortante	3cØ12 a 15
Armaduras de Rigidización y Cuelgue.	Ø20

Con los anteriores armados las cuantías obtenidas, considerando un 5% de sobre medición por solapes y despuntes, serían las siguientes :

<b>CUANTÍAS DE ACERO</b>	
Pantalla	180 kg/m <sup>3</sup>

**8. LOSAS****8.1 DINTEL**

- Generalidades**

El dintel se extrae por extrapolación con modelos similares a los que se adjunta en el Apéndice 1 del Anexo A.7.4.

**8.2 LOSAS ESTAMPIDORAS**

- Generalidades de cálculo**

Los sistemas de arriostramiento planteados en las terceras vías consisten en losas macizas de hormigón armado in situ. La luz de cálculo de las losas corresponde a la luz interior del recinto entre pantallas (12.65 m) y constan de 80 cm de canto.

Desde el punto de vista estructural estas losas funcionan biarticulándose en la conexión con las pantallas. Debido a que la losa tiene una geometría en planta regular, el modelo de cálculo empleado consiste en una rebanada de un metro de longitud (barra biarticulada).

A efectos de cargas, la losa sólo se ve sometida a la acción de su propio peso y a la compresión de las pantallas, dado que la finalidad única de este tipo de elemento es la de arriostramiento.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



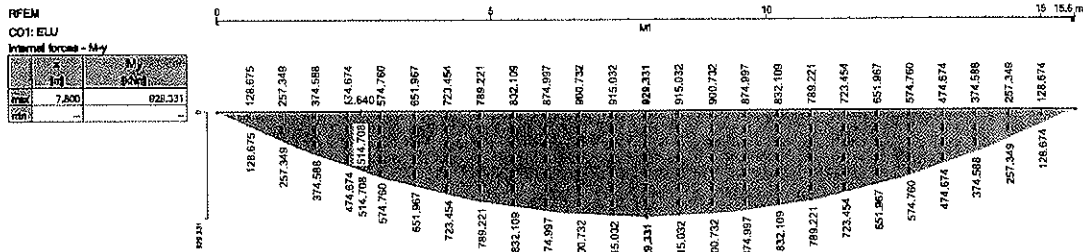




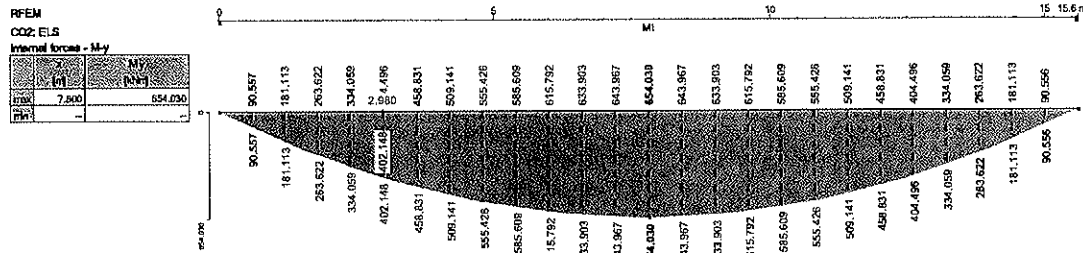
**0.3.2. Ramal a Talleres**

A continuación se presentan los esfuerzos de cálculo obtenidos para el elemento, así como el armado dispuesto que justifica la cuantía de acero empleada en la valoración.

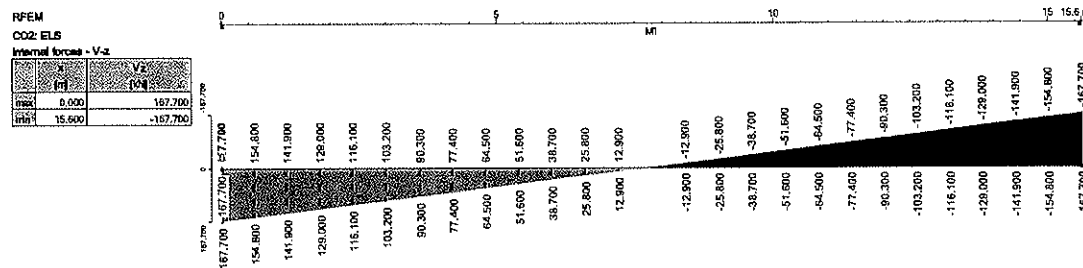
• **Envoltentes de esfuerzos**



**Momentos flectores ELU**



**Momentos flectores ELS**



**Cortantes ELU**

• **Cuantías**

La cuantía obtenida en el predimensionamiento de la losa es de 150kg/m3.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





### O.3.2. Ramal a Talleres

#### 8.3 LOSAS DE FONDO

En el Anexo A.7.3 se recoge de forma extensa, la justificación técnica de las diferentes losas de fondo de las terceras vías.

Es necesario indicar que la losa mayoritaria en terceras vías es una losa maciza de hormigón armado de 60cm de canto, con una cuantía aproximada de 95kg/m<sup>3</sup>. Esta losa está calculada como simplemente apoyada en el terreno y recibe sólo las cargas asociadas a las vías-explotación y a las sobrecargas asociadas a la fase de obra.

En la tercera vía anexa a la Estación Oscar Benavides, a pk menos, se sitúa una losa con forma quebrada de 120cm de canto. Esta losa tiene esa forma quebrada, para albergar la tuneladora que se dirige hacia pk menos. Esta losa al recibir la carga de fase de obra (marco de reacción y tuneladora) posee una cuantía de 175kg/m<sup>3</sup>.

- Metodología.

Para el cálculo de la losa de fondo se han tenido las siguientes consideraciones preliminares:

- Losa Quebrada de Fondo de canto 120cm. La elección de este canto se debe más a razones de rigidez por el paso de la Tuneladora que por temas derivados de cuantías asociadas alas solicitaciones.
- Se ha considerado un módulo de balasto vertical bajo la losa de  $K_v=15.000\text{kN/m}^3$ . Que es coherente con los valores que aporta el estudio geotécnico.
- Se considera que la losa apoya íntegramente sobre el estrato competente GP-s firme.
- La losa esta desconectada de las pantallas.

- Hipótesis de Carga.

Debido a las dos diferentes situaciones: a) Corto Plazo o Construcción y b) Largo Plazo o Servicio, se han tenido que realizar dos modelos.

En cada uno de los modelos se han introducido las siguientes cargas:

- **Modelo a Corto Plazo**

- Carga Muerta de Peso Propio de la Losa → CM.pp
- Carga Variable de Construcción sobre la Losa de 250kg/m<sup>2</sup> → CV.fondo.constr.
- Carga Variable debida al paso de la Tuneladora. Son dos cargas puntuales de 340kN, separadas entre sí a 2.75m y centradas en el eje de trazado. Se hace el supuesto de que debe existir al menos 10 cargas como está a lo largo de la cabeza de la Tuneladora, para llegar a un peso de la misma del entorno de las 680ton. Se denominara CV.Tuneladora.

- **Modelo a Largo Plazo:**

- Carga muerta de vías de 300kg/m<sup>2</sup> → CM.vías.
- Carga variable asociada a la explotación de las vías de 5kPa → CV.vías

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.3.2. Ramal a Talleres

- Carga variable del tren. Este valor aún está en el aire y se han considerado 10kPa en zona de vías → CV.tren.
- Empuje de Tierras al reposo → CE.lp
- Sobre empuje Sísmico → CS.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[13495]  
013990

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



### O.3.3. Ramal a Talleres

O.3.3 Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A TIPO DE DOCUMENTO
-----------------------	---

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

## O.3.3. RAMAL A TALLERES DE SANTA ANITA

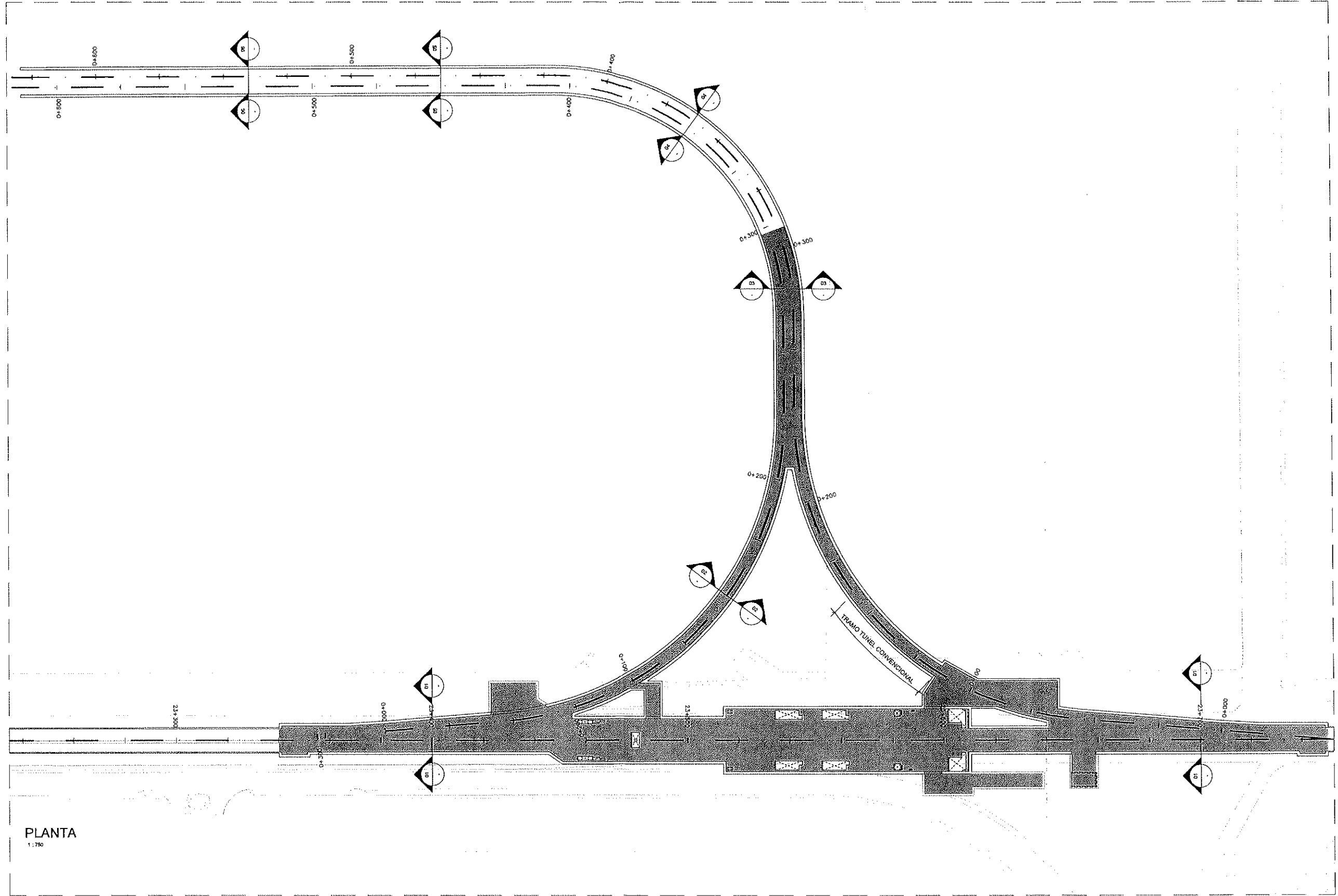
### APENDICE 2.PLANOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



CODIGO	ÍNDICE DE PLANOS	ESCALA A1	Nº PLANOS
PLOC-TUN-ESR-RT-SA	ESTRUCTURAS. RAMALES TALLERES SANTA ANITA.	VARIAS	2

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 



PLANTA  
1:750

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



\\admchilintermes\p02-264806\documentacion\temporal\p03-sox+15\ci.m.fms\102\_planta\02\_planta\planta\013098\_ploc-tun-est-rt-sa-p001-p002.dwg - 26/02/2014 - 13:27

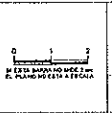
**ProlInversión**  
Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**

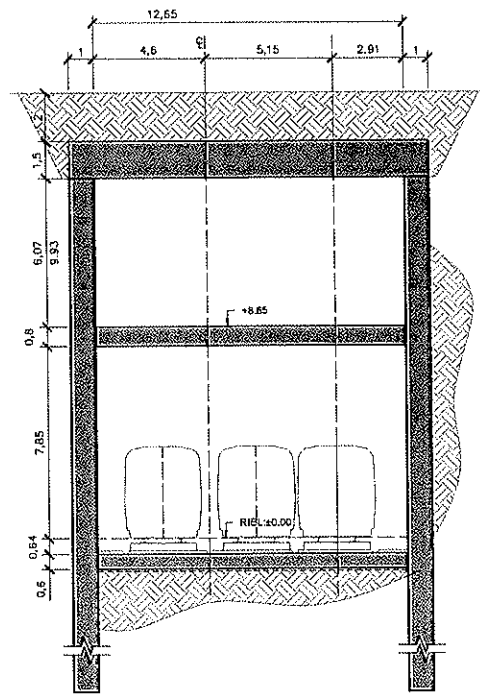
CONSULTORES

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

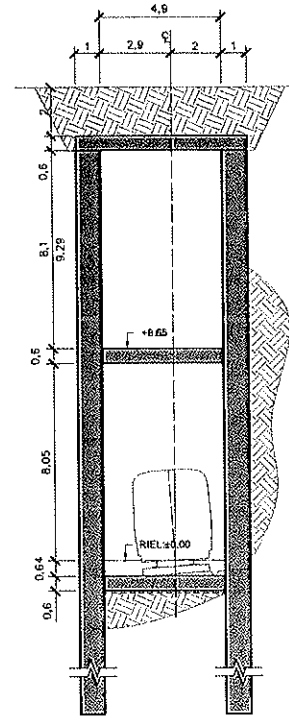
ESCALA (A1)	1:1000
FECHA:	FEBRERO 2014



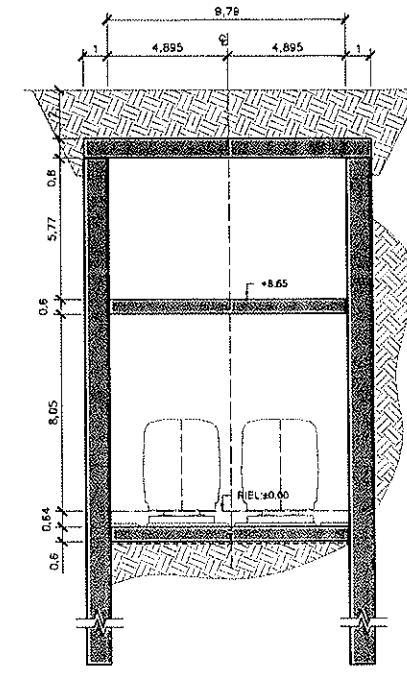
ESTRUCTURAS RAMALES MERCADO SANTA ANITA PLANTA	PLANO N°	HUJIA	REVISIÓN
	PLOC-TUN-ESR-RT-SA-P-001	01 de 02	0



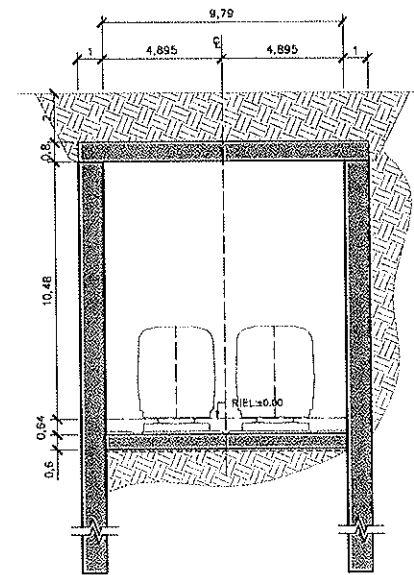
SECCIÓN 1-1  
1:150



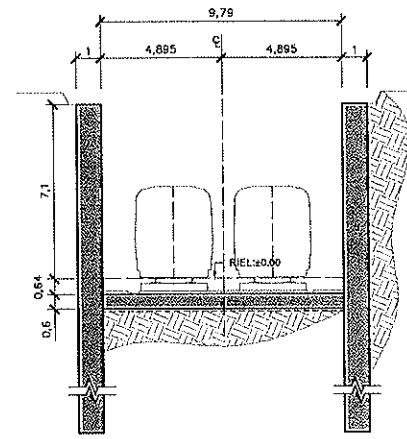
SECCIÓN 2-2  
1:150



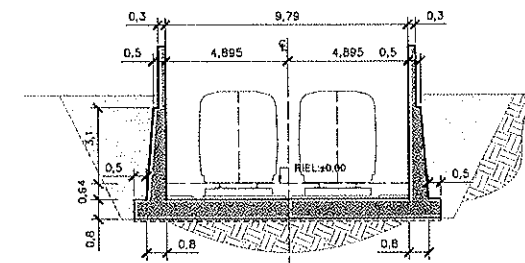
SECCIÓN 3-3  
1:150



SECCIÓN 4-4  
1:150



SECCIÓN 5-5  
1:150



SECCIÓN 6-6  
1:150

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

CUANTÍA POR ELEMENTOS ACCESOS RAMALES				
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	CUANTÍA (kg/m <sup>3</sup> )	
RAMALES LATERALES	Pantallas L=27.00m	1.00	180.00	
	Pantallas L=14.00m	0.80	125.00	
	Dintel	1.50	185.00	
	Losa Vestibulo (Ancha)	0.80	150.00	
	Losa Vestibulo (Estracha)	0.80	90.00	
	Losa Fondo	0.60	90.00	
CONEXIÓN CON TALLERES Y COCHERAS	Pantallas	1.00	180.00	
	Dintel	Ramal izquierdo y derecho carril único	0.60	130.00
		Zona de carril doble	0.80	150.00
	Losa nivel de vestibulo	Carril único ramal izquierdo	0.60	110.00
		Carril único ramal derecho	0.60	145.00
		Zona de carril doble	0.60	145.00
	Losa de fondo	0.60	90.00	
	Muro en U	Losa emboquille	0.80	100.00
Alzados de emboquille		0.80	75.00	

Validación de documentos: 3-24-16/GC, documentación: tiempo: 04:10:33-xxxx-1-621.m.lima102, planos: 01-2708\_ploc-tun-est-1-sa-p001-p002.dwg - 07/02/2014 - 19:55

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

  
**CONSORCIO**  
**NUEVO METRO DE LIMA**

CONSULTORES  




CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO,"  
 ETAPA 1A

ESCALA (A1):  
 1:1000  
 FECHA:  
 FEBRERO 2014

ESTRUCTURAS RAMALES MERCADO SANTA ANITA SECCIONES			
PLANO N°	PLOC-TUN-ESR-RT-SA-P-002	HOJA:	02 de 02
REVISIÓN	0		

**O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)**

013100

<b>O.3.4.</b>	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b>
Nº DOCUMENTO	TIPO DE DOCUMENTO

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

**O.3.4.POZOS DE ATAQUE (VENTILACIÓN).**

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 





**Índice**

<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Bases de cálculo.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Propiedades de los materiales.....</b>	<b>1</b>
2.1.1 Concreto.....	1
2.1.2 Acero de refuerzo.....	1
2.1.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.....	2
<b>2.2 Estados de cargas.....</b>	<b>2</b>
2.2.1 Cargas muertas y cargas vivas.....	2
2.2.2 Carga de tren.....	3
2.2.2.1 Cargas vivas verticales de tren.....	3
2.2.2.2 Cargas vivas horizontales de tren.....	3
2.2.2.3 Cargas dinámicas.....	3
2.2.3 Cargas térmicas.....	4
2.2.4 Viento.....	4
2.2.5 Carga sísmica.....	4
2.2.6 Construcción y montaje.....	4
2.2.7 Presión de tierra.....	5
2.2.8 Presión de agua.....	6
2.2.8.1 Empuje lateral y subpresión.....	6
2.2.9 Sobrecargas por edificación existente.....	6
<b>2.3 Combinaciones de carga.....</b>	<b>7</b>
2.3.1 Denominación de cargas.....	7
2.3.2 Combinaciones ELU.....	7
2.3.3 Combinaciones ELS.....	8
<b>2.4 Verificación estructural.....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Criterios de deflexión.....	9
2.4.1.1 Losas de piso y techos.....	9
2.4.1.2 Muros de contención.....	9
2.4.2 Durabilidad.....	9
2.4.2.1 Clases de exposición.....	9
2.4.2.2 Ancho de las fisuras.....	9
2.4.3 Resistencia a fuego.....	9
2.5 Modelos de cálculo.....	10
2.6 Bibliografía y referencias.....	10
<b>3. cálculo estructural.....</b>	<b>11</b>
3.1 Materiales.....	11
3.2 Parámetros geotécnicos.....	11
3.3 Normativa.....	11
3.4 Geometría pozo cenital.....	11
<b>4. Cargas.....</b>	<b>15</b>
4.1 Cargas muertas.....	15
4.2 Empuje de tierras.....	15



**O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)**

013102

4.3 Sismo.....	15
5. Combinaciones de cálculo.....	16
6. Resultados.....	17
6.1 Modelo 1. Pozo durante la construcción del tunel. Sin forjados ni muros.....	17
6.2 Modelo 2. Pozo ejecutado.....	18
7. Dimensionamiento.....	19
8. Losa de Cubierta.....	23
8.1 ELU Flexión.....	24

**APÉNDICE 1. PLANOS.**

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



**1. INTRODUCCIÓN**

Se describen en este apartado los cálculos realizados para el diseño y dimensionamiento de las estructuras permanentes de los pozos de ventilación y salida de emergencia pertenecientes a la Etapa 1A. Es decir, con los pozos que se han venido denominando 20, 21, 22 y 23 los cuales son todos pozos cenitales en ausencia de freático.

**2. BASES DE CÁLCULO.**

Se exponen a continuación las bases de cálculo consideradas en el diseño de las estructuras de los pozos. Estas bases han sido redactadas siguiendo las Especificaciones Técnicas del Concurso de Proyecto (Anexo 6, en adelante A6).

**2.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.**

Atendiendo a A6-18.2.8., se emplean los siguientes materiales para la construcción de las obras en hormigón reforzado.

**2.1.1 Concreto.**

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto:

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado	
A	34,3 MPa (350 Kg/cm <sup>2</sup> )
B	31,4 Mpa (320 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto reforzado	
C	27,4 MPa (280 Kg/cm <sup>2</sup> )
D	20,6 MPa (210 Kg/cm <sup>2</sup> )
E	17,2 MPa (175 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto simple	
F	13,7 MPa (140 Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto ciclópeo	
G	17,2 MPa (175 Kg/cm <sup>2</sup> )
H	13,7 MPa (140 Kg/cm <sup>2</sup> )
	Se compone de concreto simple Clase E y F, y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo.

Tabla 2-1. Clase de Concreto y Resistencia mínima a la Compresión, Normas MTC E704



**2.1.2 Acero de refuerzo.**

Para el diseño de hormigón reforzado se proyectan varillas corrugadas (ASTM A-706), como se puede observar en la siguiente tabla:

Grado	ASTM	$f_y$ min (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_y$ max (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ min (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_u/f_y$ (min)
40	A 615	2,800	--	4,200	--
60	A 615	4,200	--	6,300	--
75	A 615	5,300	--	7,000	--
60	A 706	4,200	5,500	5,600	1.25

Tabla 2-2. Calidades del acero de refuerzo que cubre la Normas ASTM

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013104

#### 2.1.3 Recubrimiento mínimo de refuerzo.

Se atiende a lo establecido en A6-18.2.10.

El recubrimiento mínimo para el refuerzo no debe ser menor al mínimo entre el recubrimiento requerido por resistencia al fuego (de acuerdo con la Norma A.130 Requisitos de Seguridad) y los siguientes:

- a) Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar: 75 mm(3)
- b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:
  - o Barras de  $\varnothing$  5/8" o menores 40 mm
  - o Barras de  $\varnothing$  3/4" o mayores 50 mm
- c) Concreto no expuesto al ambiente:
  - o Losas o aligerados
    - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)
    - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(\*)
  - o Muros o muros de corte
    - Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm(2)
    - Barras de 1 3/8" y menores 30 mm(1)(\*)
  - o Vigas y columnas (\*) 40 mm
  - o Cáscaras y láminas plegadas 30 mm(1)(\*)

(\*) El recubrimiento deberá medirse al estribo.

(1) Recubrimiento mínimo por fuego

(2) E.60 2009

(3) condicionado por pliego Anejo 6 – 6.20 – 3.5



## 2.2 ESTADOS DE CARGAS.

### 2.2.1 Cargas muertas y cargas vivas

Las cargas muertas y cargas vivas a aplicar en el cálculo de las estaciones según las Especificaciones Técnicas del Concurso (A6 - 18.1.3, 18.1.17), son las siguientes:

Área	Cargas permanentes (CM) KN/m <sup>2</sup>	Carga viva uniforme (CV) KN/m <sup>2</sup>	Carga viva concentrada (CVC) KN en 300x300 mm
Pública	6	5	5
No públicas (oficinas, salas personal, baños, etc). No salas de máquinas.	6	3,5	5
Debajo de plataforma	2,5	10	10
Escaleras y rellanos	2,5	5	5
Salas de máquinas	2,5	10	10

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL



### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

En el caso de las losas de techo, las cargas vivas uniformes se definen atendiendo a A6-18.1.3.2 c), y A6-18.1.16:

Área	Cargas permanentes (CM) KN/m2	Carga viva uniforme (CV) KN/m2	Carga viva concentrada (CVC) KN en 300x300 mm
Bajo zonas verdes	H x 20 KN/m3 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(2) (3)</sup>	100
Bajo vías con tráfico	H x 20 KN/m3 <sup>(1)</sup>	20 <sup>(2)</sup>	100

(1) Se considera un espesor mínimo de tierras de 2 m según norma OS.060 6.3.2. f5, y a A3-18.3.2  
Se considera una densidad de tierras de 20 KN/m<sup>3</sup>

(2) Aplicada en toda la superficie

(3) (3) Para los techos bajo zonas verdes, en caso de duda sobre futuro tráfico, se emplea la sobrecarga de 20 KN/m2 para el cálculo.

#### 2.2.2 Carga de tren

##### 2.2.2.1 *Cargas vivas verticales de tren*

Se ha considerado una carga vertical equivalente al tren de cargas de 750 kN/m2.

##### 2.2.2.2 *Cargas vivas horizontales de tren*

No se consideran en losas apoyadas en el terreno, ya que no generarán ningún esfuerzo apreciable en la losa.

##### 2.2.2.3 *Cargas dinámicas*

Se obtiene usando, del lado de la seguridad, el valor más desfavorable de entre los obtenidos entre estos dos criterios:

EC 1-2 6.4:

(b) Para vías con mantenimiento normal:


$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\Phi} - 0,2}} + 0,73 \quad (6.5)$$

con  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$

Fórmula de Eisenmann:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013106

As per Railway literature the impact load is dependent of the train speed and track quality.

The dynamic factor can therefore be calculated by Eisenmann formula :

$$\gamma = t \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{V - 60}{140}\right) = 2 \cdot 0.2 \cdot \left(1 + \frac{80 - 60}{140}\right) = 0.46$$

Where :

*t*: multiplication factor of standard deviation = 2 :

*φ*: factor depending of track quality = 0.2 (good quality) :

*V*: train speed = 80 km/h.

### 2.2.3 Cargas térmicas

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

### 2.2.4 Viento

No se consideran al tratarse de una estructura enterrada.

### 2.2.5 Carga sísmica

Se aplica la formulación de Word siguiendo:

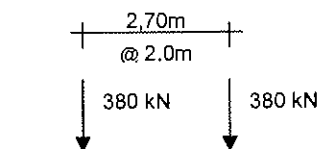
- o Carga uniforme de valor:  $\Delta Pd' = \alpha \cdot S \cdot Y \cdot H$

A continuación se justifican los parámetros a adoptar para la definición del valor de la carga:

- o Se adopta como valor de  $ag/g = Z = 0.40$  al encontrarse predominantemente la línea de metro en Zona 3.
- o En base al Anexo I04-GEN-GEO-I-001-2.docx, en el cual se recoge una microzonificación de Lima y alrededores, se concluye que en el peor de los caso el suelo se clasifica como S2, de manera que el factor de suelo,  $S = 1.20$
- o En la formulación de Wood, se entiende el valor de H, como la altura del marco enterrado. Del lado de la seguridad, se considerara la diferencia de alturas entre el TN y la máxima excavación.

### 2.2.6 Construcción y montaje

Dado el proceso constructivo planteado, en el que la tuneladora cruza las estaciones en vacío apoyada en la losa de fondo, se considera un tren de cargas correspondiente a dos cargas puntuales de 380 kN separadas 2.70m entre sí en el sentido transversal, y cada 2.00m en el sentido longitudinal:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013107

#### 2.2.7 Presión de tierra

Los empujes de tierras se consideran en el cálculo a partir de los parámetros geotécnicos que se indican a continuación. Al tratarse de material granular, no existe distinción de estos parámetros entre el corto y el largo plazo.

Unidad geotécnica (síntesis)	Descripción litológica general	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{ap}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (KPa)	$\phi$ (°)	Coefficient e de Poisson $\nu$	Módulo de Young $E$ (MPa)	Coefficient e de balasto vertical $k_v$ para el cálculo de losas (KN/m <sup>3</sup> )	Coefficient e de balasto horizontal $k_h$ para el cálculo de pantallas (KN/m <sup>3</sup> ) -Según Menard; propuesta de valor constante-
R	RELLENOS	15.2	16.7	0	28	0.3	17	-	3,500
CL/CM	ARCILLAS Y LIMOS	13.25	17.38	8	26	0.25	23	-	10,000
SM	ARENA	14.6	16.95	5	30	0.3	35	-	12,000
GP-Ss	GRAVA	19	20	15	34	0.3	42	-	12,500
GP-Sf	GRAVA	21	22	32	39	0.3	183	10,000-15,000	55,000
D	ARCILLAS Y LIMOS	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2-3. Parámetros Recomendados.

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

Id	PVw	Pvs	Ka	Ko	Kp	C	□	Da	Dp	Re
-	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	-	-	-	Kpa	°	-	-	Kpa/m
R	16.7	6.7	0.331	0.531	3.546	0	28	0.33	0.33	3500
CL/CM	17.38	7.38	0.359	0.562	3.19	8	26	0.33	0.33	10000
SM	16.95	6.95	0.305	0.500	3.955	5	30	0.33	0.33	12000
GP-S s	20	10	0.257	0.441	4.989	15	34	0.33	0.33	12500
GP-s f	22	12	0.206	0.371	6.869	32	39	0.33	0.33	55000

Tabla 2-4. Parámetros adoptados para el cálculo mediante software RIDO.

Se entiende como corto plazo (CP), las acciones derivadas del proceso constructivo. Estas acciones se obtiene de un modelo de Winkler en el que las leyes de empujes de obtienen en cada fase. A CP no se considera los efectos derivados de la acción sísmica, y si se considera la acción de las sobrecargas y cargas permanentes en el trasdós de las pantallas. Las leyes de esfuerzos que se derivan de estos empujes deben ser asumidas, íntegramente, por las pantallas (muros colados / diafragmas).

A largo plazo (LP) para el material granular presente en la traza, se considera un empuje de tierras en reposo, atendiendo a A6-18.1.14 En esta fase se considera la posible actuación del sobre-empuje sísmico.

#### 2.2.8 Presión de agua

##### 2.2.8.1 Empuje lateral y subpresión

Según A6-18.1.14, se considera el empuje de agua en los muros laterales y una subpresión en la losa de fondo calculado con un peso unitario de 10 KN/m<sup>3</sup>, para una posición de nivel freático definido según el siguiente criterio:

- Si el nivel freático, dado por la información disponible, se encuentra a nivel del suelo o hasta una profundidad de 3 m por debajo del nivel natural del suelo; se considerará para el diseño, un nivel freático que coincide con el nivel del terreno natural.
- Si de la información disponible se demuestra la ausencia de nivel freático o su presencia a una profundidad tal que no influya en las obras permanentes (profundidades mayores a 2L donde L es la profundidad de la obra interesada), podrá considerarse para el diseño la ausencia de dicho nivel freático.

De acuerdo con esto, las estaciones en las que aparezca nivel freático (estaciones húmedas) se calculan con presión de agua desde cota de terreno natural. Las estaciones sin nivel freático (estaciones secas) se calculan sin empuje de aguas.

##### 2.2.9 Sobrecargas por edificación existente

Se aplica una carga de 50 KN/m<sup>2</sup> en el trasdós de las pantallas para tener en cuenta el efecto de la edificación existente. En el caso de que no exista actualmente edificación y se tenga constancia de que no puede existir en el futuro, se aplicará una sobrecarga de 20 KN/m<sup>2</sup>.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013199

#### 2.3 COMBINACIONES DE CARGA.

De acuerdo con A6-18.1.20, se adoptan las combinaciones definidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, con las observaciones que se indican a continuación.

##### 2.3.1 Denominación de cargas

A continuación se presenta la simbología que adopta la norma peruana para la designación de cargas.

- CM=D Peso Propios y Cargas Muertas.
- CV=L Sobrecargas de Uso. Cargas Vivas, incluida la Nieve.
- Cvi=W Carga de Viento.
- CS=E Carga Sísmica.
- CE Empuje de Suelos, incluido el Agua.
- CL Empuje de Líquidos de altura bien definida.
- CT=T Temperatura, Fluencia, Retracción, Asientos....

Se indican las nomenclaturas que usan las normas E.60 y E.20, que denominan de diferente forma a las mismas acciones (Nombre E.60 = Nombre E.20). Las cargas CE y CL no aparecen explícitamente como cargas muertas o sobrecargas en E.20, sino como "Otras Cargas".


##### 2.3.2 Combinaciones ELU.

A continuación se recogen las combinaciones asociadas a los estados límites últimos, tanto para ELU SIN SISMO como ELU CON SISMO. Se basan en lo establecido para ELU en la norma E.60. No obstante, el RNE está orientado a edificación sobre rasante, de manera que no contemple la simultaneidad de la acción sísmica con los empuje CE y CL.

Por ello, se completa en base a las normas (ENV-UNE y AASHTO) a las que hace referencia las Especificaciones Técnicas Prestacionales:

Art.	CM	CV	Cvi	CE(1)(2)	CL	CT	CS
9.2.1	1.40	1.70					
9.2.2	1.25	1.25	1.25	1.25			
	1.25	1.25	-1.25	1.25			
	0.90		1.25				
	0.90		-1.25				
9.2.3	1.25	1.25		1.25			1.00
	1.25	1.25		1.25			-1.00

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013110

Art.	CM	CV	Cvi	CE(1)(2)	CL	CT	CS
	0.90						1.00
	0.90						-1.00
9.2.5	1.40	1.70		1.70			
	0.90			1.70			
9.2.6	1.40	1.70			1.40		
9.2.9	1.05	1.25		1.25		1.05	
	1.40					1.40	

Tabla 2-5. Coeficientes de combinación en ELU

- (1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.
- (2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

### 2.3.3 Combinaciones ELS.

A continuación se muestra las combinaciones para los diferentes Estados Límites de Servicio, en base a la norma E.020:

Art.	CM	CV	Cvi	CE(1)(2)	CL	CT	CS
28	1.00						
29	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
30	1.00						0.70
31	0.75	0.75		0.75	0.75	0.75	0.525
32	0.75	0.75		0.75	0.75		
33	0.75						0.525
34	0.67	0.67		0.67	0.67	0.67	0.469


Tabla 2-6. Coeficientes de combinación en ELS

- (1) Se considera Situación a Corto y a Largo Plazo según lo enunciado en el epígrafe 3.7.
- (2) El empuje de terreno a considerar en las combinaciones sísmicas (interviene CS) es el empuje al reposo (Largo Plazo).

## 2.4 VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Las diferentes estructuras y elementos estructurales se diseñan para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas, calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones anteriormente descritas.

Adicionalmente, se verifica que todas las estructuras y elementos estructurales garantizan un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio. A tales efectos, se definen a continuación los criterios seguidos de deflexión y durabilidad.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 

### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013111

Por último, se aportan los criterios seguidos para garantizar también la resistencia al fuego requerida durante 120 minutos.

#### 2.4.1 Criterios de deflexión.

##### 2.4.1.1 Losas de piso y techos.

Según establece A6-122.6, para las losas horizontales, la deflexión final debido a todas las cargase, medida desde el nivel bruto de colada de los soportes de pisos, techos y todos los otros miembros horizontales, se limita a la siguiente proporción: (luz libre) / 250.

##### 2.4.1.2 Muros de contención.

Para los muros se establece la siguiente limitación de deformaciones, en función de la tipología de edificación existente en cada zona:

- Pantallas con edificios a mas de 20m, un desplazamiento permitido de 35mm
- Pantallas con edificios entre 10 y 20 metros, un desplazamiento permitido de 25mm.
- Pantallas con edificios entre 2 y 10 metros, un desplazamiento permitido de 20mm.

#### 2.4.2 Durabilidad.

Se establecen los criterios de exposición y ancho de fisura según A6-18.2

##### 2.4.2.1 Clases de exposición.

Clase + XC2 XA2 (ambiente húmedo de agresividad moderada): todas las estructuras en contacto con tierra.

Clase XC3 + XA1 (ambiente de humedad moderada y débil agresión): para las estructuras interiores.

##### 2.4.2.2 Ancho de las fisuras.

Atendiendo a A6-18.2.12.2, el ancho máximo de fisura se calcula para que no sobrepase el valor máximo correspondiente definido en esta tabla para las dos clases de exposiciones consideradas:

Elemento	Ancho max. de las fisuras [mm]
Superficie de hormigón en directo contacto con el terreno/relleno	0,33
Elementos internos de hormigón	0,40

Tabla 2-7. Máxima anchura de fisura

#### 2.4.3 Resistencia a fuego.

En base a la norma A-130 – Requisitos de Seguridad (versión aprobada por el Comité Permanente de del RNE), el tiempo de resistencia al fuego será 120 minutos:

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013112

Tabla 44-I							
TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOSAS							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego mínimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de ocupantes			
		> 10m	≤ 10m	≤ 5m	≤ 21m	≤ 60m	> 60m
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
Líquidos inflamables y combustibles <sup>(2)</sup>	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
	SI	NP	NP	90	120	180	NP
<b>TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES</b>							
Edificaciones de transporte	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
Estaciones de radio y televisión	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
<b>ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES</b>							
	NO	NP	NP	30	60	90	120
	SI	120	90	30	60	90	120
<b>CUALQUIER EDIFICIO CUYO USO COMPLETO O PARCIAL NO HAYA SIDO DESCRITO EN ESTA TABLA</b>	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180

Para conseguir que la estructura se pueda clasificar como "Resistente al fuego" según la A-130 de junio de 2006, se aplicarán los recubrimientos mínimos indicados en el artículo 47 de dicha norma (han sido considerados en el apartado de definición de recubrimientos del presente documento).

### 2.5 MODELOS DE CÁLCULO

En los apéndices correspondientes, se describen y muestran los distintos modelos de cálculo utilizados en función de los elementos a analizar.

### 2.6 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Adicionalmente a las ya mencionadas Especificaciones Técnicas del Concurso de Proyecto (Anexo 6, en adelante A6) utilizadas para establecer las bases del cálculo, para el diseño de elementos de hormigón y acero se tienen en cuenta las siguientes normas:

- Norma Peruana: "Reglamento Nacional de Edificaciones"
- Norma Euro (EN)
- Norma ACI (USA)
- Norma ASTM (USA)
- Estándares internacionales, Códigos y otros.

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013113

### 3. CÁLCULO ESTRUCTURAL.

El presente documento tiene como objeto el mostrar el procedimiento de cálculo seguido para el dimensionamiento de los pozos de ventilación cenitales. Se definirán los parámetros geotécnicos considerados, normativa, cargas y combinaciones para continuar mostrando los resultados extraídos del modelo de elementos finitos y el dimensionamiento de la sección de los anillos.

#### 3.1 MATERIALES.

- Hormigón : 300 Kg/cm<sup>2</sup>
- Acero : grado 60

#### 3.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

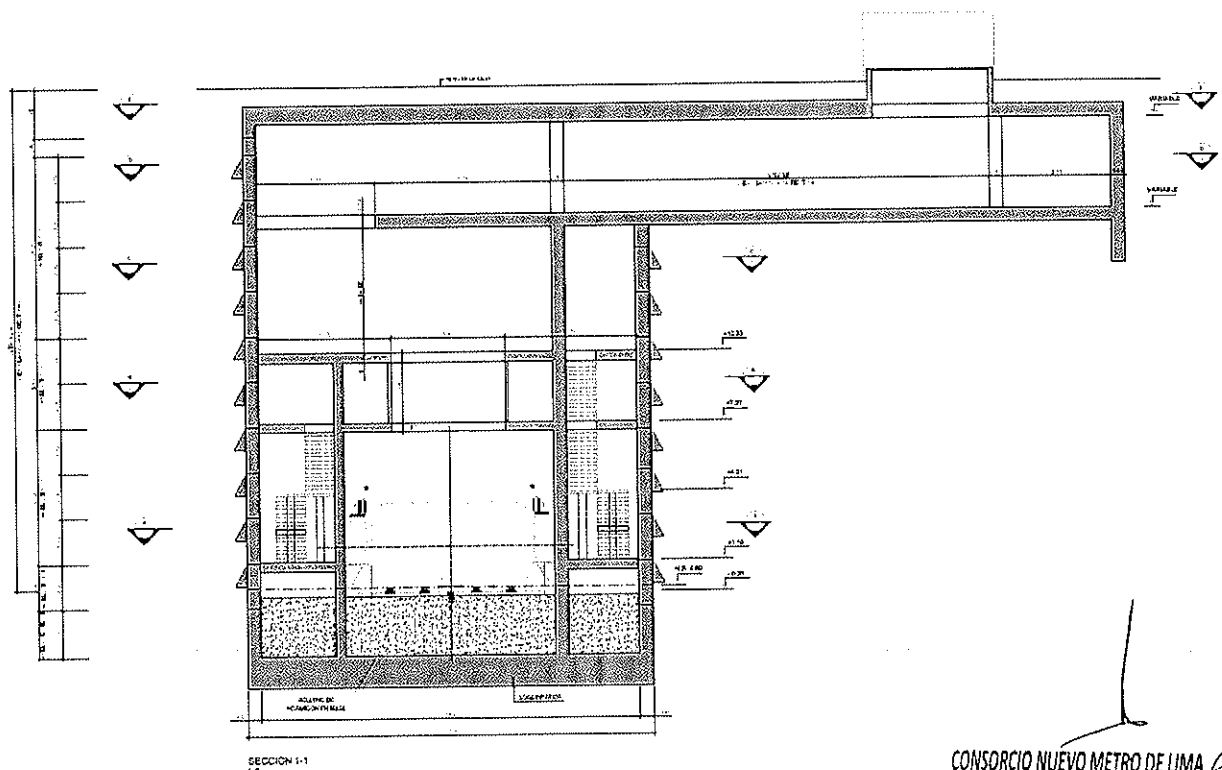
- Densidad tierras: 20 KN/m<sup>3</sup>
- Coeficiente de balasto vertical : 15000 KN/m<sup>3</sup>
- Coeficiente de balasto horizontal : 40000 KN/m<sup>3</sup>

#### 3.3 NORMATIVA.

- NTE E060
- NT E030

#### 3.4 GEOMETRÍA POZO CENITAL.

El pozo lateral consiste en una excavación vertical por fases en una posición en planta centrada en el eje del túnel. El diámetro interior del pozo es de 16.50 metros.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

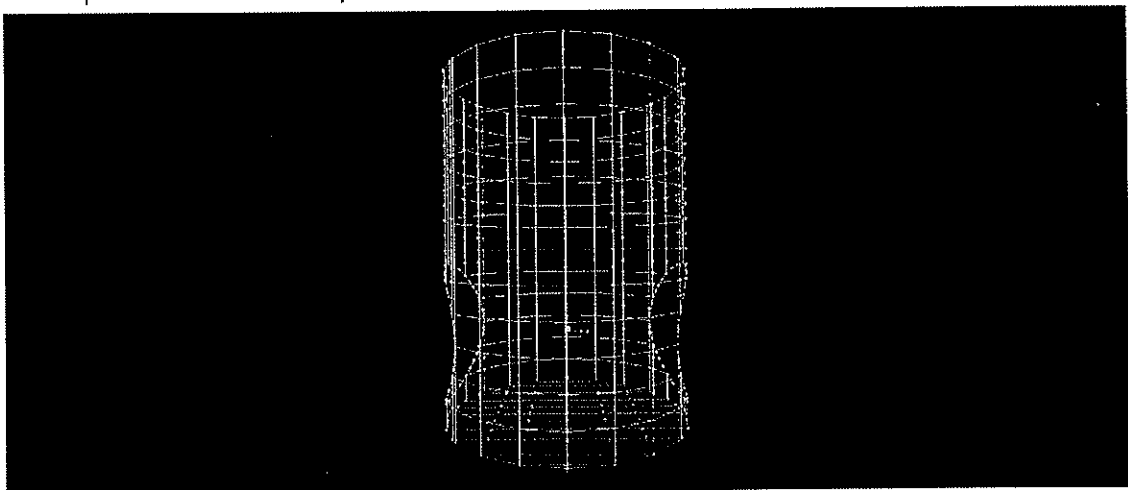
Se excava por anillos sucesivos de 2,0 m de altura, que se hormigonan y una vez endurecido el anillo, se excava por debajo para ejecutar el siguiente. La estabilidad se garantiza mediante

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

zarpas (zapatas). Una vez alcanzado el fondo de excavación se construye la losa inferior. Una vez terminadas las labores de excavación del túnel, se procede a ejecutar los forjados intermedios y la losa superior de tapa.

Se realizan dos modelos de cálculo, uno considerando la fase de construcción del túnel, donde se simulan los anillos con las aperturas para el túnel de línea y otro con los forjados y losas intermedios al que se aplica también la hipótesis de sismo.

Los modelos realizados simulan los anillos mediante elementos tipo barra. Las conexiones a rasante entre anillos, necesarias para resistir los esfuerzos laterales de sismo y fluencia, se simulan mediante elementos que no pueden resistir tracciones ni transmitir momentos y si axiles de compresión y esfuerzos cortantes y rasantes. Se ha considerado la no linealidad en el modelo para simular el comportamiento anteriormente descrito en las conexiones.



El espesor de los anillos es de 0,60 metros y constan de 15 zarpas de 1,20 metros de ancho y sobresalen 1,10 m respecto al anillo, por la parte interior de modo que la superficie de apoyo este situada en el centro del anillo para no inducir flexiones. La losa inferior tiene un espesor de 1,40 metros. La losa de cubierta y las losas intermedias tienen un espesor de 0,80 metros. El diámetro del túnel en caverna considerado es aproximadamente de 10,0 metros. El modelo con sección completa contiene los muros interiores así como las losas intermedias y superior. Debido a estas estructuras adicionales, como se verá, la situación más desfavorable para el cálculo de los anillos es la provisional durante la ejecución del túnel.

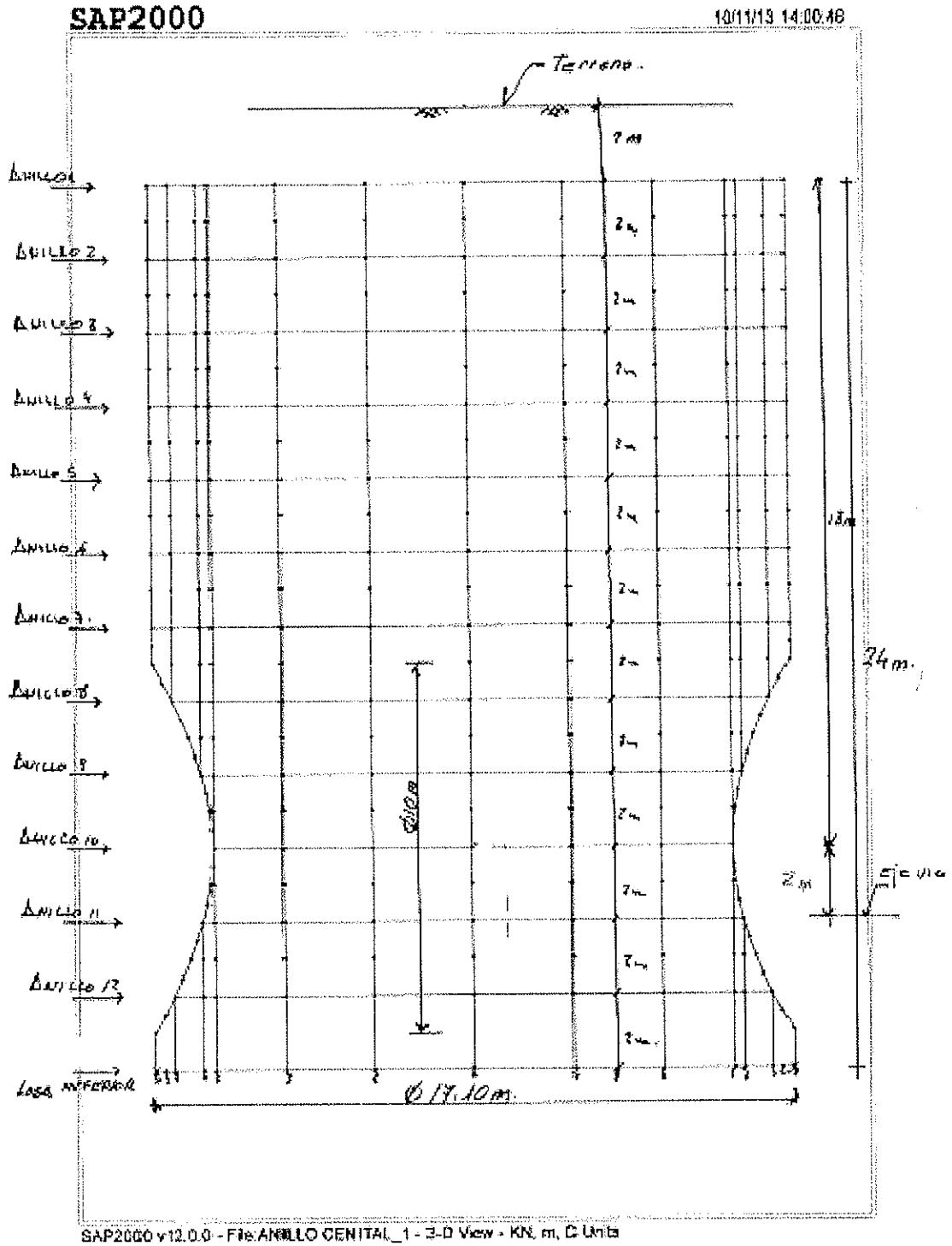
Se efectúa un único cálculo para todos los pozos con situado a cota roja 22 metros:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)



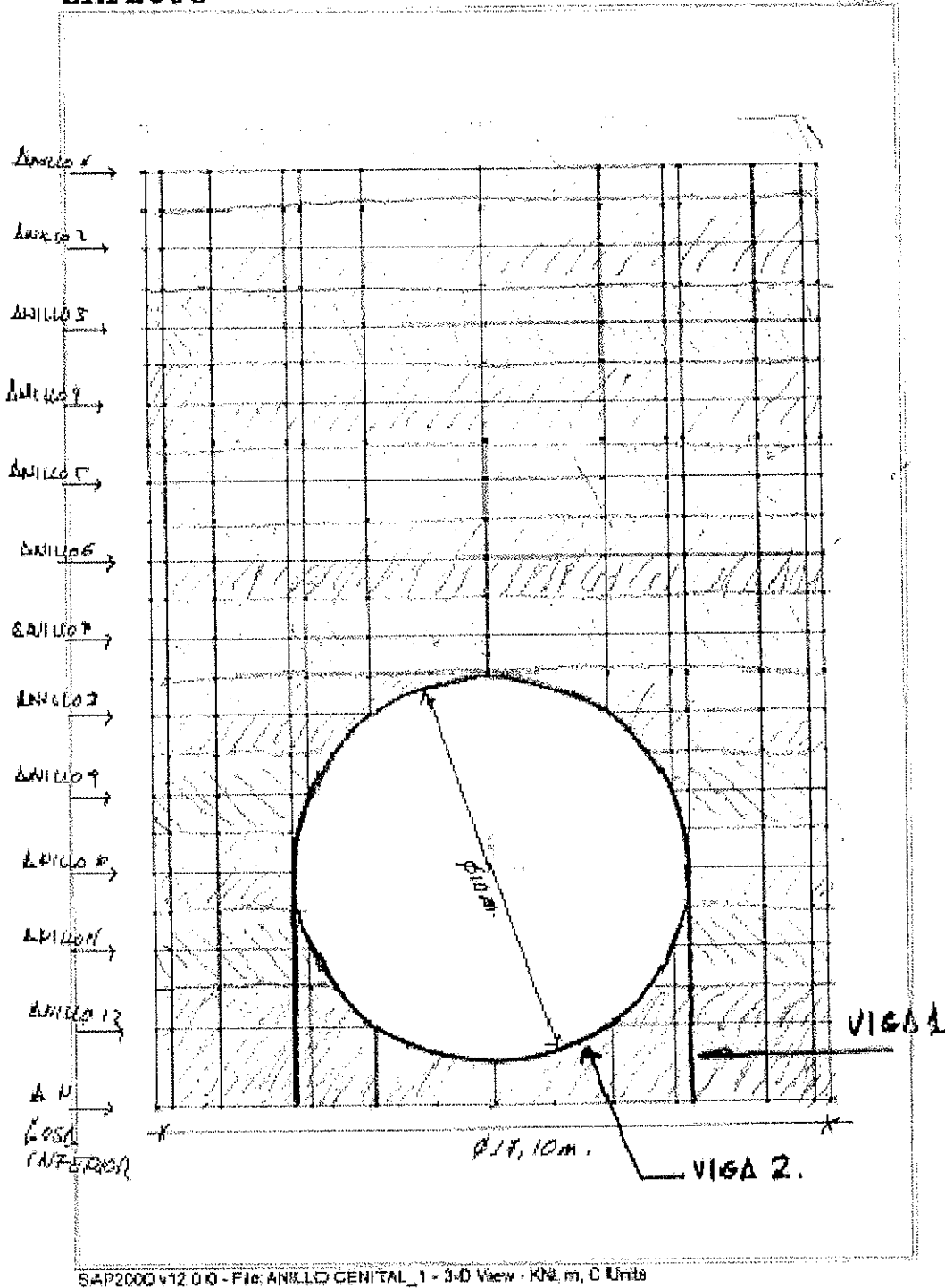
*[Handwritten signature]*

O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013116

SAP2000

10/11/13 14:28:02




CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013117

#### 4. CARGAS.

##### 4.1 CARGAS MUERTAS.

Se consideran las cargas debidas al peso propio del hormigón.

##### 4.2 EMPUJE DE TIERRAS.

Se considera el empuje de tierras al reposo debido a la gran rigidez de la estructura. (ko).

$$P = k_o \cdot \gamma \cdot z = (1 - \text{sen}(30^\circ)) \cdot 20 \text{KN} / \text{m}^3 \cdot H(\text{m}) = 10.0 \cdot H(\text{kN} / \text{m}^2)$$

	Altura de tierras (m)	Empuje kN/m2
Anillo 1	2	20
Anillo 2	4	40
Anillo 3	6	60
Anillo 4	8	80
Anillo 5	10	100
Anillo 6	12	120
Anillo 7	14	140
Anillo 8	16	160
Anillo 9	18	180
Anillo 10	20	200
Anillo 11	22	220

##### 4.3 SISMO.

Para la determinación de la carga sísmica sobre los anillos que conforman el pozo se aplica la metodología de Wood, la cual es válida según se indica en la norma sísmica peruana (E.030). En esta se establece la idoneidad del uso de métodos pseudoestáticos. A todo esto, se le suma que las Especificaciones Técnicas Prestacionales recogen que la acción sísmica se debe aplicar cumpliendo el Eurocódigo 8, parte 5, o lo que es lo mismo, la formulación de Wood.

Se realizan las siguientes consideraciones referentes a los parámetros necesarios para la determinación de la carga sísmica sobre la estructura:

- Se adopta como valor de  $\alpha$  al encontrarse predominantemente la línea de metro en Zona 3.
- En base al Anexo I04-GEN-GEO-I-001-2.docx, en el cual se recoge una microzonificación de Lima y alrededores, se concluye que en el peor de los casos el suelo se clasifica como S1. Por tanto, el factor de suelo resulta  $S=1.00$ .
- En la formulación de Wood, se entiende el valor de H, como la altura del marco enterrado. Del lado de la seguridad, se podría considerar la diferencia de alturas entre el terreno natural y la máxima excavación.

$$\Delta P_d = \alpha \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

- $\Delta P_d$ : incremento de presión asociada a la acción el sismo.
- $\alpha$ : aceleración básica de la zona.
- S: coeficiente de suelo.
- $\gamma$ : densidad del suelo (kN/m3).
- H: altura de la estructura enterrada (m).

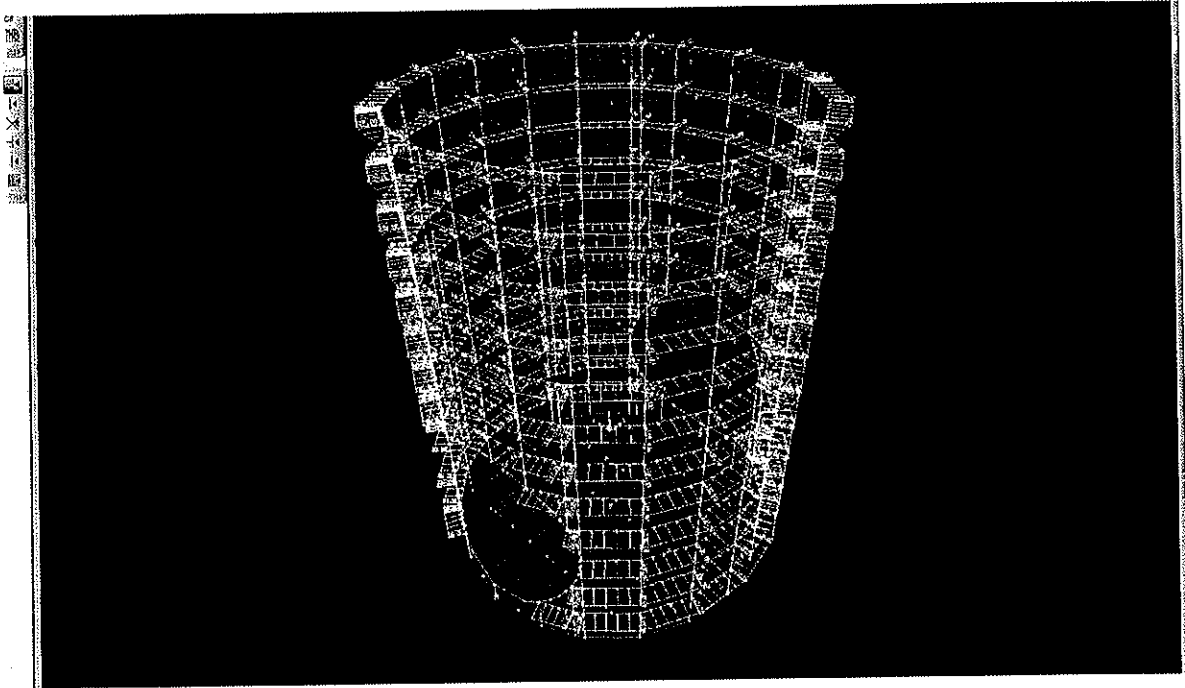
  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL 

### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

$$\Delta P = 0.40 \cdot 1.0 \cdot 20 \cdot 20 = 160 \text{ KN/m}^2$$

01311§

A continuación se muestra el modelo completo con la carga debida al sismo.



#### 5. COMBINACIONES DE CÁLCULO.

Peso propio y cargas muertas (CM)

Carga de tierras (CE-cp)

Carga de tierras (CE-lp)


Sismo +x (CS\_+x)

Sismo -x (CS\_-x)

Sismo +y (CS\_+y)

Sismo -y (CS\_-y)

	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU 4	ELU 5	ELU 6
CM	1.4	1.4	1.25	1.25	1.25	1.25
CE-cp	1.25	-	-	-	-	-
CE-cl	-	1.7	1.25	1.25	1.25	1.25
CS_+x	-	-	1.00	-	-	-
CS_-x	-	-	-	1.00	-	-
CS_+y	-	-	-	-	1.00	-
CS_-y	-	-	-	-	-	1.00
	ELS 1	ELS 2	ELS 3	ELS 4	ELS 5	ELS 6
CM	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75
CE-cp	1.00	-	-	-	-	-
CE-cl	-	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL 



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

CS_+x	-	-	0.525	-	-	-
CS_-x	-	-	-	0.575	-	-
CS_+y	-	-	-	-	0.575	-
CS_-y	-	-	-	-	-	0.575

013119

## 6. RESULTADOS.

### 6.1 MODELO 1. POZO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL TUNEL. SIN FORJADOS NI MUROS.

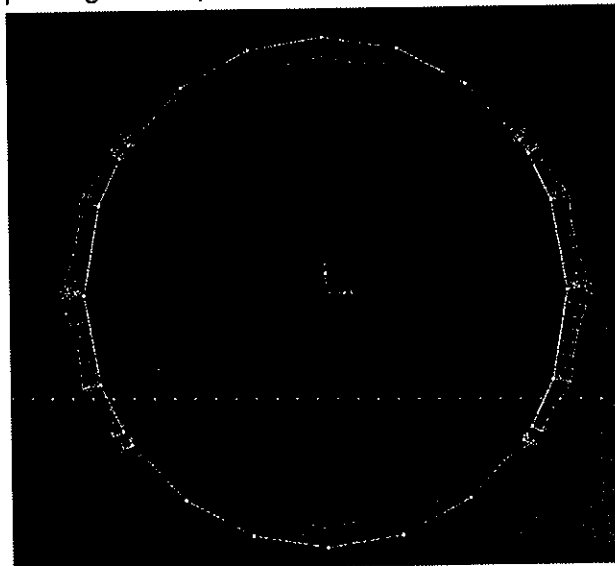
En este modelo no se considera la hipótesis de sismo. Los anillos son de sección constante de 2,0 m x 0.60 m. Los esfuerzos en los anillos resultan en este caso :

SITUACIÓN DURANTE LA OBRA (SIN LOSAS INTERMEDIAS Y CON TUNEL)

	N <sub>max</sub> kN	N <sub>min</sub> kN	M22 <sub>max</sub> kN/m	M22 <sub>min</sub> kN/m	M33 <sub>max</sub> kN/m	M33 <sub>min</sub> kN/m	V22 <sub>max</sub> kN	V33 <sub>max</sub> kN	T <sub>max</sub> kN/m
ANILLO01	-160.76	-434.81	491.59	-540.20	117.76	-227.40	130.51	140.18	72.36
ANILLO02	-347.16	-747.24	579.69	-543.67	176.04	-290.11	225.57	209.35	90.35
ANILLO03	-634.58	-1072.68	657.88	-565.74	281.03	-390.17	303.72	267.81	107.91
ANILLO04	-898.87	-1366.10	742.76	-586.51	375.69	-493.18	377.01	322.83	131.10
ANILLO05	-1170.30	-1751.16	853.49	-598.63	462.70	-613.32	445.95	377.52	155.85
ANILLO06	-1399.93	-1768.10	1063.74	-590.26	590.03	-775.36	523.41	458.07	219.73
ANILLO07	-1316.26	-3361.18	1237.09	-574.62	924.91	-974.18	649.52	638.59	203.87
ANILLO08	-1770.33	-2801.40	459.58	-525.62	1528.59	-1872.75	1306.55	578.76	635.17
ANILLO09	-463.58	-3111.76	127.97	-547.02	1442.58	-1361.23	1068.30	586.71	553.81
ANILLO10	-579.47	-3672.20	323.02	-555.11	1299.89	-973.92	899.91	694.17	352.33
ANILLO11	-2450.36	-3169.66	276.87	-381.49	3826.72	-2283.48	2245.67	606.30	287.67
ANILLO12	243.84	-1895.60	338.40	-308.59	2588.85	-1207.63	1361.42	593.94	551.59

Nota: M22 es el momento que flexiona el anillo en su plano. M33 es el momento flector en el plano vertical.

A continuación se incluyen los gráficos de esfuerzos M22 correspondientes al anillo 4. Se observa que el efecto de la falta de parte de los anillos en la zona de intersección, produce una pérdida de rigidez que origina la aparición de momentos de flexión laterales..



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

La flexión vertical de los anillos es baja excepto en el arranque donde, debido al efecto empotramiento, se obtienen momentos flectores del orden de 960 kN/m, por metro.

El esfuerzo cortante de los anillos, en la zona donde no está perforado por el túnel es bajo. En la zona donde está perforado el túnel, el esfuerzo cortante en los anillos es importante, por lo que el armado en esta zona aumenta considerablemente.

### 6.2 MODELO 2. POZO EJECUTADO.

Los resultados de los anillos son:

#### SITUACION DEFINITIVA SIN SISMO

	N <sub>1</sub> max	N <sub>1</sub> min	M22 <sub>1</sub> max	M22 <sub>1</sub> min	M33 <sub>1</sub> max	M33 <sub>1</sub> min	V22 <sub>1</sub> max	V33 <sub>1</sub> max	T
ANILLO01	-217.47	-397.10	78.94	-91.63	25.26	-130.83	89.58	76.36	33.97
ANILLO02	-528.73	-584.49	81.11	-92.44	10.58	-173.66	117.83	113.10	38.10
ANILLO03	-825.26	-875.05	88.33	-94.87	43.77	-175.76	142.40	159.76	36.79
ANILLO04	-1157.06	-1194.90	99.10	-95.84	51.81	-224.94	177.92	207.31	33.00
ANILLO05	-1213.91	-1420.03	120.00	-93.93	216.76	-180.18	243.71	269.39	57.31
ANILLO06	-339.40	-459.88	169.08	-84.45	510.40	-151.72	394.62	316.10	57.22
ANILLO07	515.91	-1049.41	199.79	-90.14	755.51	-515.00	465.36	369.87	118.28
ANILLO08	-1162.33	-1543.82	215.35	-200.96	1142.41	-2454.74	1592.06	387.38	203.95
ANILLO09	-1807.38	-3018.06	345.32	-279.71	1718.96	-1696.96	1584.29	508.19	166.33
ANILLO10	-1244.09	-3407.21	433.90	-330.19	255.62	-286.54	240.27	633.67	47.06
ANILLO11	-1865.18	-3150.41	399.35	-354.96	2134.43	-1558.51	1599.81	621.76	217.12
ANILLO12	-327.77	-1028.53	318.56	-310.63	2226.67	-846.28	1101.97	638.85	277.99

Nota: M22 es el momento que flexiona el anillo en su plano. M33 es el momento flector en el plano vertical.

#### SITUACION DEFINITIVA CON SISMO

	N <sub>1</sub> max	N <sub>1</sub> min	M22 <sub>1</sub> max	M22 <sub>1</sub> min	M33 <sub>1</sub> max	M33 <sub>1</sub> min	V22 <sub>1</sub> max	V33 <sub>1</sub> max	T
ANILLO01	-2688.92	-3277.23	428.01	-411.40	114.13	-275.48	128.73	589.85	114.36
ANILLO02	-3105.13	-3278.76	386.21	-379.85	156.01	-307.30	215.90	600.29	126.16
ANILLO03	-3298.71	-3445.65	358.01	-344.68	231.33	-314.54	256.29	626.12	121.20
ANILLO04	-3752.67	-3823.83	333.00	-306.19	154.85	-477.64	293.49	655.88	109.10
ANILLO05	-2865.11	-3554.10	313.40	-260.14	729.06	31.51	372.36	716.49	171.35
ANILLO06	-416.12	-905.73	396.25	-200.29	1193.33	-548.58	765.05	741.88	83.75
ANILLO07	1157.77	-2320.85	425.85	-189.33	1045.90	-789.66	626.61	786.77	204.06
ANILLO08	-2349.37	-4225.85	435.47	-394.66	2561.08	-4519.25	2622.24	785.99	375.20
ANILLO09	-2825.31	-5638.71	693.02	-529.12	3941.90	-3687.76	2827.71	969.98	394.52
ANILLO10	-1617.38	-5994.99	845.57	-620.44	666.51	-705.47	546.21	1155.12	118.14
ANILLO11	-3008.14	-5412.40	731.89	-608.73	3697.78	-2632.18	2258.34	1052.16	457.28
ANILLO12	-1168.87	-2574.39	518.29	-516.11	3634.83	-1622.22	1853.65	959.91	449.83

Nota: M22 es el momento que flexiona el anillo en su plano. M33 es el momento flector en el plano vertical.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013121

### 7. DIMENSIONAMIENTO.

ANILLOS 1 A 5 y 8 a 11

Sección:

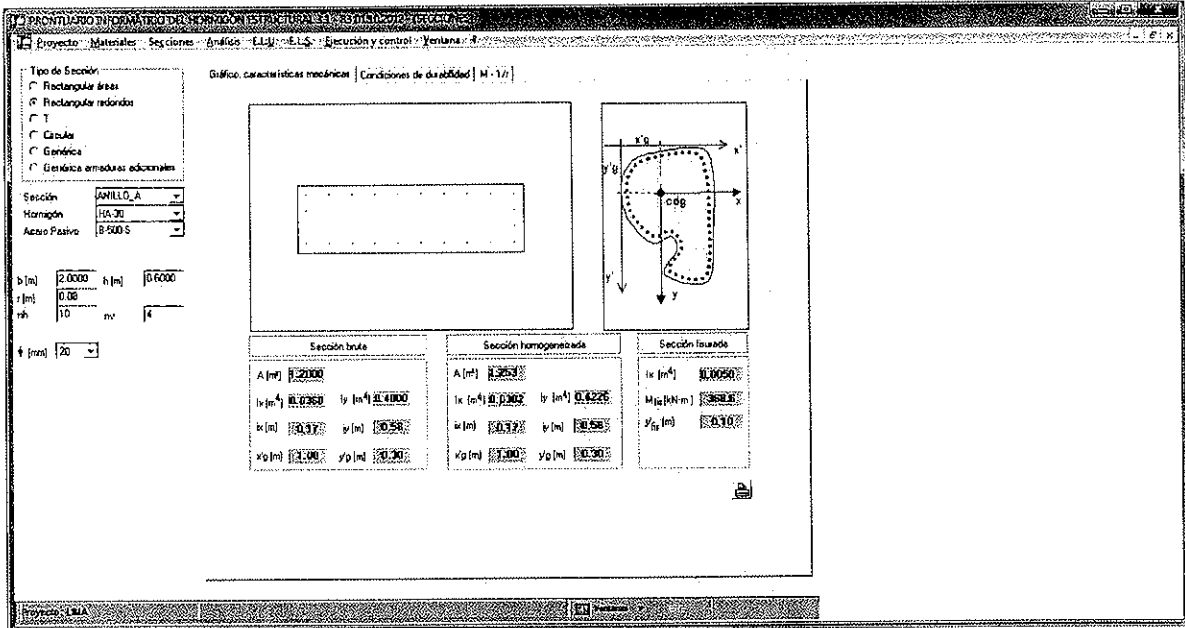


Gráfico: características mecánicas | Condiciones de durabilidad | M-17

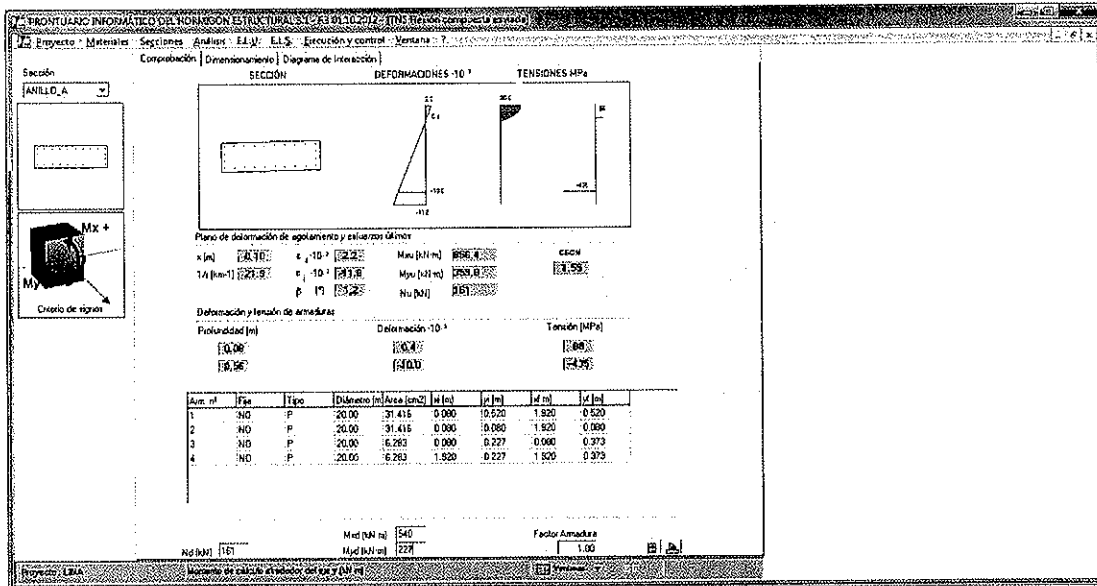
Tipo de Sección:  
 Rectangular ámbas  
 Rectangular redondeada  
 T  
 Casaca  
 Genérica  
 Genérica armadura ocasional

Sección: ANILLO\_A  
 Material: HA 30  
 Acero Pasivo: B-500S

b [m]: 2.0000 h [m]: 0.6000  
 r [m]: 0.08  
 nr: 10 nr: 4

Sección bruta		Sección homogeneizada		Sección lustrada	
A [m <sup>2</sup> ]	0.2000	A [m <sup>2</sup> ]	0.2653	I <sub>x</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0050
I <sub>x</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0360	I <sub>x</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0262	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0226
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0177	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0132	M <sub>02</sub> [N·m]	360.6
w <sub>x</sub> [m]	0.1000	w <sub>x</sub> [m]	0.1000	r <sub>02</sub> [m]	0.10
w <sub>y</sub> [m]	0.1000	w <sub>y</sub> [m]	0.1000		

ELU Flexión :



SECCIÓN DEFORMACIONES · 10<sup>-3</sup> TENSIONES MPa

Plano de determinación de agotamiento y esfuerzos límites

x [m]: 0.470 e<sub>x</sub> · 10<sup>-3</sup>: 22.22 M<sub>02</sub> [N·m]: 696.4 c/c/cv: 1.59

14 [kN·m]: 22.97 e<sub>y</sub> · 10<sup>-3</sup>: 23.38 M<sub>03</sub> [N·m]: 696.4

p [°]: 23.25 N<sub>02</sub> [N]: 661

Deformación y tensión de armadura:

Profundidad [m]	Deformación · 10 <sup>-3</sup>	Tensión [MPa]
0.08	0.00	0.00
0.36	0.00	0.25

Arm. n°	Eje	Tipo	Diámetro [m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	s [m]	x [m]	y [m]	z [m]
1	NO	P	20.00	31.415	0.090	0.520	1.920	0.520
2	NO	P	20.00	31.415	0.090	0.060	1.920	0.090
3	NO	P	20.00	6.283	0.090	0.227	0.060	0.373
4	NO	P	20.00	6.283	1.920	0.227	1.920	0.373

M<sub>02</sub> [N·m]: 640 Factor Armadura: 1.00  
 M<sub>03</sub> [N·m]: 627

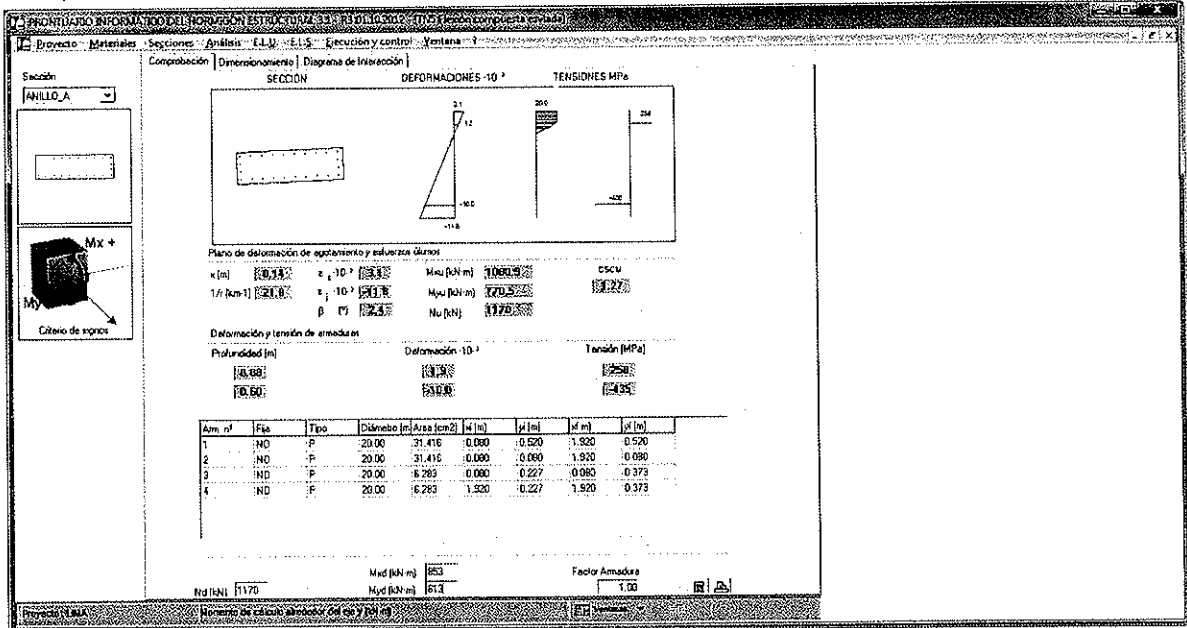
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



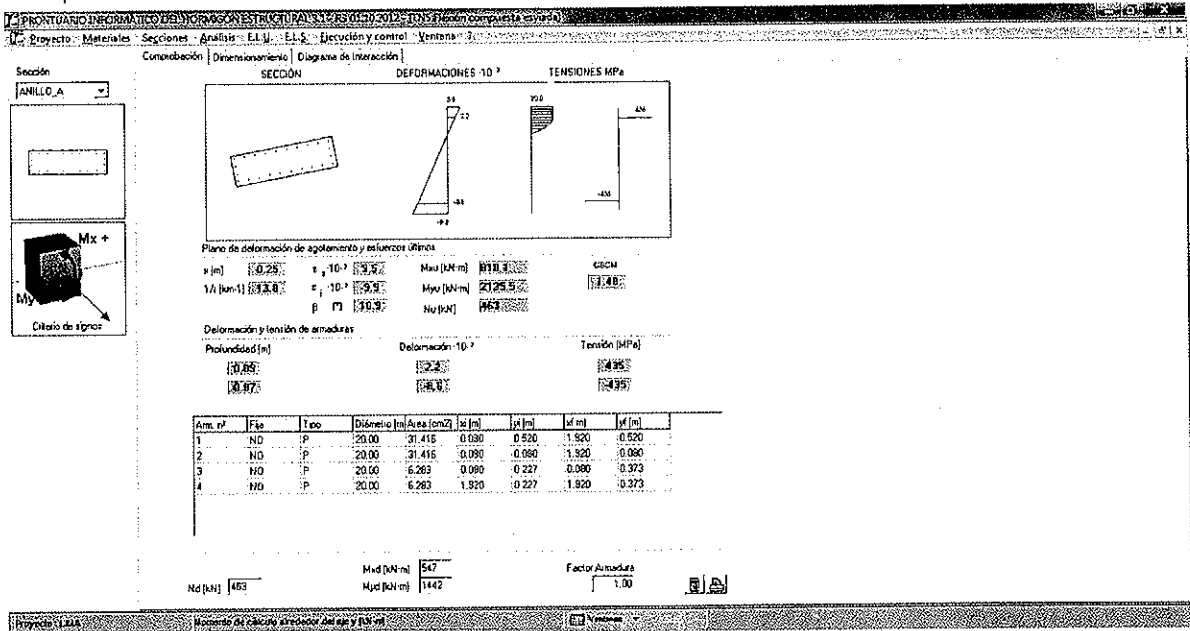

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

#### Comprobación del anillo 1

013122



#### Comprobación del anillo 5



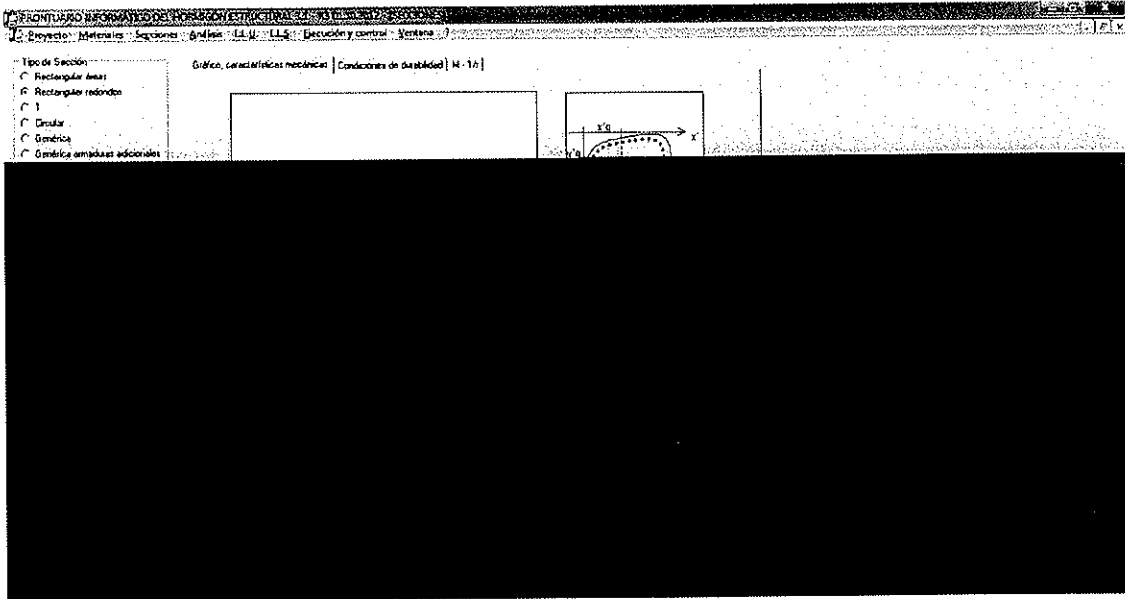
  
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
 REPRESENTANTE LEGAL
 

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013123

ANILLOS 6, 7 y 12:

Sección:



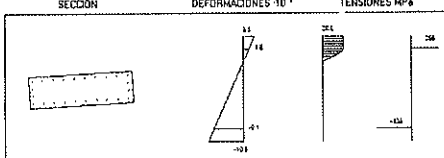
### ELU FLección

PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORACON ESTRUCTURAL 2012

Proyecto: Materiales: Secciones: Análisis: ELU: ELS: Dirección y control: Ventana: 7

Corprobación | Dimensionamiento | Diagrama de Interacción

SECCION DEFORMACIONES 10<sup>-4</sup> TENSIONES MPa



Plano de deformación de agrietamiento y esfuerzos últimos

$x$  [m] 0.077  $x_1$  10<sup>-4</sup> 0.007  $M_{x0}$  [kNm] 1499.32  $CRCU$

$1/y$  [km<sup>-1</sup>] 228.3  $c_1$  10<sup>-4</sup> 0.008  $M_{y0}$  [kNm] 1278.43  $CRCU$


$\beta$  0.93  $N_{00}$  [kN] 1316


Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Deformación 10 <sup>-4</sup>	Tensión [MPa]
0.08	0.00	0.00
0.62	0.10	0.96

Arm. nº	Fix	Tipo	Diámetro [m]	Área [cm <sup>2</sup> ]	$x_1$ [m]	$x_2$ [m]	$x_3$ [m]	$x_4$ [m]
1	NO	P	25.00	49.087	-0.080	0.520	1.920	0.520
2	NO	P	25.00	49.087	-0.080	0.060	1.920	0.060
3	NO	P	25.00	9.817	-0.080	0.227	0.080	0.973
4	NO	P	25.00	9.817	1.920	0.227	1.920	0.973

$N_0$  [kN] 1316  $M_{x0}$  [kNm] 1297  $M_{y0}$  [kNm] 974  $\text{Factor Armadura}$  1.00

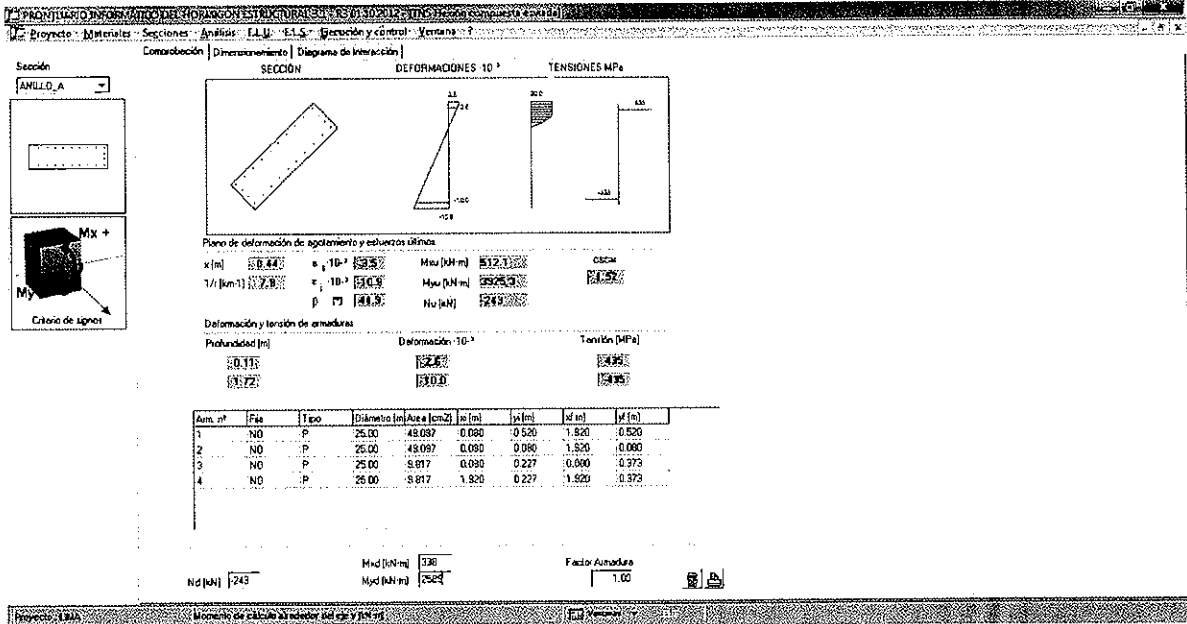
  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL



### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

#### Comprobación del anillo 7

013124



#### ELU Cortante :

Anillos 1 a 5. V22, max = 445 kN/m □ 1 c Ø 10 / 0.20 m

Anillos 6 a 10 ; V22, max = 1306 kN /m □ 2 c Ø 12 / 0.20 m

Anillos 11 y 12 ; V22, max = 2247 kN/m □ 2 c Ø 12 / 0.10 m

Rasante entre Anillos. Pasadores :

Anillos 10, 11 y 12 □ Ø 32 / 0.20 m

Resto de anillos □ Ø 20 / 0.50 m

Armado vertical en arrnque :  $M_d = 960$  kN m/m □ Ø 25 / 0.10

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASARE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

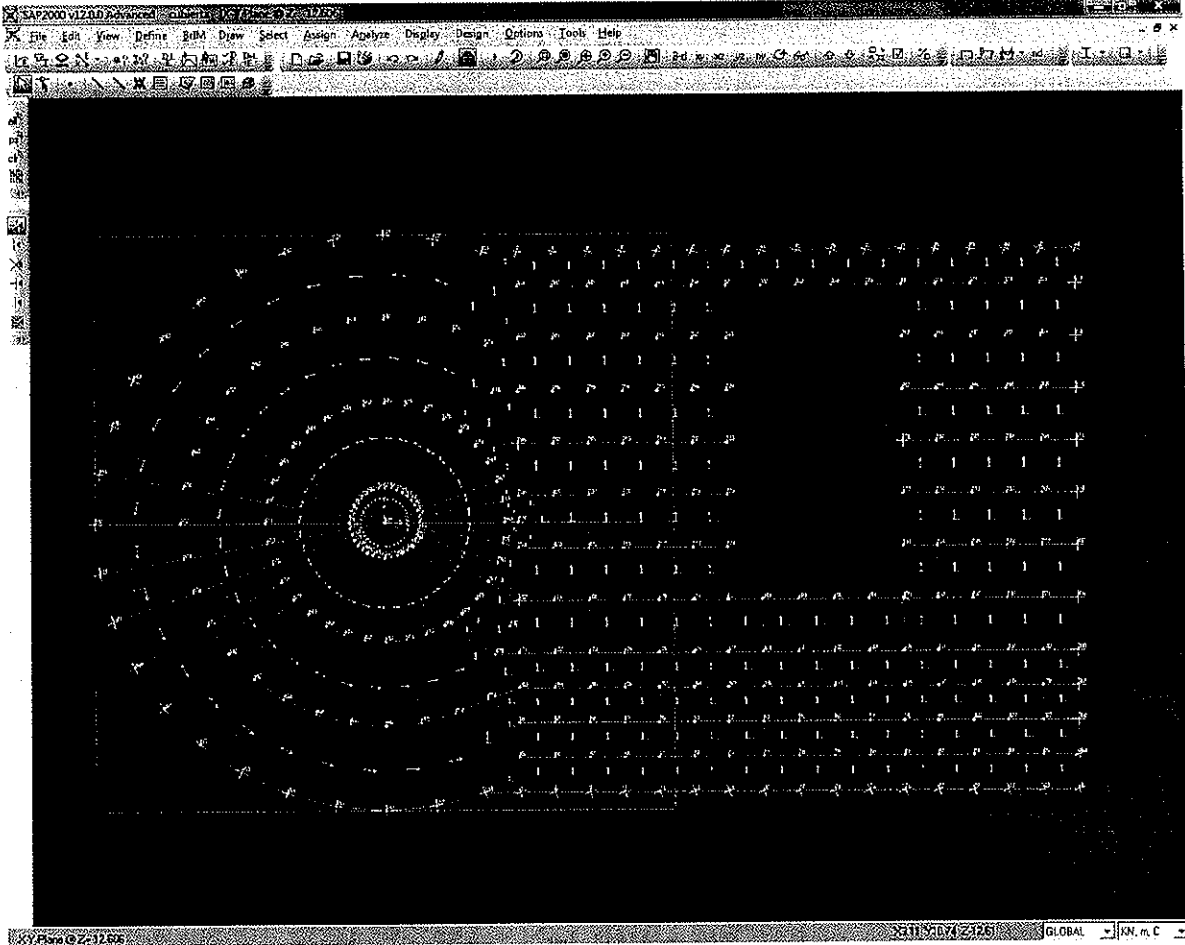




### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

#### 8. LOSA DE CUBIERTA.

Se realiza un modelo con elementos finitos de la cubierta, con su geometría y condiciones de apoyo. Se considera biapoyada en todo el contorno exterior y la existencia de 4 pilares.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

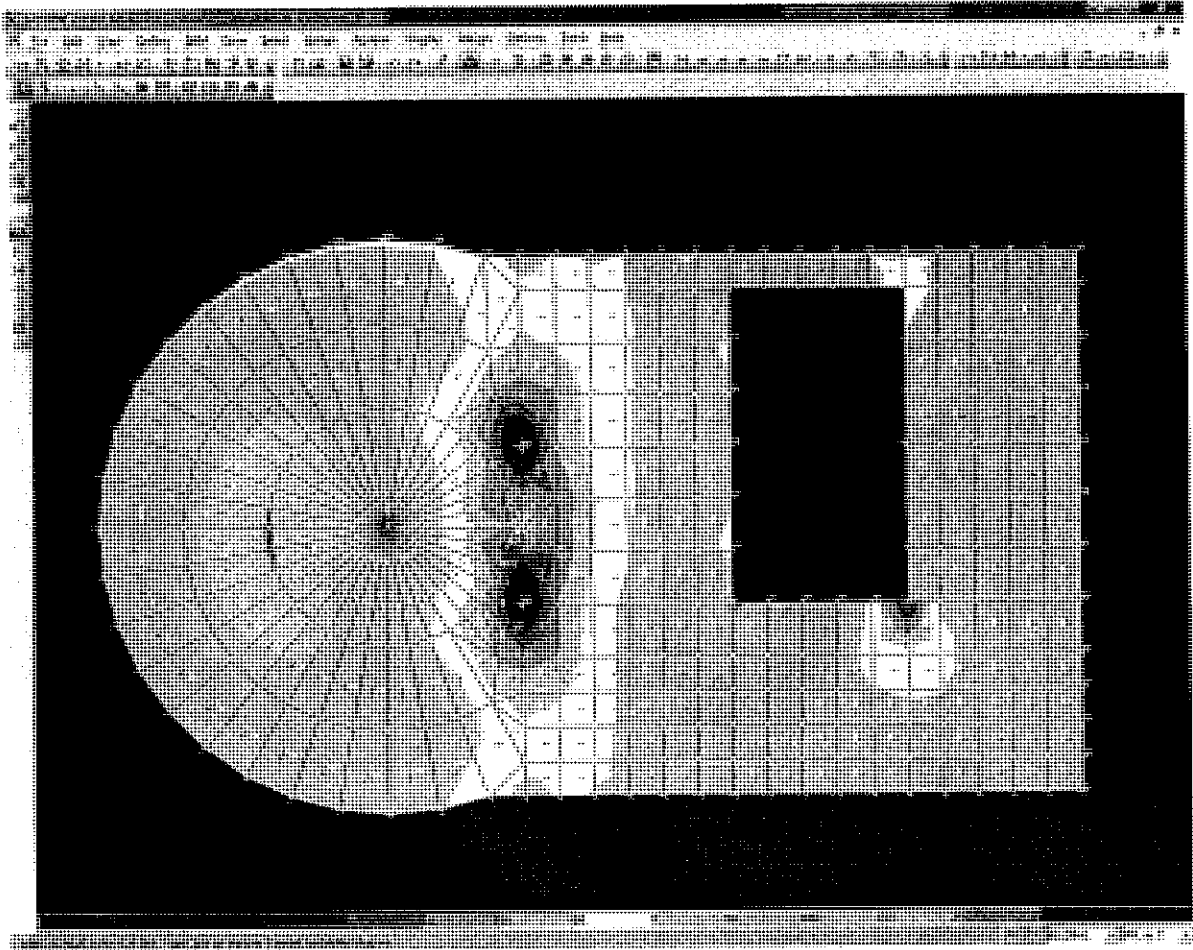


### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

#### 8.1 ELU FLEXIÓN.

013126

A continuación se adjuntan las gráficas de los modelos de cálculo:



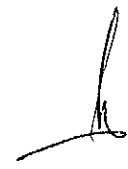
M11, max = +205 kNm/m.

M11, min = - 340 kNm/m.

Se dispone una armadura superior e inferior de  $\varnothing 20 / 0, 10$  en los dos sentidos y en las dos caras.

PILARES

Nd = 1800 kN. Sección 60x60. Altura 4,5 metros  $\square 16 \varnothing 25$  y 2 c  $\varnothing 10 / 20$ .



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

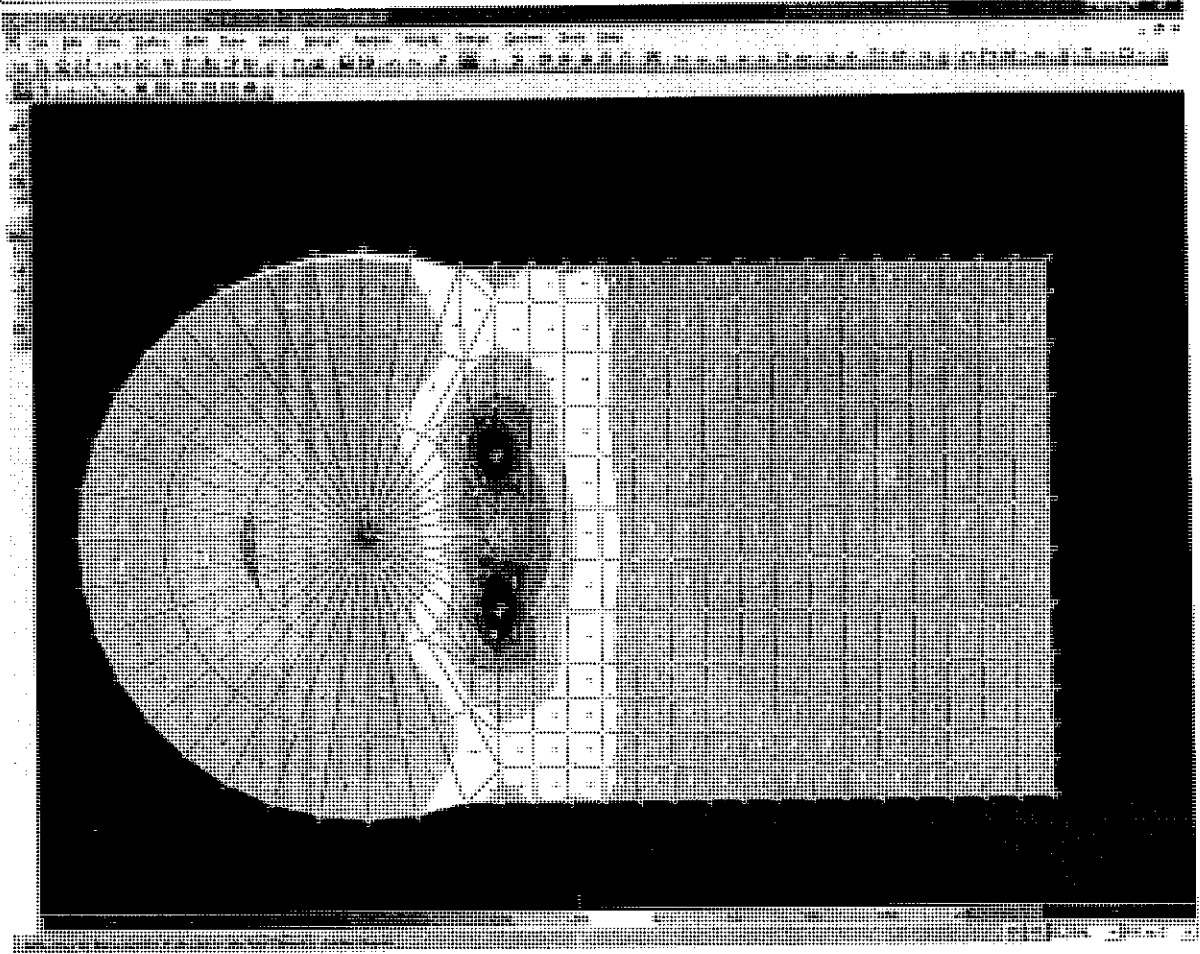


### O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)



013127

Losa de nivel +16



Se trata de una losa de canto 60 cm, apoyada sobre el terreno en la zona lateral y sobre pilares y el anillo en la zona circular. Los momentos máximos son del orden de 200 kN m/m. Se dispone una armadura superior e inferior de  $\varnothing 20 / 0, 10$  en los dos sentidos y en las dos caras.

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



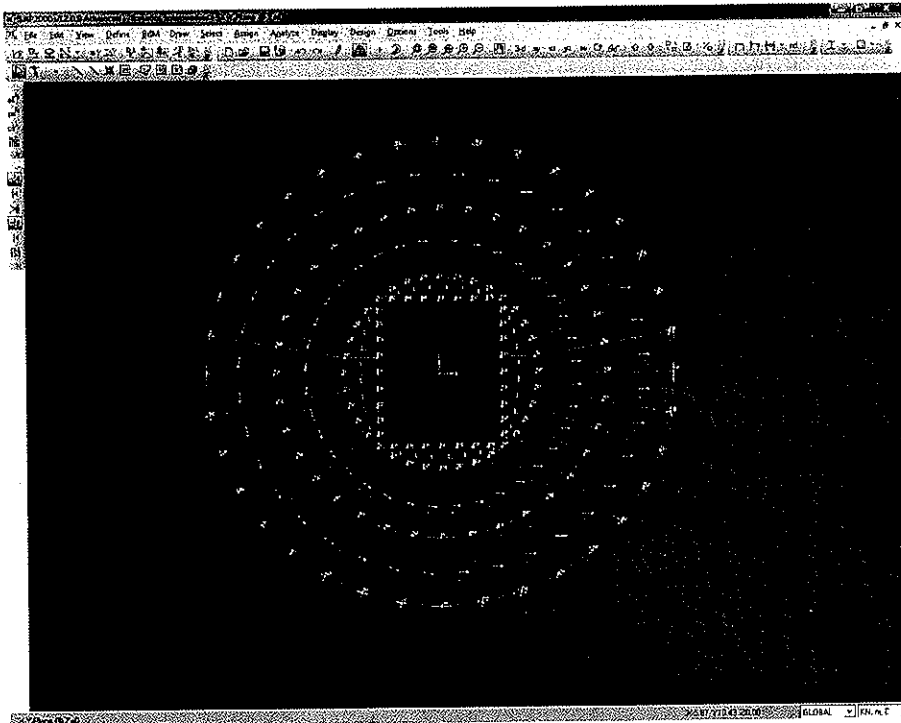
### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

013128

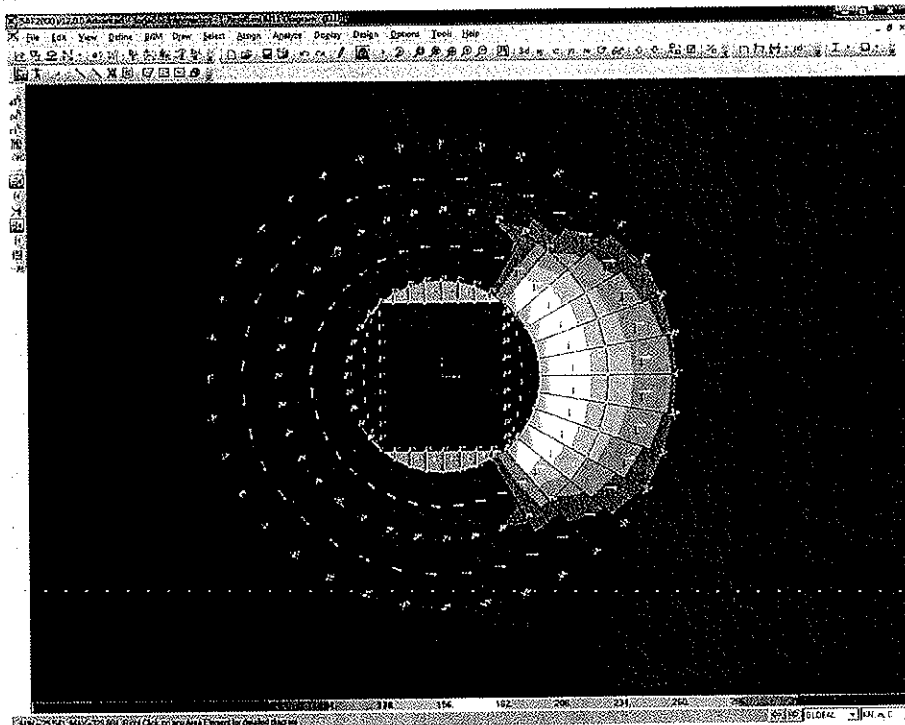
#### Losas Intermedias.

Las losas intermedias se consideran biapoyadas en el contorno (anillo) y con el hueco de ventilación de 5 x 4 metros en el centro. Las cargas consideradas en el cálculo son 10 kN/m<sup>2</sup> de cargas muertas y 5 kN/m<sup>2</sup> de sobrecargas.

El modelo considerado es:



Los momentos máximos obtenidos son de 220 kN/m<sup>2</sup>:



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 

### 0.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)

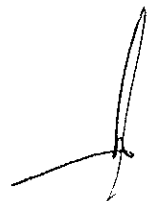
013129

Luego el armado a disponer es:

- Cara inferior: Ø 16 / 0,10
- Cara superior: Ø 12 / 0,10

Muros interiores:

Se considera un armado de muros de Ø 16 / 0,15



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 

**O.3.4. Pozo de Ataque (Ventilación)**

013130


<b>O.3.4.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA A</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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


**O.3.4. POZOS DE ATAQUE (VENTILACIÓN).**

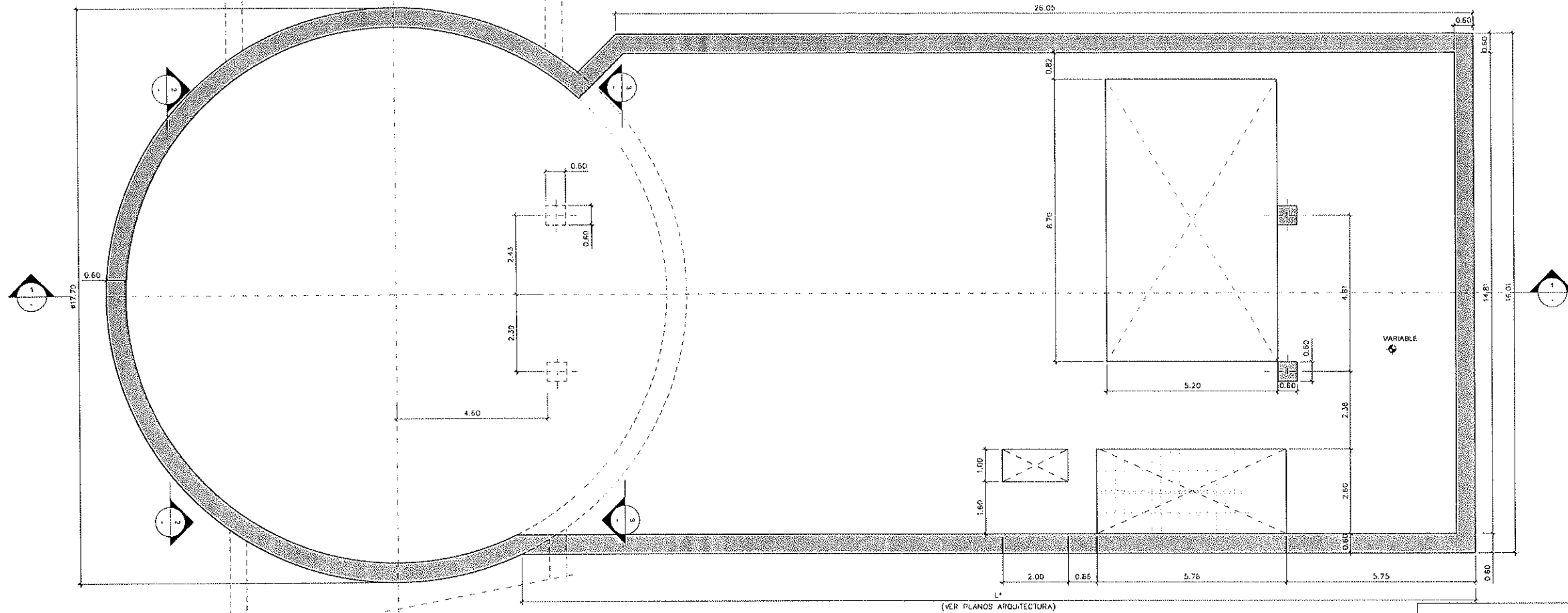
**APENDICE 1. PLANOS**



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL 

CODIGO	ÍNDICE DE PLANOS	ESCALA A1	Nº PLANOS
PLOC-TUN-ESR-POZ	ESTRUCTURAS. POZOS CENITALES DE ATAQUE (20, 21, 22 Y 23)	VARIAS	6
PLOC-TUN-CON-POZ	PROCESO COSTRUCTIVO. POZOS CENITALES DE ATAQUE (20, 21, 22 Y 23)	VARIAS	2

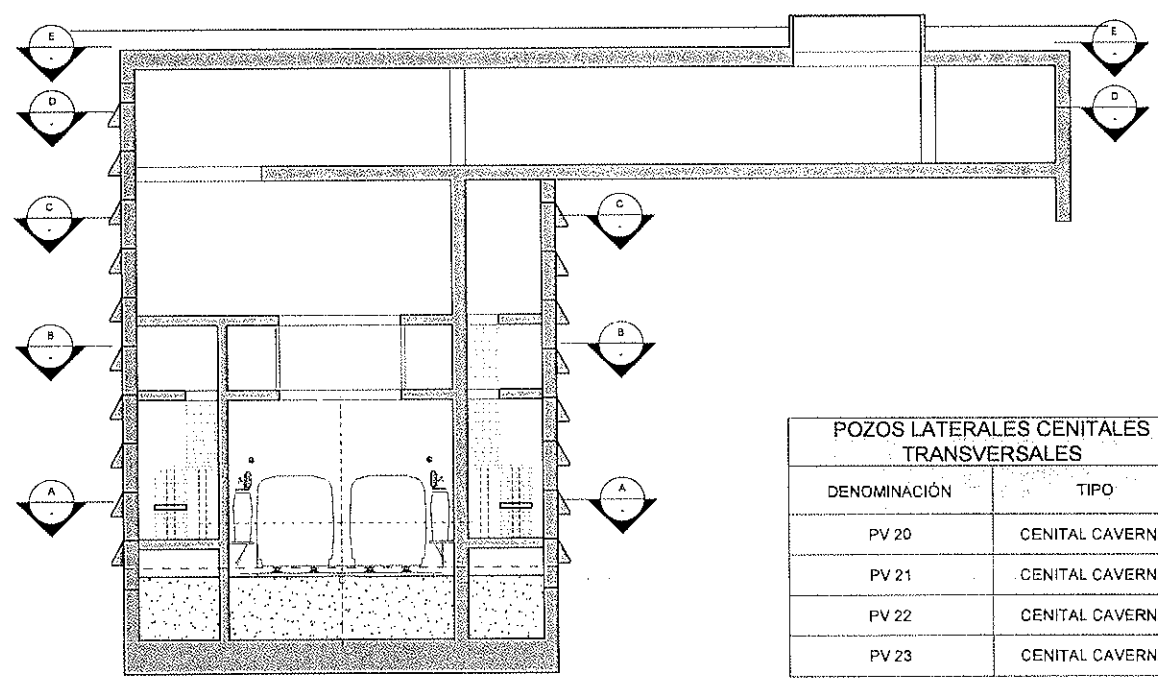
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

NOTA:  
Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrolla geométricamente cada uno de los pozos.

SECCIÓN E-E  
1:75



SECCIÓN 1-1  
1:150

POZOS LATERALES CENITALES TRANSVERSALES	
DENOMINACIÓN	TIPO
PV 20	CENITAL CAVERNA
PV 21	CENITAL CAVERNA
PV 22	CENITAL CAVERNA
PV 23	CENITAL CAVERNA

TIPOLOGÍA DE HORMIGONES

ELEMENTO	TIPO DE CONCRETO (MTC E704)	f <sub>c</sub> .min Mpa	f <sub>c</sub> .diseño Mpa	Recub. mm	Clase Exposición
Pantallas	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC2 XA2
Losa Cubierta	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC2 XA2
Losas Intermedias, Escaleras y Muros Interiores	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC3 A1
Losa de Fondo	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC2 XA2
Viguetas Andén	Concreto Pre y Post tensado	A	34.3	35	XC3 A1
Pilares	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC3 A1
Batache de Pantallas	Concreto Reforzado	C	27.4	30	XC2 XA2
Hormigón rellenos y limpieza	Concreto Simple	F	13.7	15	-
Doveias	Concreto Pre y Post tensado	A	34.3	40	XC2 XA2

TIPOLOGÍAS DE ACEROS

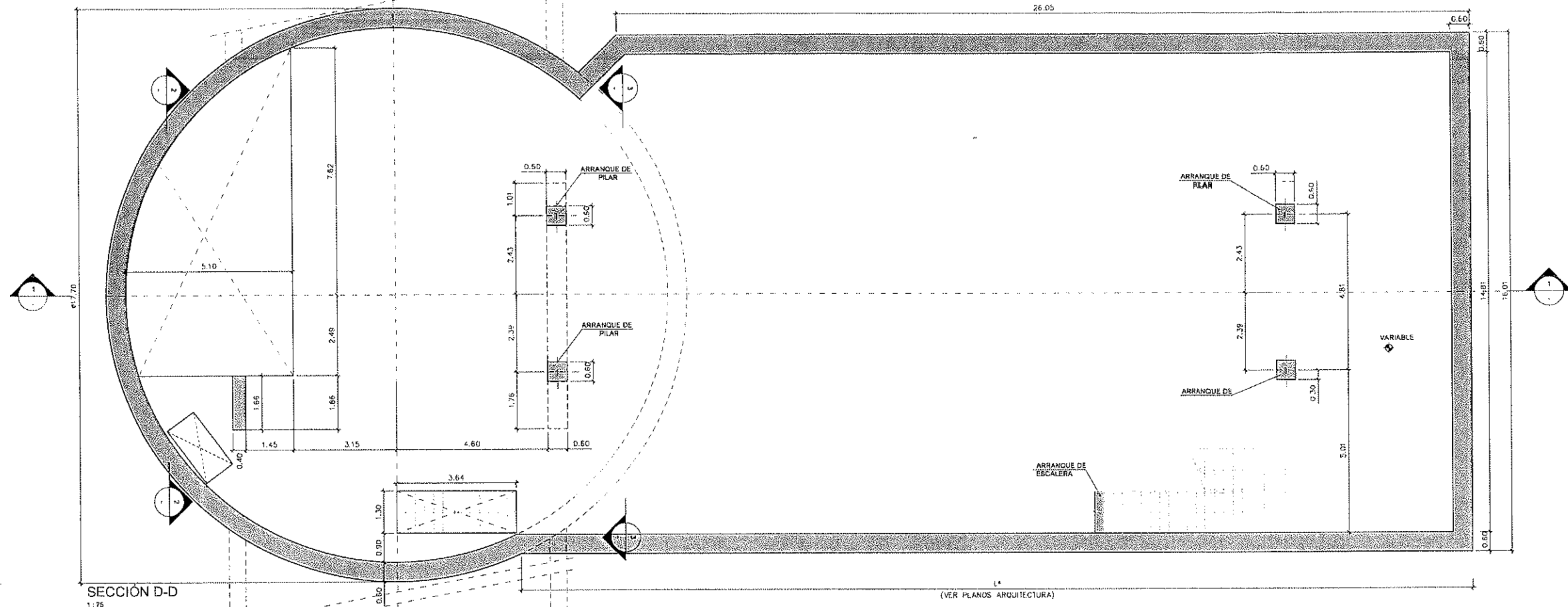
ELEMENTO	CALIDAD (ASTM A-xxx)	f <sub>y</sub> .min kg/cm2	f <sub>y</sub> .max kg/cm2	f <sub>u</sub> .min kg/cm2
Acero en Concreto Reforzado	Gr.60 (ASTM A-706)	4200	5500	5600
Acero en Concreto Pre y Post Tensado	Gr.270 (ASTM A-416M)	--	--	--
Acero Estructural Perfiles Laminados	Gr.250 (ASTM A-709M)	2500	--	4000

CUANTÍA POR ELEMENTOS

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	CUANTÍA (kg/m³)	
POZO DE EMERGENCIAS (POZOS CENITALES)	Anillo tipo 3	0.60	105.00	
	Anillo tipo 2	0.60	150.00	
	Anillo tipo 1	0.60	85.00	
	Zarpas perimetrales	1.20	150.00	
	Muros interiores anillo		0.60	80.00
			0.40	120.00
	Pilares principales	0.60*0.60	55.00	
	Pilares apoyos escaleras	0.30*0.30	15.00	
	Losa de fondo	1.40	125.00	
	Anillo de fondo	2.10	130.00	
	Losa conexión con dintel anexo	0.80	130.00	
	Losa conexión con losa de fondo anexo	0.60	170.00	
	Losas intermedias en anillo	0.40	140.00	
	Pórtico apertura hueco	0.50	270.00	
	Arranque escalera	0.30	155.00	
Losa escaleras	0.30	155.00		
ZONA DE SERVICIOS: VENTILACIÓN (POZOS CENITALES)	Descansillos	0.30	155.00	
	Pantallas L=7.70m	0.60	100.00	
	Dintel zona	0.80	130.00	
	Losa de fondo	0.30	170.00	

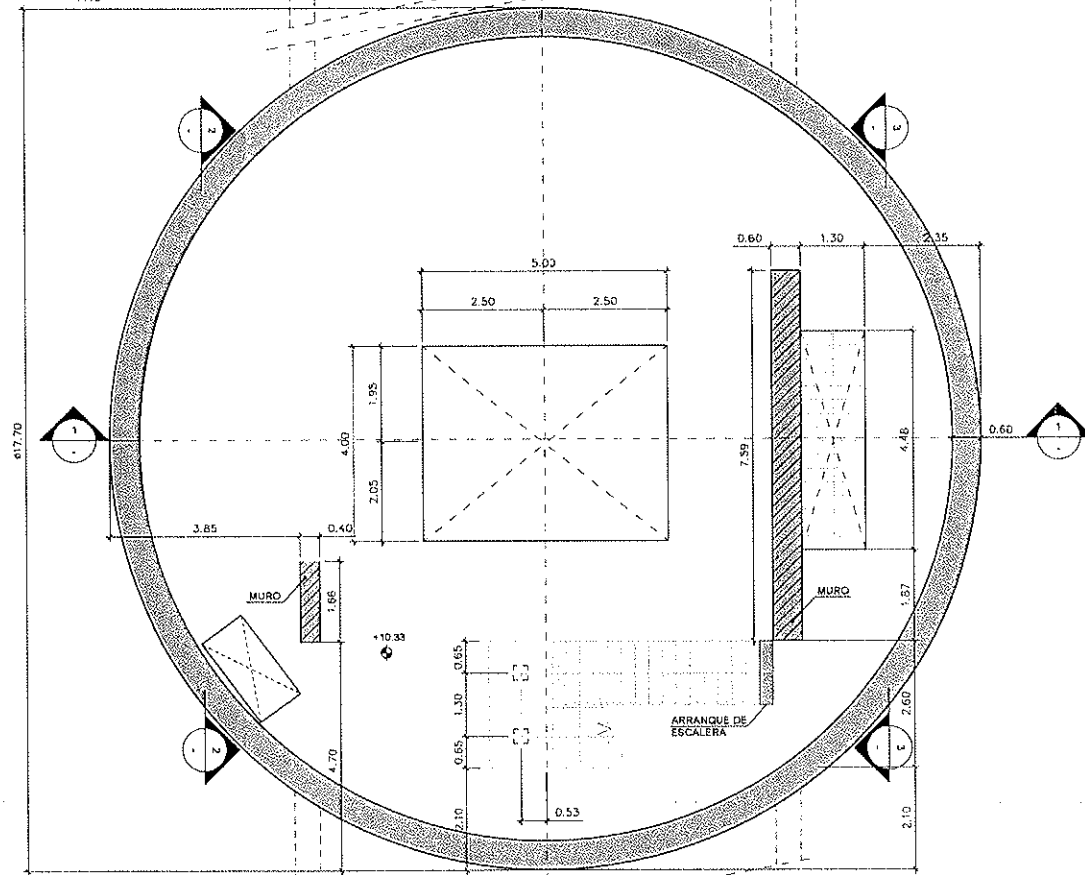
M:\dona\ordenes\900-24\904 - documentación temporal\900-24\904 - planos\1-17\908\_ploc-tun-est-01303\_ploc-tun-est-01-p001-p006.dwg - 07/02/2014 - 19:53





SECCIÓN D-D  
1:75

(VER PLANOS ARQUITECTURA)



SECCIÓN C-C  
1:75

*Alfonso Juan Basabe García*  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

**NOTA:**  
 Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrolla geoméricamente cada uno de los pozos.

\\dskvino\ordenes\003-248\04 - documentación\temporal\p03\_xxxx\hcl.m.lima\02 planos\11-72018\_ploc-tun-esr-poz-01-p001-p006.dwg - 07/02/2014 - 19:53

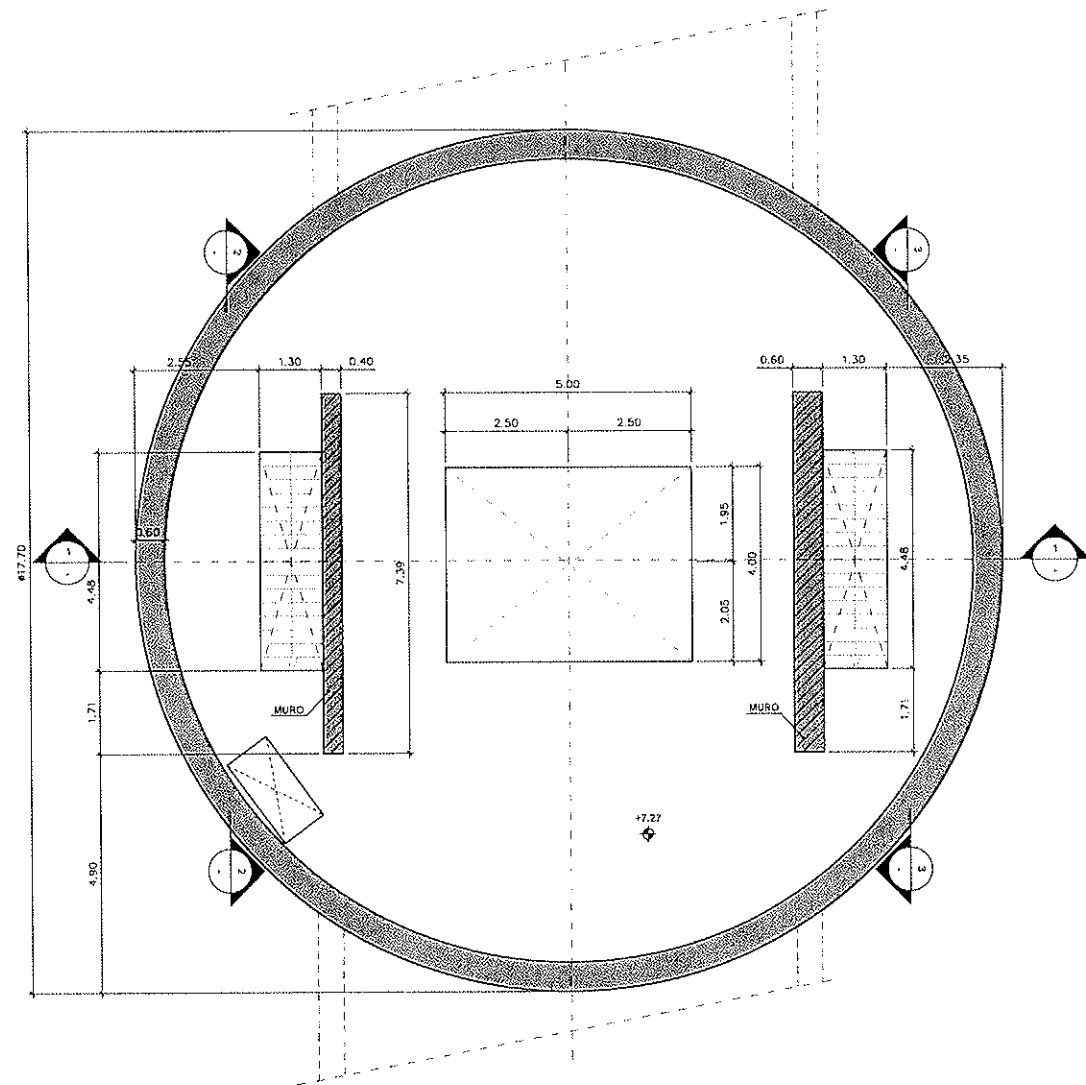
**ProlInversión**  
 Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

**CONSORCIO**  
 NUEVO METRO DE LIMA

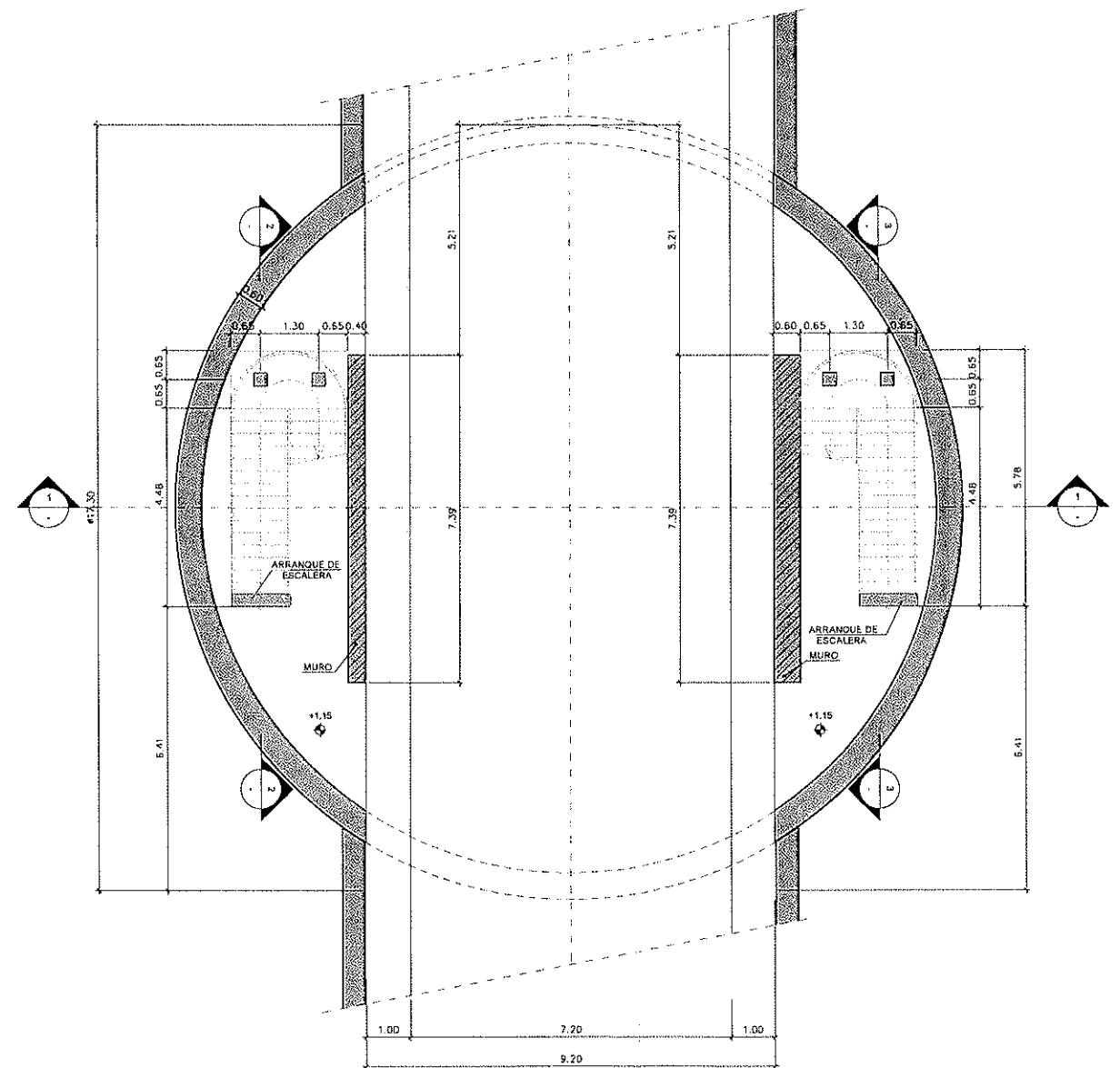
CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **PIT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1:1000	PLANO Nº	PLOC-TUN-ESR-POZ-01-P-002	HORA	02 de 06	REVISIÓN	0	
FECHA	FEBRERO 2014							



SECCIÓN B-B  
1:75



SECCIÓN A-A  
1:75

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

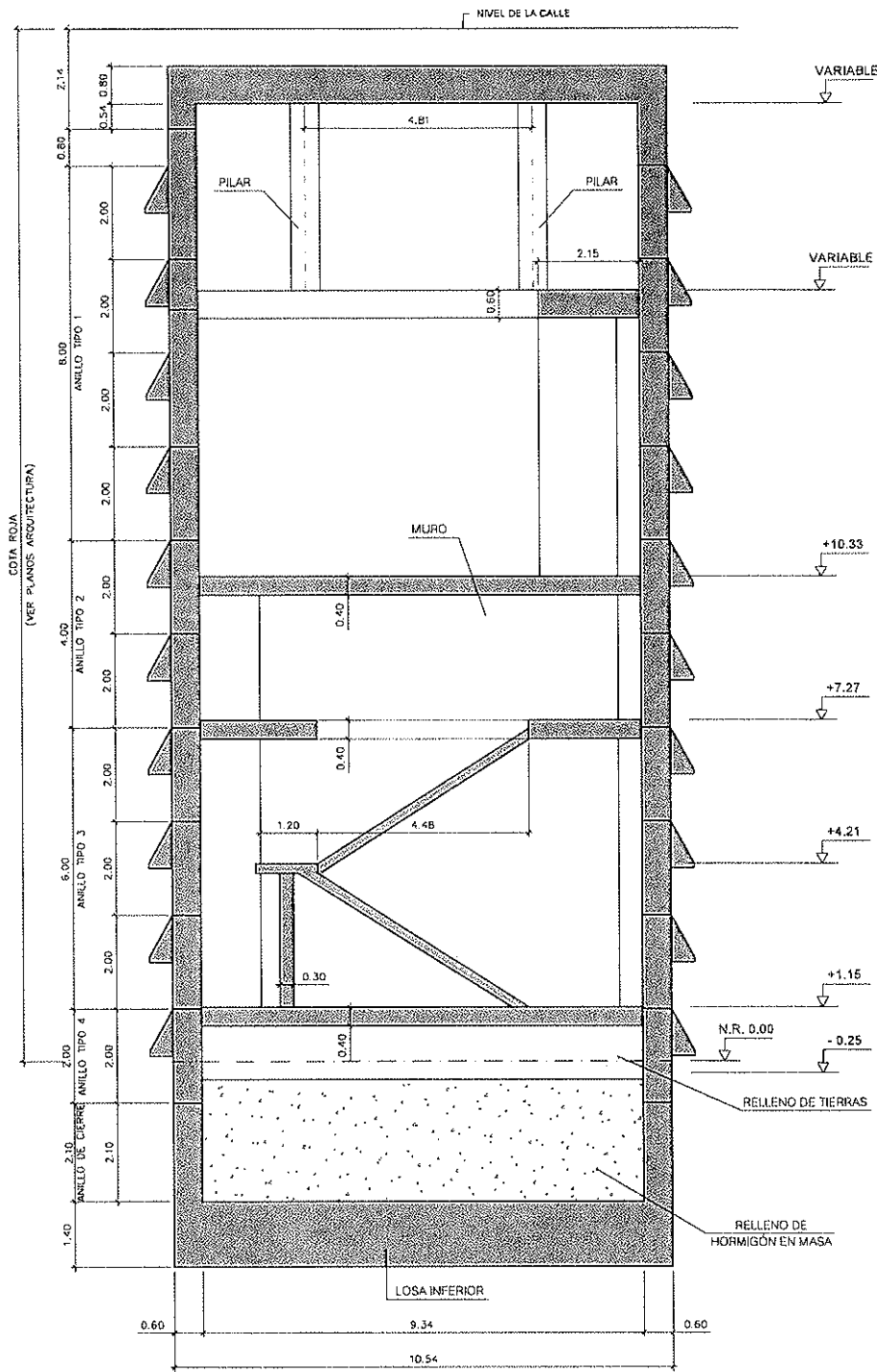
NOTA:  
 Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrolla geoméricamente cada uno de los pozos.

w:\tr\m\ordenes\003\_2149\04\_documento\temporal\p03\_000x+Hcl.m Jimu02 planos\1-12016\_ploc-tun-esr\0803\_ploc-tun-esr-poz-01-p001-p006.dwg - 07/02/2014 - 10:55

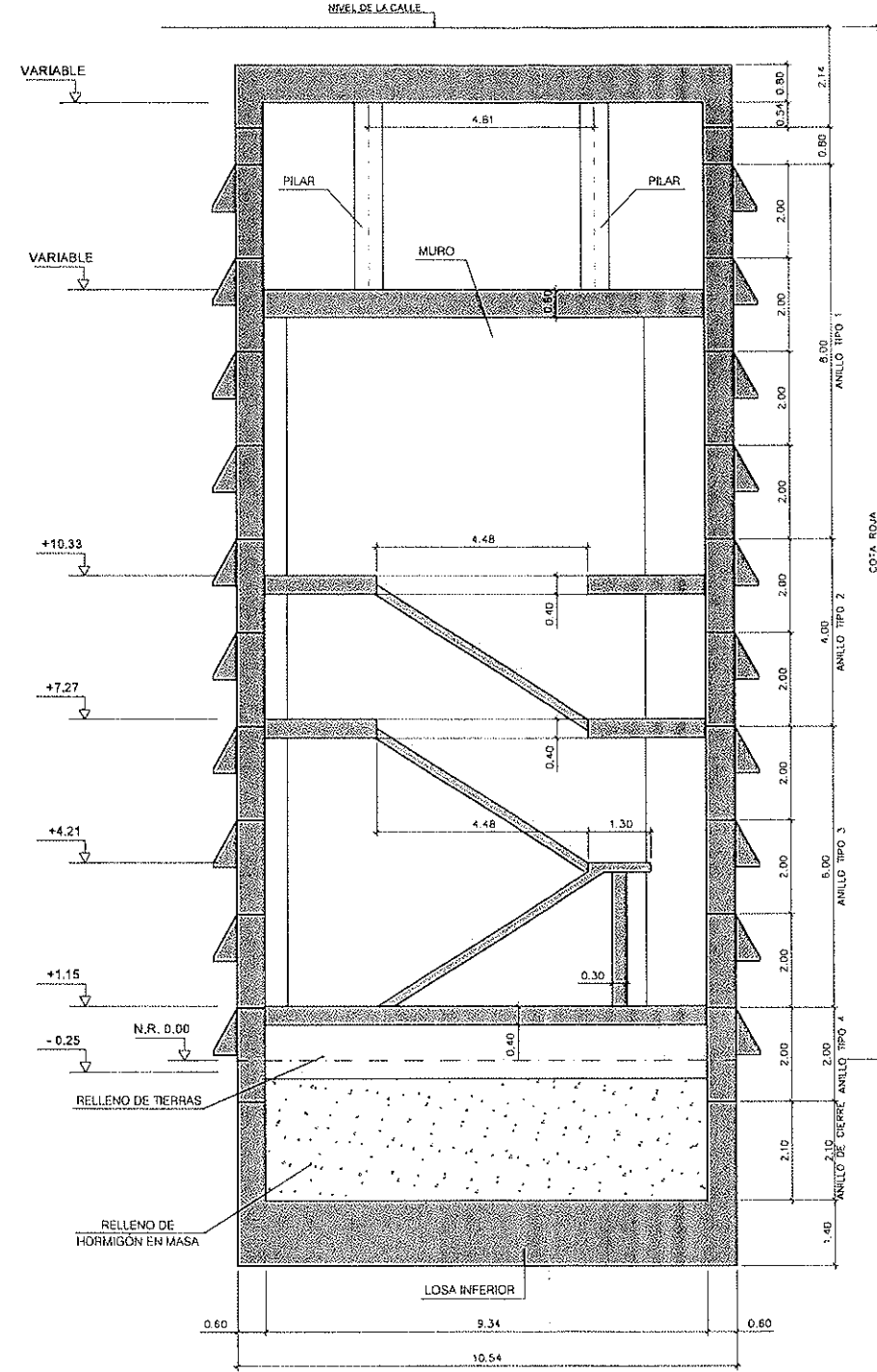


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO," ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1:1000		ESTRUCTURAS POZO VENTILACIÓN CENTRAL TRANSVERSAL SECCIONES (III)	PLANO N° PLOC-TUN-ESR-POZ-01-P-003	HOJA 01 de 06	REVISIÓN 0
FECHA	FEBRERO 2014					



SECCIÓN 2-2  
1:75



SECCIÓN 3-3  
1:75

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

NOTA:  
 Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrollará geométricamente cada uno de los pozos.

W:\88\proyectos\0803-248\04\_documentación\temporal\p03-01-p001-p006.dwg - 07/02/2014 - 19:53

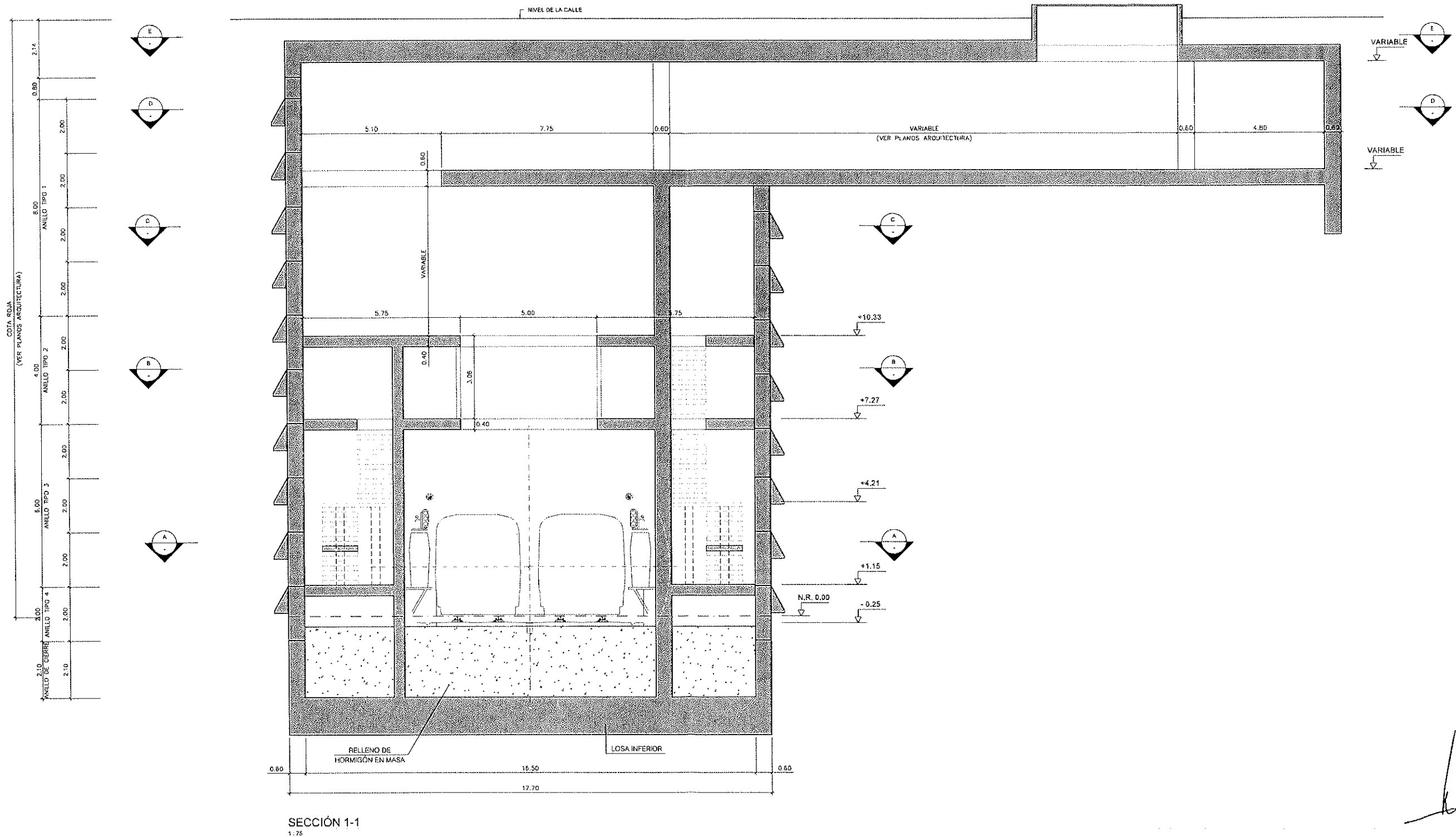


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (M)  
 1:1000  
 FECHA  
 FEBRERO 2014



ESTRUCTURAS  
 POZO VENTILACIÓN CENTRAL TRANSVERSAL  
 SECCIONES (IV)  
 PLANO Nº PLOC-TUN-ESR-POZ-01-P-004  
 HOJA 04 de 05  
 REVISIÓN 0



SECCIÓN 1-1  
1:75

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

NOTA:  
 Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrolla geométricamente cada uno de los pozos.

I:\sistemas\informacion\03-2448\01\_documentación\temperatura\03-2448\01\_documento\planos\11-2708\_ploc-tun-esr-poz-01-p001-p005.dwg - 07/02/2014 - 19:53

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

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

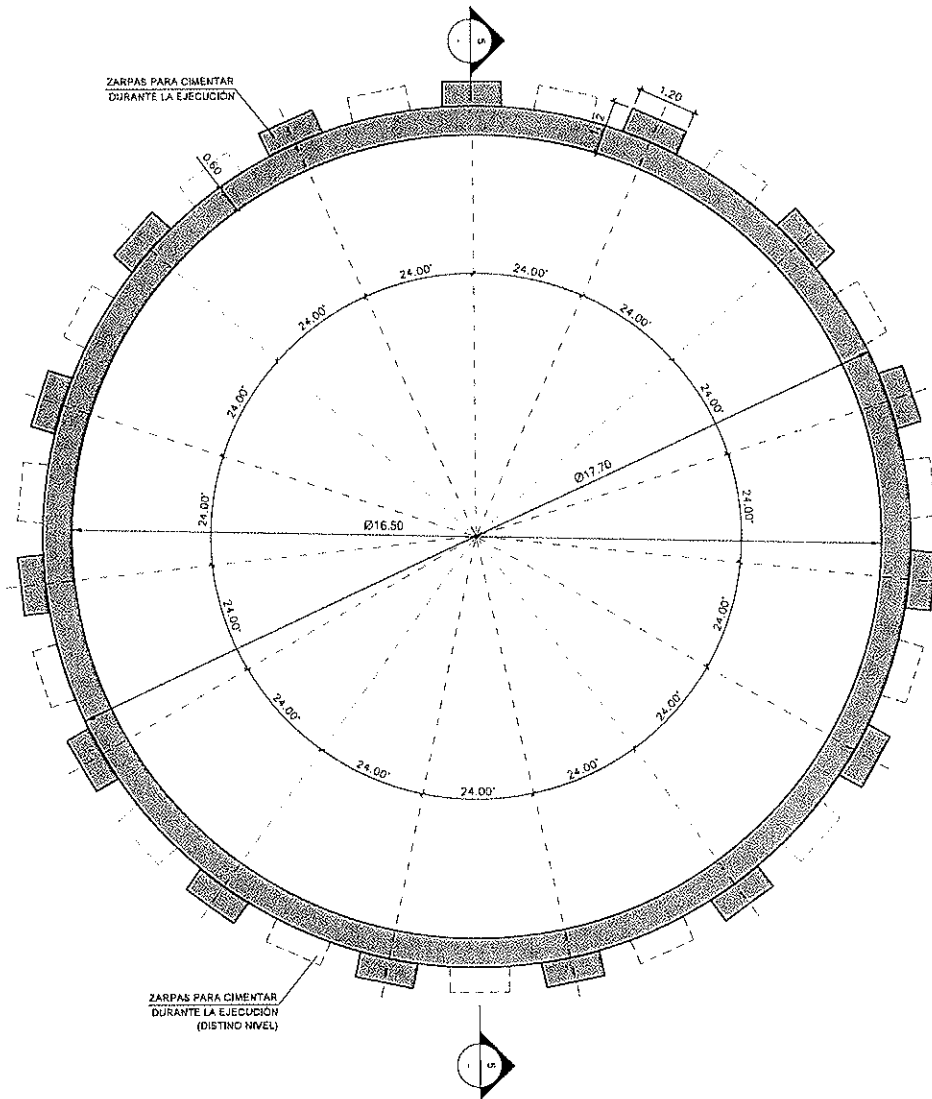
CONSULTORES  
**ayesa** **eurpestudios** **2IT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

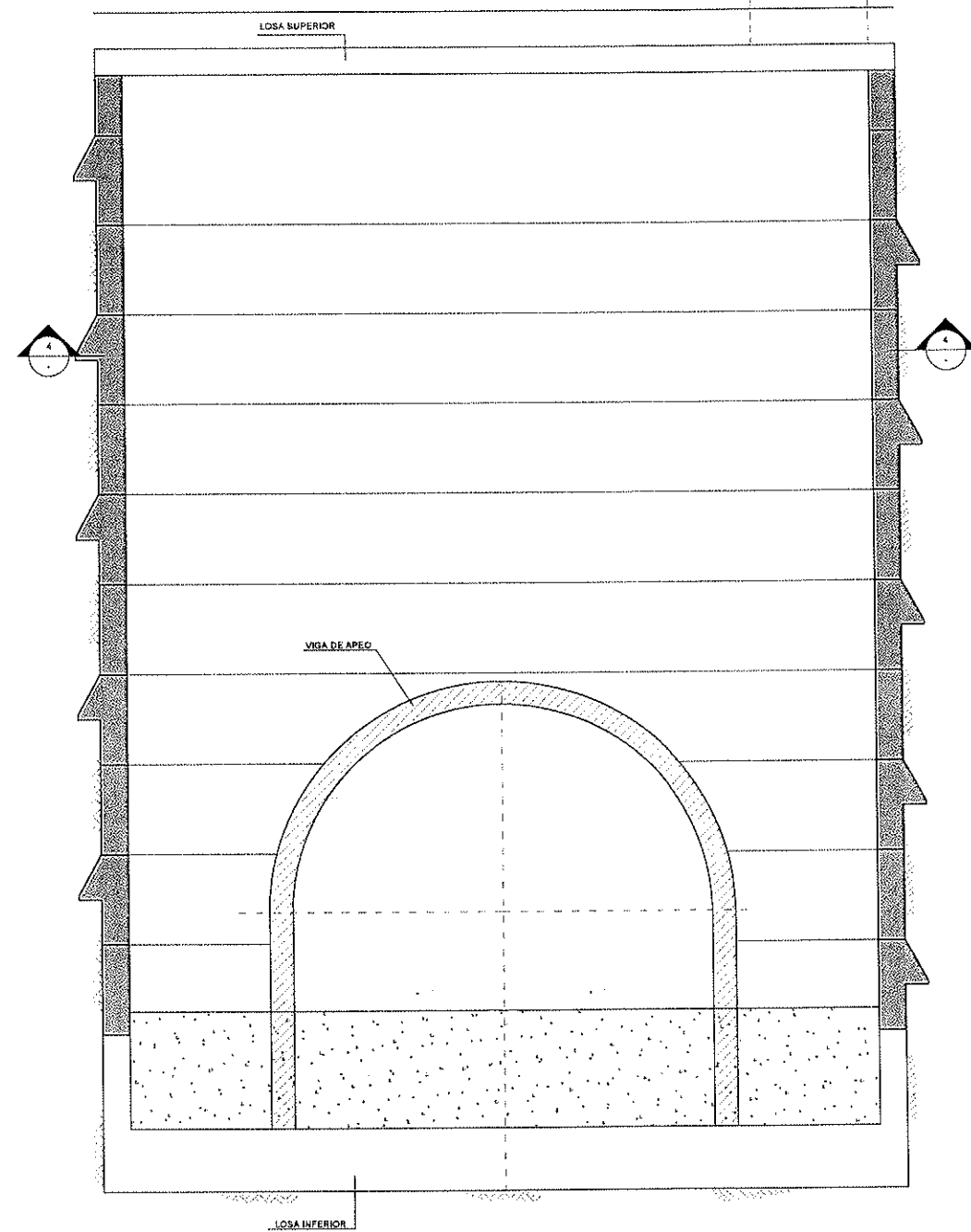
ESCALA (A1)  
 1:1000  
 FECHA  
 FEBRERO 2014

ESTRUCTURAS  
 POZO VENTILACIÓN CENTRAL TRANSVERSAL  
 SECCIONES (V)

PLANO N° PLOC-TUN-ESR-POZ-01-P-005  
 HOJA 05 de 06  
 REVISIÓN 0



SECCIÓN 4-4. ZARPAS  
1:75



SECCIÓN 5-5. ZARPAS  
1:75

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

NOTA:  
 Las cotas referenciales (no cotas estructurales) son representativas de un pozo tipo. En los planos PLOC-TUN-FUN-POZ se desarrolla geoméricamente cada uno de los pozos.

I:\carpeta\trabajo\p00-246804\_documentación\temponak\p00-246804-plantas\1-2009\_ploc-tun-esr-poz-01-p001-p0016.dwg - 07/02/2014 - 19:53

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

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

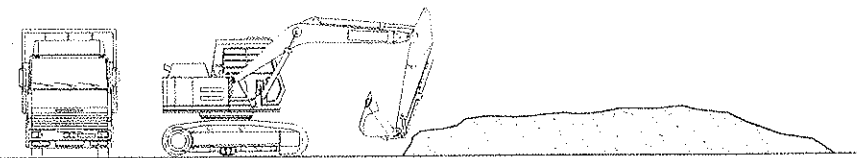
CONSULTORES  
**ayesa** | **euroestudios** | **IT INGENIERIA**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT -- AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A3)	1:1000
FECHA	FEBRERO 2014



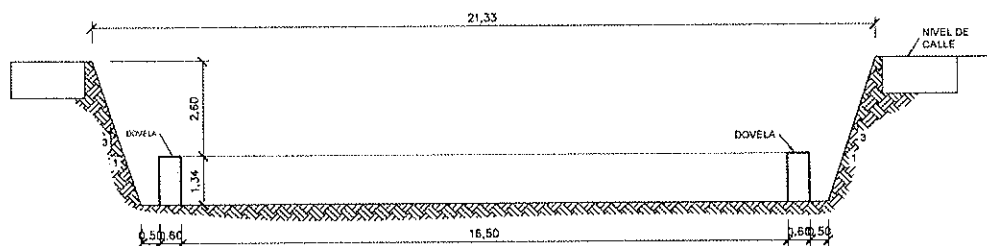
PLANO Nº	PLOC-TUN-ESR-POZ-01-P-006	HOJA	06 de 06	REVISIÓN	0
----------	---------------------------	------	----------	----------	---



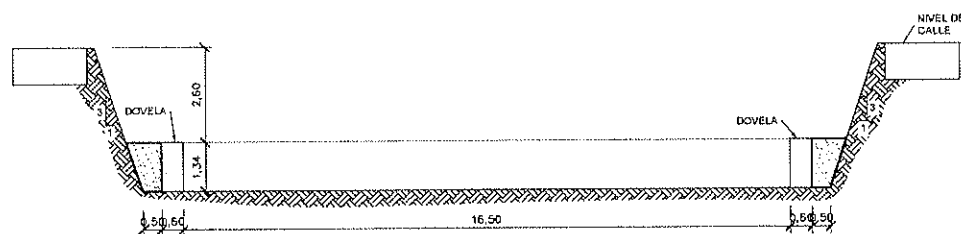
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 1  
1:100



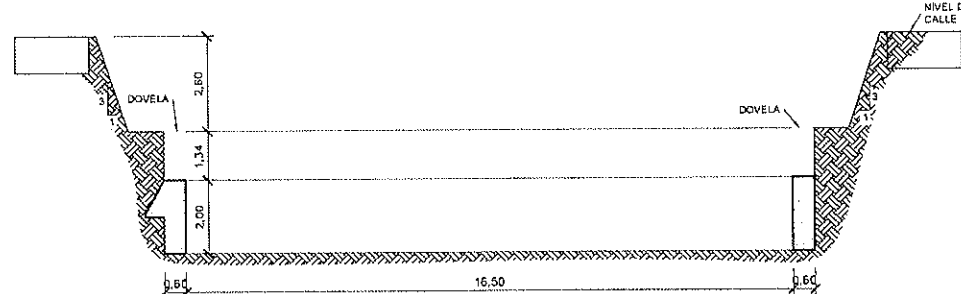
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 2  
1:100



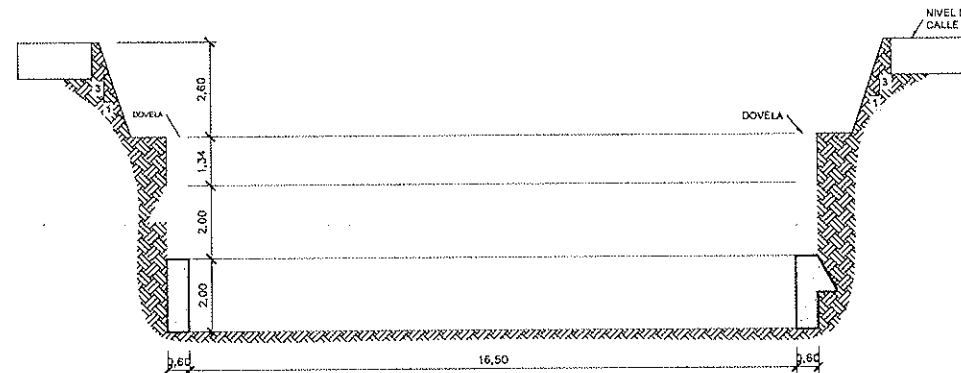
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 3  
1:100



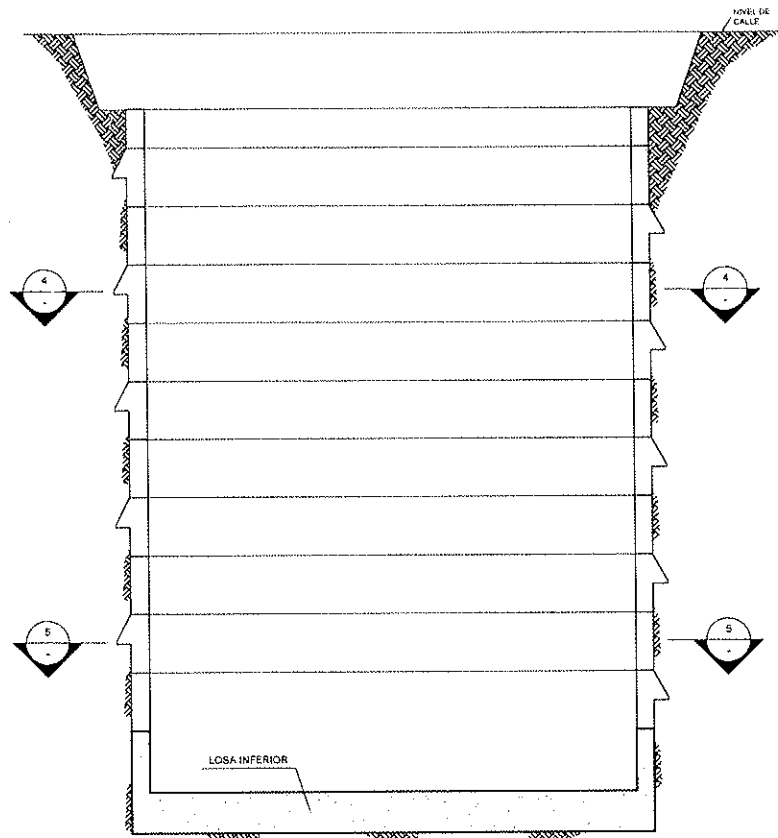
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 4  
1:100



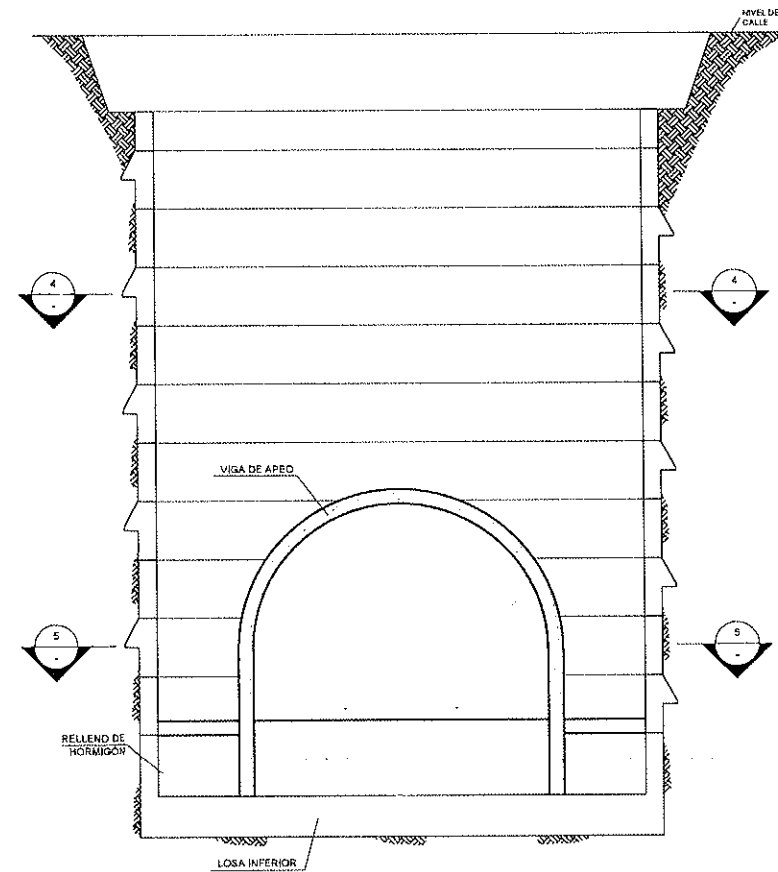
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 5  
1:100



PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 6  
1:100



PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 7  
1:125



PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 8  
1:125

DESCRIPCIÓN DE FASES CONSTRUCTIVAS

FASE 1: Se procederá al replanteo en obra de la zona de ocupación de obra, para posteriormente realizar la preparación de la plataforma de trabajo (desbroce, etc...). Se deberá prever la ejecución de la cimentación 5x2x1m para la colocación de los porticos de extracción e inserción de material durante la ejecución del pozo.

FASE 2: Se realizará una excavación para la ejecución del primer anillo por medio de un talud 1h:3v.

FASE 3: Se procederá al ferrallado, encofrado y posterior hormigonado del primer anillo. Habrá que dejar previsto, los manguitos de conexión de los anclajes #25, para la posterior unión longitudinal del anillo posterior.

FASE 4: Relleno del trasdós del primer anillo.

FASE 5 y 6: Se procederá de forma secuencial, hasta llegar al último anillo de la siguiente forma:  
-excavación decalada (zarpas de anillo) de los diferentes anillos  
-ferrallado, -encofrado,  
-hormigonado. En los anillos que será interceptados por la viga de apeo, se deberá dejar las esperas oportunas para su posterior ejecución.

FASE 7: Una vez alcanzado el penúltimo anillo de compresión, se procederá a bajar/excavar hasta el fondo de excavación. Una vez alcanzado este punto, se procederá a la realización de la losa de fondo y el anillo/hastial que conecta la losa de fondo con el resto de anillos superiores.

FASE 8: Se completará el ferrallado de las vigas de reparto, encofrado y posterior hormigonado de las mismas. En la fase en la que se está ferrallado las vigas de apeo, se deberá dejar previsto unos pasa tubos para la posterior colocación del paraguas de micropilotes (caso de pozo cenital con conexión a caverna).

FASE 9: Tras la conexión con la tbn o con la caverna, se procederá a la realización del recinto de instalaciones, situado en cotas superiores. En esta fase se ejecutará una pantalla anexa al anillo superior y que cierren un recinto rectangular. Este recinto, será excavado al amparo de estas pantallas. Una vez alcanzado el nivel de losa de instalaciones, se procederá a la demolición parcial de los anillos superiores que estén situados por encima de la cota de solera del núcleo de instalaciones.

FASE 10: Se procederá, mediante cimbras y encofrados a hacer un down-top de los elementos interiores del pozo: núcleo de escaleras, pilares, escaleras, soleras, rellenos forjados, etc... Al final de esta fase se procederá a cerrar el recinto configurado por el pozo circular y el recinto rectangular del núcleo de instalaciones.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

\\sbf\proyectos\tramos\2013-2014\04\documentación\tema\p002\planos\1204\_ploc-tun-con-poz-01-p001-p002.dwg - 07/02/2014 - 20.04

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

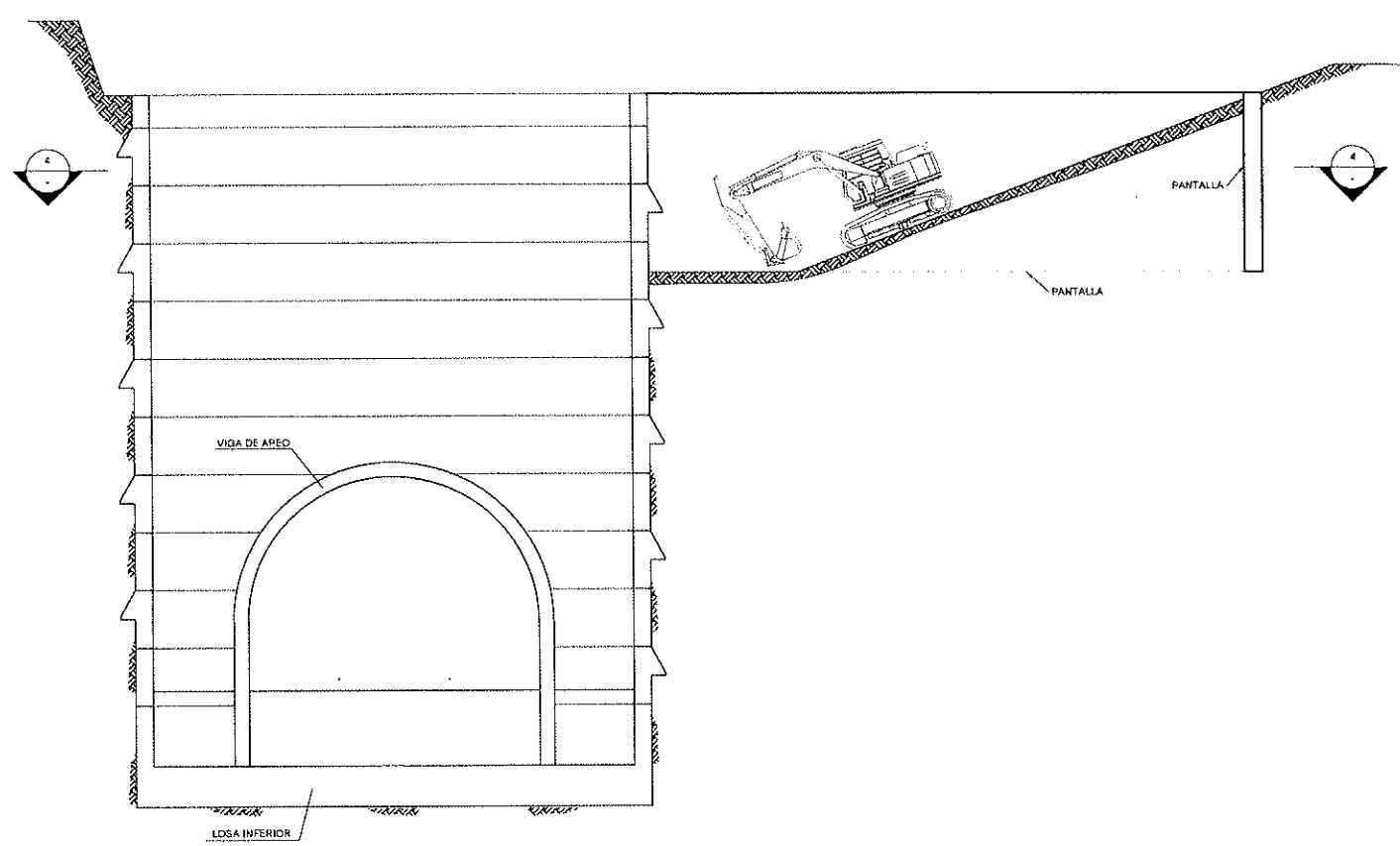
CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **IT**

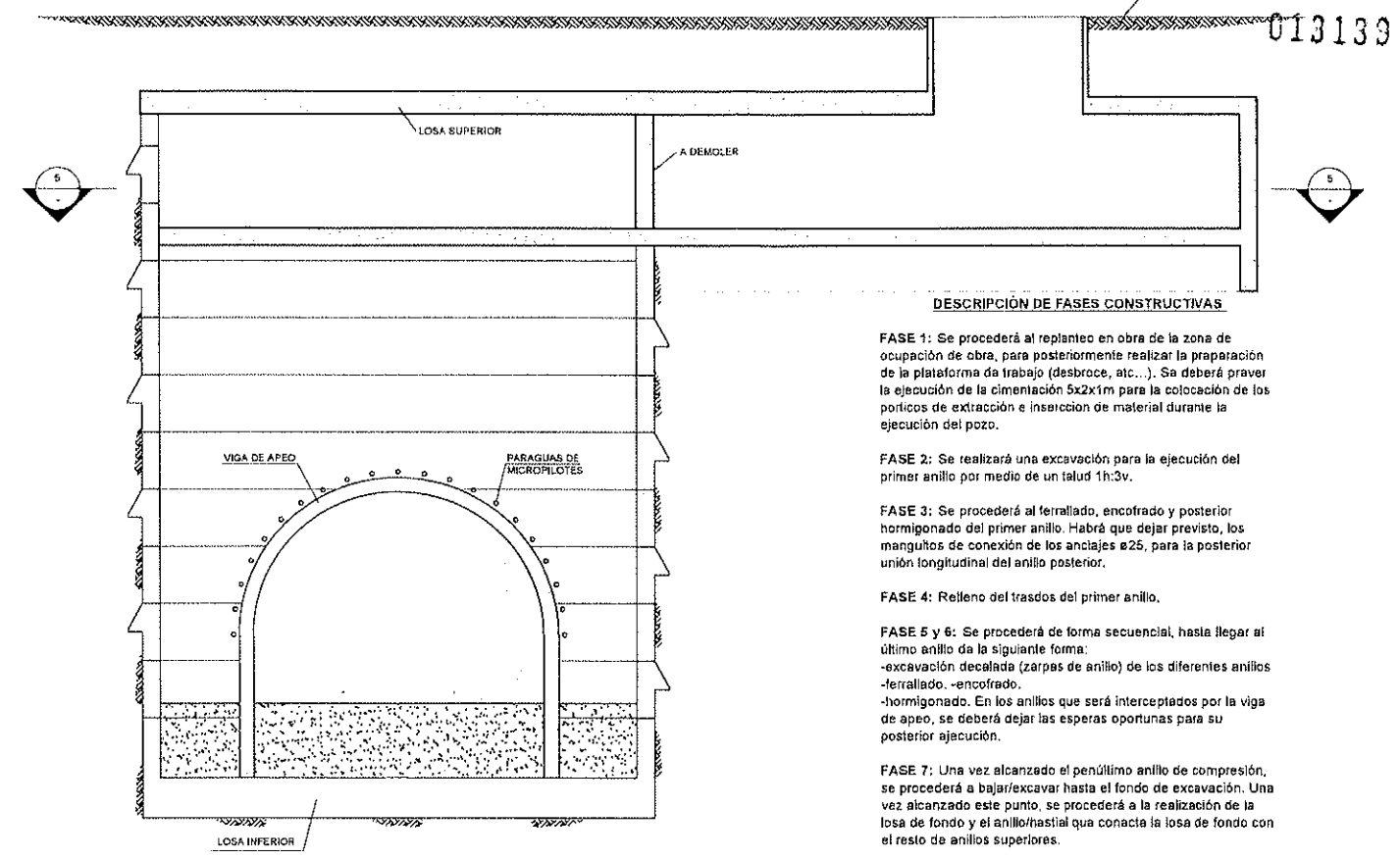
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)  
1:1000  
FECHA  
FEBRERO 2014

ESTRUCTURAS  
POZO VENTILACIÓN CENITAL  
PROCESO CONSTRUCTIVO (I)  
PLANO N° PLOC-TUN-CON-POZ-01-P-001  
HOJA 01 de 02  
REVISIÓN 0



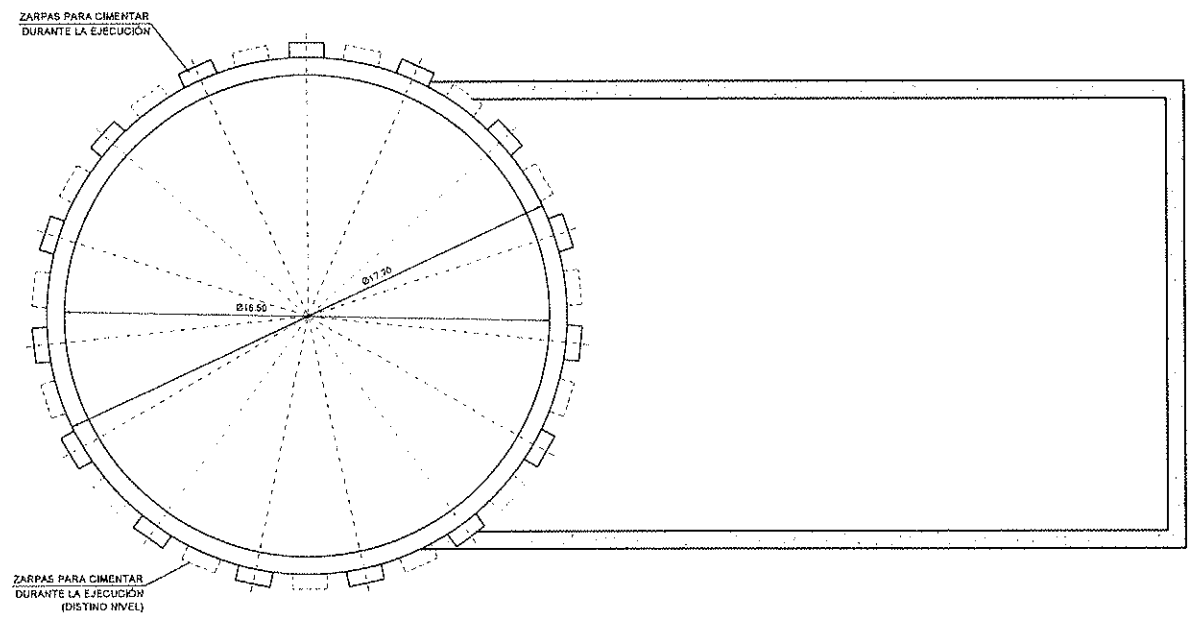
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 9  
1:75



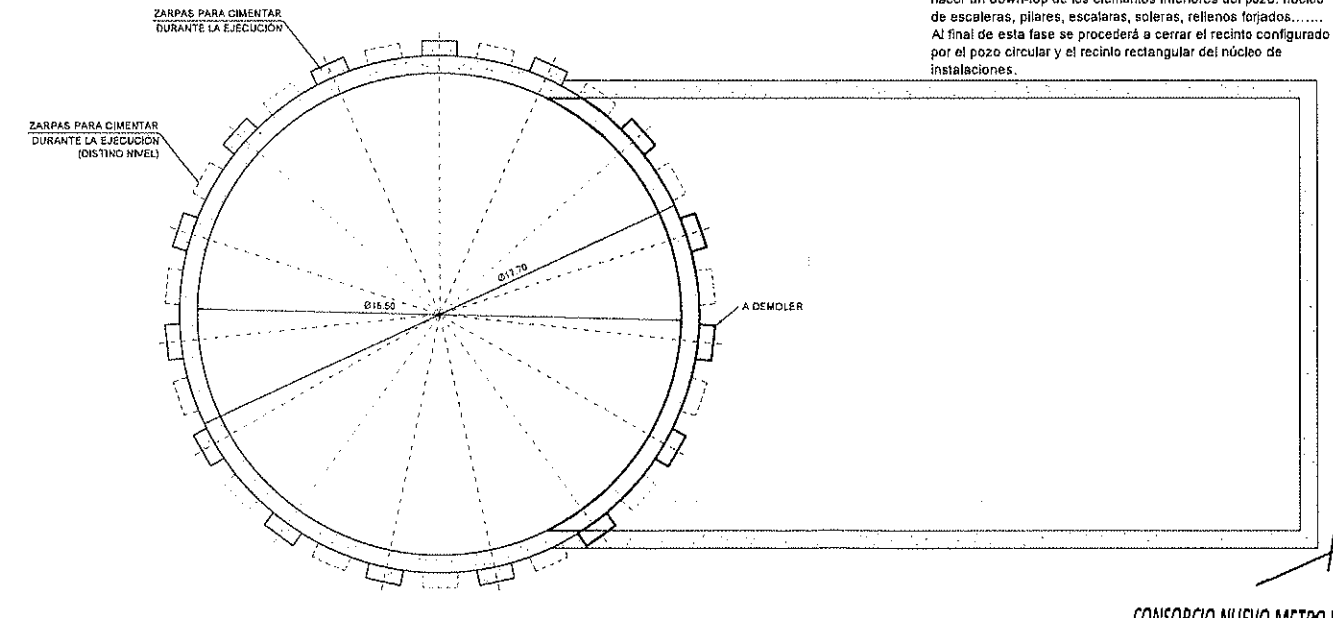
PROCESO CONSTRUCTIVO. FASE 10  
1:125

DESCRIPCIÓN DE FASES CONSTRUCTIVAS

- FASE 1:** Se procederá al replanteo en obra de la zona de ocupación de obra, para posteriormente realizar la preparación de la plataforma de trabajo (desbroce, etc.). Se deberá prever la ejecución de la cimentación 5x2x1m para la colocación de los porticos de extracción e inserción de material durante la ejecución del pozo.
- FASE 2:** Se realizará una excavación para la ejecución del primer anillo por medio de un talud 1h:3v.
- FASE 3:** Se procederá al ferrallado, encofrado y posterior hormigonado del primer anillo. Habrá que dejar previsto, los manguitos de conexión de los anclajes #25, para la posterior unión longitudinal del anillo posterior.
- FASE 4:** Relleno del trasdos del primer anillo.
- FASE 5 y 6:** Se procederá de forma secuencial, hasta llegar al último anillo de la siguiente forma:
  - excavación decajada (zarpas de anillo) de los diferentes anillos
  - ferrallado, -encofrado,
  - hormigonado. En los anillos que será interceptados por la viga de apeo, se deberá dejar las esperas oportunas para su posterior ajecución.
- FASE 7:** Una vez alcanzado el penúltimo anillo de compresión, se procederá a bajar/excavar hasta el fondo de excavación. Una vez alcanzado este punto, se procederá a la realización de la losa de fondo y el anillo/hastial que conecta la losa de fondo con el resto de anillos superiores.
- FASE 8:** Se completará el ferrallado de las vigas de reparto, encofrado y posterior hormigonado de las mismas. En la fase en la que se está ferrallado las vigas de apeo, se deberá dejar previsto unos pasa tubos para la posterior colocación del paraguas de micropilotes (caso de pozo cenital con conexión a caverna).
- FASE 9:** Tras la conexión con la tbn o con la caverna, se procederá a la realización del recinto de instalaciones, situado en cotas superiores. En esta fase se ejecutará una pantallas anexas al anillo superior y que cierren un recinto rectangular. Este recinto, será excavado al amparo de estas pantallas. Una vez alcanzado el nivel de losa de instalaciones, se procederá a la demolición parcial de los anillos superiores que estén situados por encima de la cota de soiera del núcleo de instalaciones.
- FASE 10:** Se procederá, mediante cimbras y encofrados a hacer un down-top de los elementos interiores del pozo: núcleo de escaleras, pilares, escaleras, soleras, rellenos forjados..... Al final de esta fase se procederá a cerrar el recinto configurado por el pozo circular y el recinto rectangular del núcleo de instalaciones.



SECCIÓN 4-4. FASE 9  
1:75



SECCIÓN 5-5. FASE 10  
1:125

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

Ved: b7mchurruanest003-2448304\_documento03\_2448304\_4\_bicim\_lima02\_planes01-0212\_06c-jun-cam1204\_06c-lun-con-01-p001-p002.dwg - 07/02/2014 - 20:04



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

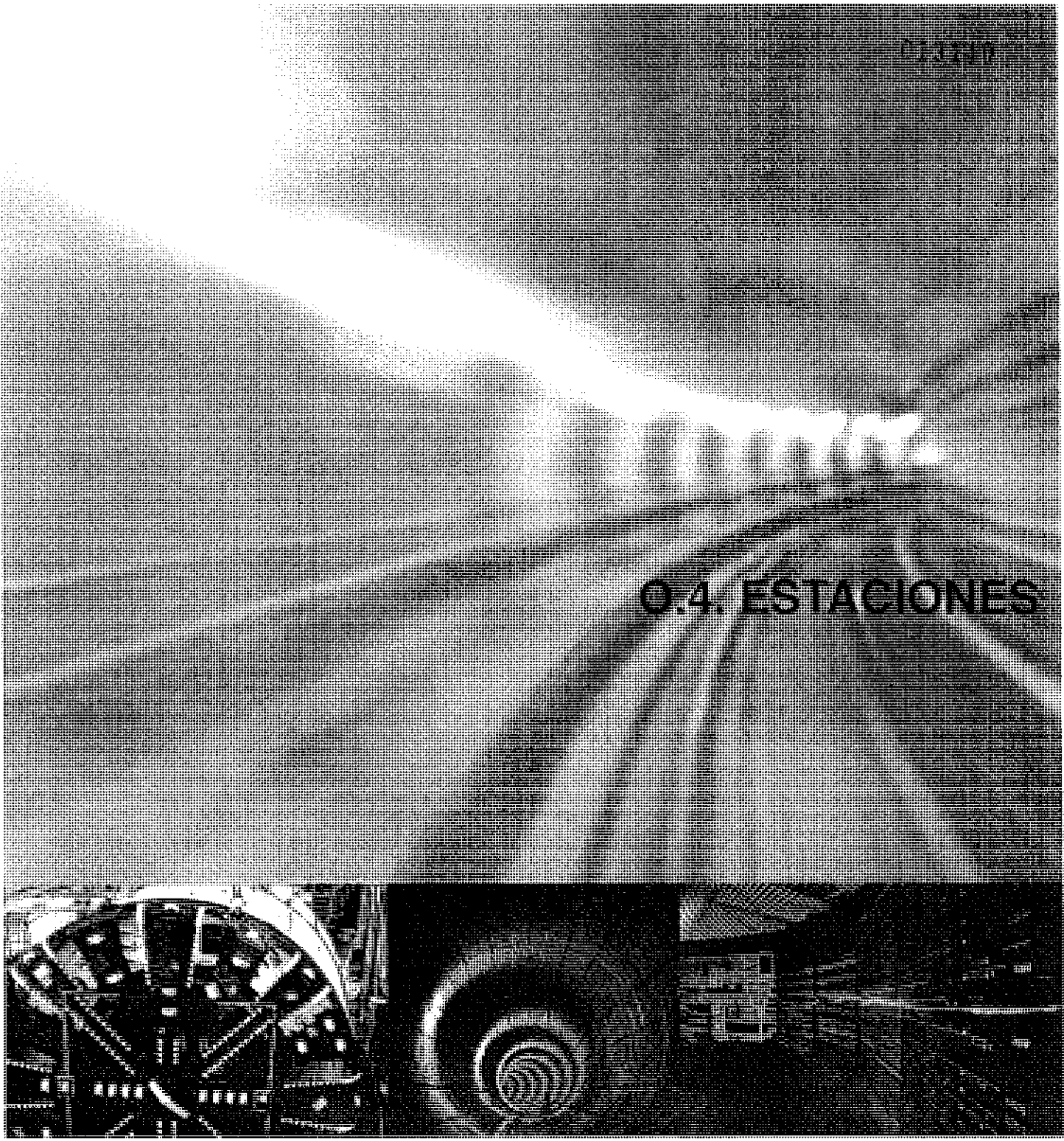
ESCALA: (A1)  
1:1000  
FECHA: FEBRERO 2014

ESTRUCTURAS  
POZO VENTILACIÓN CENTRAL  
PROCESO CONSTRUCTIVO (II)  
PLANO N° PLOC-TUN-CON-POZ-01-P-002  
HOJA 02 de 02  
REVISIÓN 0



[13539]

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



## O.4. ESTACIONES



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

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





## 0.4.1. Memoria descriptiva general



013141

<p><b>O.4.1.</b></p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p><b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA</b></p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
--	---

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

## O.4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL DE LAS ESTACIONES

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





Índice

<b>0</b>	<b>Detalle de Contenido Mínimo</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Memoria descriptiva general de las estaciones de la Etapa 1A</b>	<b>4</b>
1.1	Estación 20 Evitamiento	4
1.1.1	Ubicación	4
1.1.2	Características específicas	5
1.1.3	Superficies de locales	5
1.1.4	Dimensionamiento Funcional	7
1.1.5	Cálculos de Evacuación	9
1.2	Estación 21 Óvalo Santa Anita	9
1.2.1	Ubicación	9
1.2.2	Características específicas	9
1.2.3	Superficies de locales	10
1.2.4	Dimensionamiento Funcional	11
1.2.5	Cálculos de Evacuación	13
1.3	Estación 22 Colectora Industrial	13
1.3.1	Ubicación	13
1.3.2	Características específicas	14
1.3.3	Superficies de locales	14
1.3.4	Dimensionamiento funcional	16
1.3.5	Cálculos de Evacuación	18
1.4	Estación 23 La Cultura	18
1.4.1	Ubicación	18
1.4.2	Características específicas	18
1.4.3	Superficies de locales	19
1.4.4	Dimensionamiento funcional	20
1.4.5	Cálculos de Evacuación	22
1.5	Estación 24 Mercado Santa Anita	22
1.5.1	Ubicación	22
1.5.2	Características específicas	23
1.5.3	Superficies de locales	23
1.5.4	Dimensionamiento Funcional	25
1.5.5	Cálculos de Evacuación	27

APÉNDICE 1. PLANOS

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





## O.4.1. Memoria descriptiva general

### 0 **DETALLE DE CONTENIDO MÍNIMO**

013143

El contenido mínimo se encuentra en las siguientes secciones del apartado:

- Memorias de Cálculo – Referirse a O.4.4 para memoria de cálculo de estructura.
- Modelo de flujo y demanda de usuarios que utilizarán el servicio en cada una de las estaciones – O.4.3.
- Diseño de la accesibilidad al sistema, incluyendo los usuarios con movilidad reducida – O.4.3
- Diseño preliminar estructural de las estaciones – Referirse a apartado O.4.4 para el diseño de estructura.
- Diseño preliminar arquitectónico de las estaciones – Apartado O.4.1 Apéndice 1 y O.4.2

## 1 **MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL DE LAS ESTACIONES DE LA ETAPA 1A**

### 1.1 **ESTACIÓN 20 EVITAMIENTO**

#### 1.1.1 **Ubicación**

La ubicación de la estación está en la Av. Carretera Central en su cruce con la Vía de Evitamiento. La contextualización de la estación en el entorno urbano se manifiesta en la ubicación de los accesos en superficie, incluyendo escaleras, elevadores, rejillas de ventilación, etc.

Hay cinco accesos:

- Los accesos públicos son 1 y 2 a cada lado de la Avenida Carretera Central e incluye escaleras mecánicas, escaleras pedestres, y un elevador hasta el nivel de vestíbulo. El acceso 1 está en el lado norte de la Av. Carretera Central, en una de las rotondas del trébol que se forma con la Vía de Evitamiento. El Acceso 2 está en la esquina suroeste de la Carretera Central con la Vía de Evitamiento.
- Cuenta con dos salidas de evacuación, Accesos 3 y 4. Se encuentran en el lado sur de la Carretera Central entre la calle Tomás Alva Edison y la Vía de Evitamiento. Cercano a estas salidas, se sitúan dos rejillas de ventilación.
- El Acceso 5 es el acceso al área técnica, al lado del ducto de paso de materiales. Se encuentra en la berma de uno de los tramos de acceso de la Vía de Evitamiento a la Carretera Central.
- En esta etapa, como la estación sirve de terminal, se ha habilitado un área temporal de ventilación para el túnel y una rejilla de ventilación adicional sale al nivel de calle. Se encuentra la rejilla en la berma que se forma entre la Carretera Central y uno de los tramos de acceso de la Vía de Evitamiento a la Carretera Central.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.1. Memoria descriptiva general

#### 1.1.2 Características específicas

013144

Nº	ESTACIÓN	TIPOLOGÍA				DIMENSIONES CAJA EXTERIOR				ANCHO ANDÉN	
		Ef.	Propuesta	Const.	Instal.	Anchura (zona ancha)	Anchura (estrecho)	Largo	Profund.	Dim. Mínimo (columna PSD)	Dim. Zona ancha
20	Evitamiento	1b	1.6 SER	C&C	2CA AE SER	27,80	18,80	156,23	23,50	3,20	4,00

El interior del cajón es de aproximadamente 93.76 x 24.80 metros en la parte ancha y 59.47 x 15.80 metros en la parte estrecha. La distancia vertical de andén a vestíbulo es de 9.95 m en vez de 7.45 m que es más típico.

#### Circulación vertical

- La parte ancha tiene 2 bloques de circulación vertical a cada andén, y el ancho de cada bloque es de 4.30 m, compuesto de una escalera mecánica y una escalera fija de 2.40 m
- La escalera de evacuación directa a la calle tiene un ancho de 1.35 m.
- La escalera de evacuación al vestíbulo tiene un ancho de 2.40 m.

#### Nivel Vestíbulo

- Área técnica: Esta estación tiene SER, el cual se ubica en la zona central, próxima a las salas técnicas al fondo del vestíbulo.

#### Características específicas del Nivel Andén


Dimensiones: En Etapa 1A se construyen dos andenes laterales pero en esta etapa solo está en funcionamiento un andén. Cada andén tiene 135.0 m. de longitud; en la parte estrecha, donde no se encuentran bloques de circulación vertical, el andén tiene 4.00 m de ancho, hasta las puertas de andén, y tiene 8.50 m. de ancho en total. La mínima distancia libre entre las puertas de andén y cualquier obstáculo es de 3.20 m.

Esta estación es terminal en Etapa 1A y según el esquema operacional, está en funcionamiento solo un andén.

#### 1.1.3 Superficies de locales

La superficie útil total del nivel vestíbulo es de 3.251,93 m<sup>2</sup> y del nivel andén, 1.783,42 m<sup>2</sup>.

NIVEL VESTÍBULO	
CONTROL DE SEGURIDAD	13.57 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	13.57 m <sup>2</sup>
BOLETERÍA + CUARTO DE VALORES	45.45 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	14.00 m <sup>2</sup>
SALA AUXILIAR DE INSTALACIONES	6.78 m <sup>2</sup>
JEFE DE ESTACIÓN	21.50 m <sup>2</sup>

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL




**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013145

TÓPICO PARA PRIMEROS AUXILIOS	8.60 m <sup>2</sup>
REFECTORIO	23.98 m <sup>2</sup>
ASEO PERSONAL	20.67 m <sup>2</sup>
VIGILANCIA	14.71 m <sup>2</sup>
SALA DE SUPERVISIÓN	22.40 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	14.00 m <sup>2</sup>
ASEO MASCULINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO FEMENINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO ADAPTADO	6.20 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE LIMPIEZA	15.31 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE BASURAS	15.82 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	75.18 m <sup>2</sup>
SALA DE BATERÍAS UPS	52.92 m <sup>2</sup>
SALA BAJA PRINCIPAL	60.06 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	27.00 m <sup>2</sup>
SALA CENTRO DE CONTROL DISTRIBUIDO	7.50 m <sup>2</sup>
SALA DE COMUNICACIONES PRINCIPAL	48.30 m <sup>2</sup>
SALA DE SECCIONADORES	25.20 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	24.30 m <sup>2</sup>
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	308.39 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	125.69 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	124.63 m <sup>2</sup>
ÁREA NO PAGO	377.82 m <sup>2</sup>
CONTROL DE ACCESO	4.45 m <sup>2</sup>
ÁREA PAGO	829.12 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 1	158.44 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 2	152.33 m <sup>2</sup>
ACCESO 5. DUCTO DE MATERIALES	46.68 m <sup>2</sup>
<b>NIVEL ANDÉN</b>	
VESTUARIOS MASCULINOS	20.25 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS FEMENINOS	20.25 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	14.96 m <sup>2</sup>
PSDb VIGILANCIA Y CONTROL DE ACCESO	13.33 m <sup>2</sup>
VLD 1	8.60 m <sup>2</sup>
TELECONTROL	25.80 m <sup>2</sup>
SEÑALIZACIÓN ENCLAVAMIENTOS	56.33 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN AUXILIAR	11.61 m <sup>2</sup>

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL


**O.4.1. Memoria descriptiva general**

013146


SALA CONS. AUXILIAR	10.05 m <sup>2</sup>
SALA DE CONTADORES ELÉCTRICOS	21.33 m <sup>2</sup>
VLD 2	11.82 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO MANTENIMIENTO VÍA	29.86 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO	13.78 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CUARTO DE BOMBAS	41.03 m <sup>2</sup>
SALA DE DRENAJE	15.29 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.04 m <sup>2</sup>
ANDÉN	628.53 m <sup>2</sup>
ANDÉN	628.53 m <sup>2</sup>

**1.1.4 Dimensionamiento Funcional**

Nivel de Servicio – Capacidad de Andén	
Usuarios andén 1 (HPM)	110.3
Área andén (m <sup>2</sup> )	568.86
Zona peatonal promedio (> 0,67 m <sup>2</sup> /pax)	5.15
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Capacidad área no paga	
Año dimensionante	2047
Usuarios área no paga (minuto pico)	95
Superficie área no paga (m <sup>2</sup> )	804.83
Capacidad área no paga (> 1 m <sup>2</sup> /pax)	8.4
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Escaleras andén-vestíbulo	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	4
Ancho escalera fija en proyecto (m)	9.60
Usuarios área paga (minuto pico)	96
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	66
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	30
Escaleras mecánicas que suben - andén/vestíbulo (n°)	2

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL


**O.4.1. Memoria descriptiva general**

013147

Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/andén (n°) *en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	1
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	230
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>

**Nivel de Servicio – Escaleras vestíbulo-calle**

Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	3
Ancho escalera fija en proyecto (m)	5.2
Usuarios área no paga (minuto pico)	96
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	66
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	30
Escaleras mecánicas que suben - calle/vestíbulo (n°)	1
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/calle (n°) *en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	1
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>

**Torniquetes**

Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada entre 5 minutos)	219
Usuarios que salen (flujo de salida entre un tren y otro)	59
Capacidad torniquetes (pax/m/min)	30
Torniquetes en entrada	2
Torniquetes en salida	2
Torniquete adicional	1
<b>NÚMERO TOTAL DE TORNIQUETES</b>	<b>5</b>

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


**O.4.1. Memoria descriptiva general**

013143

Máquinas expendedoras y ventanilla	
Año dimensionante	2030
Usuarios que entran (flujo de entrada hora pico)	2724
Número de usuarios que necesitan boleto	1036
Número de usuarios que usan la ventanilla	322
Número de usuarios que usan las máquinas expendedoras	715
<b>NÚMERO MÁQUINAS EXPENDEDORAS</b>	<b>3</b>
<b>NÚMERO VENTANILLAS</b>	<b>4</b>

**1.1.5 Cálculos de Evacuación**

Los cálculos se encuentran en el Apéndice 1 del documento O.4.3.

**1.2 ESTACIÓN 21 ÓVALO SANTA ANITA**
**1.2.1 Ubicación**

La ubicación de la estación está en la Av. Carretera Central en su cruce con la Av. La Molina, en las inmediaciones de Óvalo Santa Anita. La contextualización de la estación en el entorno urbano se manifiesta en la ubicación de los accesos en superficie, incluyendo escaleras, elevadores, rejillas de ventilación, etc.

Hay cinco accesos:

- Los accesos públicos son 1 y 2 a cada lado de la Avenida Carretera Central e incluye escaleras mecánicas, escaleras pedestres, y un elevador hasta el nivel de vestíbulo. El acceso 1 está en el lado norte de la Av. Carretera Central, en el tramo de la berna al noreste del cruce antes mencionado, con la elevadora al noroeste del mismo cruce. El Acceso 2 está en la berna ubicada en la esquina sureste de la Carretera Central con la Av. La Molina.
- Cuenta con dos salidas de evacuación, Accesos 3 y 4, que se ubican en la cuadra orientada al lado norte de la Carretera Central entre la calle Rodríguez de Mendoza y la Av. La Molina. Cercano a estas salidas, se sitúan dos rejillas de ventilación.
- El Acceso 5 es el acceso al área técnica, al lado del ducto de paso de materiales, y está en la misma zona que las salidas de evacuación.

**1.2.2 Características específicas**

Nº	ESTACIÓN	TIPOLOGÍA				DIMENSIONES CAJA EXTERIOR				ANCHO ANDEN	
		EF	Propuesta	Constr.	Instal.	Anchura (área ancha)	Anchura (estrecho)	Largo	Profund.	Dim. Mínimo (columna PSD)	Dim. Zona ancha
21	Ovalo Sta. Anita	1c	1.7	C&C	3CA SER	27,80	18,80	156,23	20,90	3,20	4,00

El interior del cajón es de aproximadamente 109,47 x 24,80 metros en la parte ancha y 43,76 x 15,80 metros en la parte estrecha.

**Circulación vertical**


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

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL







### 0.4.1. Memoria descriptiva general

- La parte ancha tiene 3 bloques de circulación vertical a cada andén, y el ancho de cada bloque es de 4.30 m, compuesto de una escalera mecánica y una escalera fija de 2.40 m.
- La escalera de evacuación directa a la calle tiene un ancho de 1.35 m.
- La escalera de evacuación al vestíbulo tiene un ancho de 2.40 m.


#### Nivel Vestíbulo

- Área técnica: Esta estación tiene SER, el cual se ubica en la zona central, próximo a las salas técnicas al fondo del vestíbulo.

#### 1.2.3 Superficies de locales

La superficie útil total del nivel vestíbulo es de 3.363,61 m<sup>2</sup> y del nivel andén, 1.815,07 m<sup>2</sup>.

NIVEL VESTÍBULO	
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	13.59 m <sup>2</sup>
BOLETERÍA + CUARTO DE VALORES	40.61 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	27.71 m <sup>2</sup>
SALA AUXILIAR DE INSTALACIONES	5.46 m <sup>2</sup>
JEFE DE ESTACIÓN	23.22 m <sup>2</sup>
REFECTORIO	23.22 m <sup>2</sup>
TÓPICO PARA PRIMEROS AUXILIOS	9.46 m <sup>2</sup>
ASEO PERSONAL	14.69 m <sup>2</sup>
VIGILANCIA	16.03 m <sup>2</sup>
SALA DE SUPERVISIÓN	15.23 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	27.71 m <sup>2</sup>
ASEO MASCULINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO FEMENINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO ADAPTADO	6.20 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE LIMPIEZA	12.90 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE BASURAS	14.07 m <sup>2</sup>
SALA DE COMUNICACIONES PRINCIPAL	44.77 m <sup>2</sup>
SALA DE SECCIONADORES	21.33 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	24.03 m <sup>2</sup>
SALA BAJA PRINCIPAL	55.93 m <sup>2</sup>
SALA UPS	44.84 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	21.33 m <sup>2</sup>
SALA DE CONTROL DISTRIBUIDO	7.50 m <sup>2</sup>
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	290.12 m <sup>2</sup>

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASARE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





## O.4.1. Memoria descriptiva general

013150

VENTILACIÓN	107.43 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	108.37 m <sup>2</sup>
ÁREA NO PAGO	420.89 m <sup>2</sup>
CONTROL DE ACCESO	4.45 m <sup>2</sup>
ÁREA PAGO	1197.04 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO ACCESO 1	159.29 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO ACCESO 2	179.28 m <sup>2</sup>
ACCESO 5. DUCTO MATERIALES	49.68 m <sup>2</sup>
<b>NIVEL ANDÉN</b>	
VESTUARIOS MASCULINOS	20.25 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS FEMENINOS	20.25 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	14.06 m <sup>2</sup>
PSDb VIGILANCIA Y CONTROL DE ACCESO	13.33 m <sup>2</sup>
VLD 1	8.60 m <sup>2</sup>
TELECONTROL	25.80 m <sup>2</sup>
SEÑALIZACIÓN ENCLAVAMIENTOS	56.33 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN AUXILIAR	11.61 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	11.73 m <sup>2</sup>
SALA DE CONTADORES ELÉCTRICOS	21.33 m <sup>2</sup>
VLD 2	11.82 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO MANTENIMIENTO VÍA	30.96 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO	11.68 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA POTABLE	41.03 m <sup>2</sup>
SALA DE DRENAJE	15.29 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	11.73 m <sup>2</sup>
ANDÉN	665.03 m <sup>2</sup>
ANDÉN	665.03 m <sup>2</sup>

1.2.4 Dimensionamiento Funcional

Nivel de Servicio – Capacidad de Andén	
Usuarios andén 1 (HPM)	290
Área andén (m <sup>2</sup> )	609.17
Zona peatonal promedio (> 0,67 m <sup>2</sup> /pax)	21
NIVEL DE SERVICIO	A



## O.4.1. Memoria descriptiva general

013151

## Nivel de Servicio – Capacidad área no paga


Año dimensionante	2047
Usuarios área no paga (minuto pico)	356
Superficie área no paga (m <sup>2</sup> )	797.11
Capacidad área no paga (> 1 m <sup>2</sup> /pax)	2.2
NIVEL DE SERVICIO	C

## Nivel de Servicio – Escaleras andén-vestíbulo

Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	6
Ancho escalera fija en proyecto (m)	14.4
Usuarios área paga (minuto pico)	355
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	171
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	184
Escaleras mecánicas que suben - andén/vestíbulo (n°)	3
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/andén (n°)	2
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	230
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	345
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
NIVEL DE SERVICIO	A

## Nivel de Servicio – Escaleras vestíbulo-calle

Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	3
Ancho escalera fija en proyecto (m)	5.6
Usuarios área no paga (minuto pico)	355
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	171
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	184
Escaleras mecánicas que suben - calle/vestíbulo (n°)	1
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/calle (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	115

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



### O.4.1. Memoria descriptiva general

013152

Usuarios a través de las escaleras fijas	125
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	22.32
NIVEL DE SERVICIO	B

#### Torniquetes

Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada entre 5 minutos)	600
Usuarios que salen (flujo de salida entre un tren y otro)	368
Capacidad torniquetes (pax/m/min)	30
Torniquetes en entrada	4
Torniquetes en salida	8
Torniquete adicional	1
NÚMERO TOTAL DE TORNIQUETES	13

#### Máquinas expendedoras y ventanilla

Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada hora pico)	7189
Número de usuarios que necesitan boleto	2732
Número de usuarios que usan la ventanilla	847
Número de usuarios que usan las máquinas expendedoras	1886
NÚMERO MÁQUINAS EXPENDEDORAS	8
NÚMERO VENTANILLAS	9

#### 1.2.5 Cálculos de Evacuación

Los cálculos se encuentran en el Apéndice 1 del documento O.4.3.

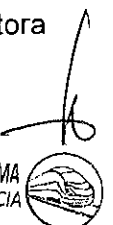
### 1.3 ESTACIÓN 22 COLECTORA INDUSTRIAL

#### 1.3.1 Ubicación

La ubicación de la estación está en la Av. Carretera Central en su cruce con la Av. Colectora Industrial. La contextualización de la estación en el entorno urbano se manifiesta en la ubicación de los accesos en superficie, incluyendo escaleras, elevadores, rejillas de ventilación, etc.

Hay cinco accesos:

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.1. Memoria descriptiva general

- Los accesos públicos son 1 y 2 a cada lado de la Avenida Carretera Central e incluye escaleras mecánicas, escaleras pedestres, y un elevador hasta el nivel de vestíbulo. El acceso 1 está en la berma central de la Av. Colectora Industrial en el lado norte de la Av. Carretera Central. El Acceso 2 está en la esquina este de la Carretera Central con la calle 9 de Septiembre.
- Cuenta con dos salidas de evacuación, 3 y 4. La salida 3 se encuentra en la cuadra del lado norte de la Carretera Central entre la calle Los Rosales y la Av. Colectora Industrial. La salida 4 está situada en la berma orientada al lado sur de la Carretera Central, entre las calles Ramiro Prialé y 9 de septiembre. Cercano a la salida 4, se sitúan dos rejillas de ventilación.
- El Acceso 5 es al área técnica, al lado del ducto de paso de materiales. Se encuentra en la berma orientada al lado sur de la Carretera Central, entre las calles Ramiro Prialé y 9 de septiembre, unos metros más al este de la salida 4.

### 1.3.2 Características específicas

N°	ESTACIÓN	TIPOLOGÍA				DIMENSIONES CAJA EXTERIOR				ANCHO ANDÉN	
		EF	Propuesta	Constr	Instal	Anchura (area ancho)	Anchura (estrecho)	Largo	Profund	Dim. Mínimo (columna PSD)	Dim. Zona ancha
22	Colectora Industrial	1b	1.5	C&C	2CA	27,80	18,80	156,23	18,20	3,20	4,00

El interior del cajón es de aproximadamente 93,76 x 24,80 metros en la parte ancha y 59,47 x 15,80 metros en la parte estrecha.

#### Circulación vertical

- La parte ancha tiene 2 bloques de circulación vertical a cada andén, y el ancho de cada bloque es de 4.30 m, compuesto de una escalera mecánica y una escalera fija de 2.40 m.
- La escalera de evacuación directa a la calle tiene un ancho de 1.35 m.
- La escalera de evacuación al vestíbulo tiene un ancho de 2.40 m.

#### Nivel Vestíbulo

- Área técnica: Esta estación no tiene SER pero requiere espacios técnicos adicionales para SCADA y SIG y están situados al fondo del vestíbulo.

### 1.3.3 Superficies de locales

La superficie útil total del nivel vestíbulo es de 2.756,53 m<sup>2</sup> y del nivel andén, 1.781,57 m<sup>2</sup>.

NIVEL VESTÍBULO	
CONTROL DE SEGURIDAD	14.57 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	14.57 m <sup>2</sup>
VIGILANCIA	14.64 m <sup>2</sup>
SALA DE SUPERVISIÓN	22.42 m <sup>2</sup>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASAÑE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





## O.4.1. Memoria descriptiva general

013151

CONCESIONARIA	24.48 m <sup>2</sup>
ASEO MASCULINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO FEMENINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO ADAPTADO	6.20 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE LIMPIEZA	15.31 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE BASURAS	15.82 m <sup>2</sup>
BOLETERÍA + CUARTO DE VALORES	40.61 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	24.48 m <sup>2</sup>
SALA AUXILIAR INSTALACIONES	7.48 m <sup>2</sup>
JEFE DE ESTACIÓN	21.50 m <sup>2</sup>
TÓPICO DE PRIMEROS AUXILIOS	8.60 m <sup>2</sup>
REFECTORIO	23.98 m <sup>2</sup>
ASEO PERSONAL	20.67 m <sup>2</sup>
SALA UPS	53.76 m <sup>2</sup>
SALA COMUNICACIÓN PRINCIPAL	48.00 m <sup>2</sup>
SALA SECCIONADORES	24.49 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN	63.00 m <sup>2</sup>
SALA BAJA PRINCIPAL	96.50 m <sup>2</sup>
SIG	48.80 m <sup>2</sup>
SCADA	40.26 m <sup>2</sup>
TCZ	99.80 m <sup>2</sup>
PCO-N L2 + SALA MANTENIMIENTO	199.98 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	130.15 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	129.05 m <sup>2</sup>
ÁREA NO PAGO	380.49 m <sup>2</sup>
CONTROL ACCESO	4.45 m <sup>2</sup>
ÁREA PAGO	844.93 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 1	58.05 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 2	154.96 m <sup>2</sup>
ACCESO 5. DUCTO MATERIALES	40.87 m <sup>2</sup>
<b>NIVEL ANDÉN</b>	
SALA DE CONTADORES ELÉCTRICOS	21.33 m <sup>2</sup>
VLD 2	11.82 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO MANTENIMIENTO VÍA	29.86 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO	12.73 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL




**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013155


CUARTO DE BOMBAS	41.03 m <sup>2</sup>
SALA DE DRENAJE	15.29 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.04 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS MASCULINOS	20.25 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS FEMENINOS	20.25 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	13.91 m <sup>2</sup>
PSDb VIGILANCIA Y CONTROL DE ACCESO	13.33 m <sup>2</sup>
VLD 1	8.60 m <sup>2</sup>
TELECONTROL	25.80 m <sup>2</sup>
SEÑALIZACIÓN ENCLAVAMIENTOS	56.33 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSION AUXILIAR	11.61 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.04 m <sup>2</sup>
ANDÉN	629.34 m <sup>2</sup>
ANDÉN	629.34 m <sup>2</sup>

**1.3.4 Dimensionamiento funcional**

Nivel de Servicio – Capacidad de Andén	
Usuarios andén 1 (HPM)	95
Área andén (m <sup>2</sup> )	531.38
Zona peatonal promedio (> 0,67 m <sup>2</sup> /pax)	5.59
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Capacidad área no paga	
Año dimensionante	2047
Usuarios área no paga (minuto pico)	103
Superficie área no paga (m <sup>2</sup> )	518.06
Capacidad área no paga (> 1 m <sup>2</sup> /pax)	5.2
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Escaleras andén-vestíbulo	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	4
Ancho escalera fija en proyecto (m)	9.6
Usuarios área paga (minuto pico)	104
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	72
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	32
Escaleras mecánicas que suben - andén/vestíbulo (n°)	2

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL


**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013156

Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/andén (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	230
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>
<b>Nivel de Servicio – Escaleras vestíbulo-calle</b>	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	3
Ancho escalera fija en proyecto (m)	4.8
Usuarios área no paga (minuto pico)	104
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	72
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	32
Escaleras mecánicas que suben - calle/vestíbulo (n°)	1
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/calle (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>
<b>Torniquetes</b>	
Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada entre 5 minutos)	239
Usuarios que salen (flujo de salida entre un tren y otro)	63
Capacidad torniquetes (pax/m/min)	30
Torniquetes en entrada	2
Torniquetes en salida	2
Torniquete adicional	1
<b>NÚMERO TOTAL DE TORNIQUETES</b>	<b>5</b>

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL







### O.4.1. Memoria descriptiva general

Máquinas expendedoras y ventanilla		
Año dimensionante	2047	013157
Usuarios que entran (flujo de entrada hora pico)	2857	
Número de usuarios que necesitan boleto	1086	
Número de usuarios que usan la ventanilla	337	
Número de usuarios que usan las máquinas expendedoras	750	
<b>NÚMERO MÁQUINAS EXPENDEADORAS</b>	<b>3</b>	
<b>NÚMERO VENTANILLAS</b>	<b>4</b>	

#### 1.3.5 Cálculos de Evacuación

Los cálculos se encuentran en el Apéndice 1 del documento O.4.3.

### 1.4 ESTACIÓN 23 LA CULTURA

#### 1.4.1 Ubicación

La ubicación de la estación está en la Av. Carretera Central en su cruce con la Av. La Cultura. La contextualización de la estación en el entorno urbano se manifiesta en la ubicación de los accesos en superficie, incluyendo escaleras, elevadores, rejillas de ventilación, etc.

Hay cinco accesos:

- Los accesos públicos son 1 y 2 a cada lado de la Avenida Carretera Central e incluye escaleras mecánicas, escaleras pedestres, y un elevador hasta el nivel de vestíbulo. El acceso 1 se ubica en la cuadra orientada al norte de la Carretera Central entre la calle Huarochiri y la Av. La Cultura. El Acceso 2 está en la cuadra orientada al sur de la Carretera Central en el mismo tramo que el anterior.
- Cuenta con dos salidas de evacuación, 3 y 4 situadas a cada lado de la Carretera Central, en el extremo opuesto de los accesos 1 y 2. Cercano a cada salida de evacuación se sitúa una rejilla de ventilación.
- El Acceso 5 es al área técnica, al lado del ducto de paso de materiales. Se encuentra al lado sur de la Carretera Central, unos metros más al suroeste de la salida 4.

#### 1.4.2 Características específicas

Nº	ESTACIÓN	TIPOLOGÍA				DIMENSIONES CAJA EXTERIOR				ANCHO ANDÉN	
		EF	Propuesta	Constr.	Instal.	Anchura (área ancha)	Anchura (estrecho)	Largo	Profund.	Dim. Mínimo (columna PSD)	Dim. Zona ancha
23	La Cultura	1b	1.5	C&C	2CA	27,80	18,80	156,23	18,10	3,20	4,00

El interior del cajón es de aproximadamente 93,76 x 24,80 metros en la parte ancha y 59,47 x 15,80 metros en la parte estrecha.

#### Circulación vertical

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASARE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.1. Memoria descriptiva general

- La parte ancha tiene 2 bloques de circulación vertical a cada andén, y el ancho de cada bloque es de 4.30 m, compuesto de una escalera mecánica y una escalera de 2.40 m
- La escalera de evacuación directa a la calle tiene un ancho de 1.35 m.
- La escalera de evacuación al vestíbulo tiene un ancho de 2.4 m.


#### Nivel Vestíbulo

- Área técnica: Esta estación tiene SER, el cual se ubica en la zona central, próximo a las salas técnicas al fondo del vestíbulo.

#### 1.4.3 Superficies de locales

La superficie útil total del nivel vestíbulo es de 3.179,83 m<sup>2</sup> y del nivel andén, 1.726,36 m<sup>2</sup>.

NIVEL VESTÍBULO	
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	14.57 m <sup>2</sup>
CONTROL DE SEGURIDAD	14.57 m <sup>2</sup>
VIGILANCIA	13.78 m <sup>2</sup>
SALA DE SUPERVISIÓN	21.31 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	24.47 m <sup>2</sup>
ASEO MASCULINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO FEMENINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO ADAPTADO	6.20 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE LIMPIEZA	15.31 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE BASURAS	15.82 m <sup>2</sup>
BOLETERÍA + CUARTO DE VALORES	40.61 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	24.47 m <sup>2</sup>
SALA AUXILIAR INSTALACIONES	7.11 m <sup>2</sup>
JEFE DE ESTACIÓN	21.50 m <sup>2</sup>
TÓPICO DE PRIMEROS AUXILIOS	8.60 m <sup>2</sup>
REFECTORIO	23.98 m <sup>2</sup>
ASEO PERSONAL	20.67 m <sup>2</sup>
SALA SECCIONADORES	24.44 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN	63.45 m <sup>2</sup>
SALA COMUNICACIÓN PRINCIPAL	48.96 m <sup>2</sup>
SALA UPS	64.80 m <sup>2</sup>
SALA BAJA PRINCIPAL	110.67 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	124.63 m <sup>2</sup>

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL




**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013153

VENTILACIÓN	125.69 m <sup>2</sup>
ÁREA NO PAGO	383.13 m <sup>2</sup>
CONTROL ACCESO	4.45 m <sup>2</sup>
ÁREA PAGO	909.64 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 1	130.93 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 2	59.53 m <sup>2</sup>
ACCESO 5. DUCTO MATERIALES	54.39 m <sup>2</sup>
<b>NIVEL ANDÉN</b>	
VLD 2	11.82 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO MANTENIMIENTO VÍA	29.86 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO	12.78 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	24.15 m <sup>2</sup>
CUARTO DE BOMBAS	41.03 m <sup>2</sup>
SALA DE DRENAJE	15.29 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.04 m <sup>2</sup>
SALA DE CONTADORES ELÉCTRICOS	21.33 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS MASCULINOS	20.25 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS FEMENINOS	20.25 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	13.96 m <sup>2</sup>
PSDb VIGILANCIA Y CONTROL DE ACCESO	13.33 m <sup>2</sup>
VLD 1	8.60 m <sup>2</sup>
TELECONTROL	25.80 m <sup>2</sup>
SEÑALIZACIÓN ENCLAVAMIENTOS	56.33 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN AUXILIAR	11.61 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.04 m <sup>2</sup>
ANDÉN	636.43 m <sup>2</sup>
ANDÉN	636.43 m <sup>2</sup>

**1.4.4 Dimensionamiento funcional**

Nivel de Servicio – Capacidad de Andén	
Usuarios andén 1 (HPM)	101.1
Área andén (m <sup>2</sup> )	538.48
Zona peatonal promedio (> 0,67 m <sup>2</sup> /pax)	5.32
NIVEL DE SERVICIO	A

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL


**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013160

Nivel de Servicio – Capacidad área no paga	
Año dimensionante	2047
Usuarios área no paga (minuto pico)	136
Superficie área no paga (m <sup>2</sup> )	523.40
Capacidad área no paga (> 1 m <sup>2</sup> /pax)	3.8
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>

Nivel de Servicio – Escaleras andén-vestíbulo	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	4
Ancho escalera fija en proyecto (m)	9.6
Usuarios área paga (minuto pico)	137
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	71
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	66
Escaleras mecánicas que suben - andén/vestíbulo (n°)	2
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/andén (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	230
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>

Nivel de Servicio – Escaleras vestíbulo-calle	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	3
Ancho escalera fija en proyecto (m)	5.6
Usuarios área no paga (minuto pico)	137
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	71
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	66
Escaleras mecánicas que suben - calle/vestíbulo (n°)	1
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/calle (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	115

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.1. Memoria descriptiva general

Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>

013161

Torniquetes	
Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada entre 5 minutos)	235
Usuarios que salen (flujo de salida entre un tren y otro)	132
Capacidad torniquetes (pax/m/min)	30
Torniquetes en entrada	2
Torniquetes en salida	3
Torniquete adicional	1
<b>NÚMERO TOTAL DE TORNIQUETES</b>	<b>6</b>

Máquinas expendedoras y ventanilla	
Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada hora pico)	2814
Número de usuarios que necesitan boleto	1070
Número de usuarios que usan la ventanilla	332
Número de usuarios que usan las máquinas expendedoras	739
<b>NÚMERO MÁQUINAS EXPENDEADORAS</b>	<b>3</b>
<b>NÚMERO VENTANILLAS</b>	<b>4</b>

#### 1.4.5 Cálculos de Evacuación

Los cálculos se encuentran en el Apéndice 1 del documento O.4.3.

### 1.5 ESTACIÓN 24 MERCADO SANTA ANITA

#### 1.5.1 Ubicación

La ubicación de la estación está en la Av. Carretera Central en su cruce con la Av. Separadora Industrial en las proximidades del Mercado Santa Anita. La contextualización de la estación en el entorno urbano se manifiesta en la ubicación de los accesos en superficie, incluyendo escaleras, elevadores, rejillas de ventilación, etc.

Hay cinco accesos:

- Los accesos públicos son 1 y 2 a cada lado de la Avenida Carretera Central e incluye escaleras mecánicas, escaleras pedestres, y un elevador hasta el nivel de vestíbulo.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.1. Memoria descriptiva general

El acceso 1 se ubica en la cuadra orientada al norte de la Carretera Central, próxima a su cruce con la calle 22 de Junio. El Acceso 2 se sitúa en la berma que se forma en la intersección del cruce de las avenidas Carretera Central y Separadora.

- Cuenta con dos salidas de evacuación, 3 y 4 situadas al lado norte de la Carretera Central, en la cuadra al noroeste de la Av. Separadora Industrial. Entre las salidas de evacuación se sitúan dos rejillas de ventilación.
- El Acceso 5 es al área técnica, al lado del ducto de paso de materiales. Se encuentra al lado norte de la Carretera Central, unos metros más al noreste de la salida 4.

En esta etapa, como la estación sirve de terminal, se ha habilitado un área temporal de ventilación para el túnel y una rejilla de ventilación adicional.

### 1.5.2 Características específicas

N°	ESTACIÓN	TIPOLOGÍA				DIMENSIONES CAJA				ANCHO ANDÉN	
		EF	Propuesta	Constr	Instal	Anchura (área ancha)	Anchura (estrecho)	Largo	Profund	Dim. Mínimo (columna PSD)	Dim. Zona ancha
24	Mercado Sta. Anita	1a	1.2 SER	C&C	2CA SER	26,60	18,80	156,23	19,00	3,20	4,00

Tiene una geometría del interior del cajón de aproximadamente 93,06 x 23,60 metros en la parte ancha y 59,53 x 15,80 metros en la parte estrecha.

#### Circulación vertical

- La parte ancha tiene 2 bloques de circulación vertical a cada andén, y el ancho de cada bloque es de 3,70 m, compuesto de una escalera mecánica y una escalera fija de 1.80 m.
- La escalera de evacuación directa a la calle tiene un ancho de 1.35 m.
- La escalera de evacuación al vestíbulo tiene un ancho de 2.40 m.

#### Nivel Vestíbulo

- Área técnica: Esta estación tiene SER, el cual se ubica en la zona central al fondo del vestíbulo.

Esta estación es terminal en Etapa 1A y según el esquema operacional, está en funcionamiento solo un andén.

### 1.5.3 Superficies de locales

La superficie útil total del nivel vestíbulo es de 3.068,62 m<sup>2</sup> y del nivel andén, 1.704,93 m<sup>2</sup>.

#### NIVEL VESTÍBULO

CONTROL DE SEGURIDAD

13.25 m<sup>2</sup>

SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA

13.25 m<sup>2</sup>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





## O.4.1. Memoria descriptiva general

013163

VIGILANCIA	11.97 m <sup>2</sup>
SALA DE SUPERVISIÓN	18.67 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	24.47 m <sup>2</sup>
ASEO MASCULINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO FEMENINO	16.72 m <sup>2</sup>
ASEO ADAPTADO	6.20 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE LIMPIEZA	13.17 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE BASURAS	13.15 m <sup>2</sup>
BOLETERÍA + CUARTO DE VALORES	48.38 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	24.47 m <sup>2</sup>
SALA AUXILIAR INSTALACIONES	6.64 m <sup>2</sup>
JEFE DE ESTACIÓN	22.50 m <sup>2</sup>
TÓPICO DE PRIMEROS AUXILIOS	9.00 m <sup>2</sup>
REFECTORIO	20.63 m <sup>2</sup>
ASEO PERSONAL	17.32 m <sup>2</sup>
CONCESIONARIA	28.36 m <sup>2</sup>
SALA UPS	52.92 m <sup>2</sup>
SALA COMUNICACIONES PRINCIPAL	60.06 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	27.00 m <sup>2</sup>
SALA DE CONTROL DISTRIBUIDO	7.50 m <sup>2</sup>
SALA DE BAJA PRINCIPAL	48.30 m <sup>2</sup>
SALA DE SECCIONADORES	25.20 m <sup>2</sup>
SALA VENTILACIÓN SUBESTACIÓN	24.30 m <sup>2</sup>
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	308.39 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	124.63 m <sup>2</sup>
VENTILACIÓN	125.69 m <sup>2</sup>
ÁREA NO PAGO	364.17 m <sup>2</sup>
CONTROL ACCESO	4.45 m <sup>2</sup>
ÁREA PAGO	874.05 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 1	153.69 m <sup>2</sup>
VESTÍBULO. ACCESO 2	85.30 m <sup>2</sup>
ACCESO 5. DUCTO MATERIALES	49.46 m <sup>2</sup>
<b>NIVEL ANDÉN</b>	
SALA DE CONTADORES ELÉCTRICOS	18.35 m <sup>2</sup>
VLD 2	10.17 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO MANTENIMIENTO VÍA	26.64 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO	9.86 m <sup>2</sup>

 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL



**0.4.1. Memoria descriptiva general**

013164


CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	20.01 m <sup>2</sup>
CISTERNA DE AGUA DE EMERGENCIA	20.01 m <sup>2</sup>
CUARTO DE BOMBAS	35.31 m <sup>2</sup>
SALA DE DRENAJE	13.16 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.01 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS MASCULINOS	17.42 m <sup>2</sup>
VESTUARIOS FEMENINOS	17.42 m <sup>2</sup>
SALA DE TELECOMUNICACIONES SECUNDARIA	11.83 m <sup>2</sup>
PSDb VIGILANCIA Y CONTROL DE ACCESO	11.47 m <sup>2</sup>
VLD 1	7.40 m <sup>2</sup>
TELECONTROL	22.20 m <sup>2</sup>
SEÑALIZACIÓN ENCLAVAMIENTOS	48.47 m <sup>2</sup>
SALA BAJA TENSIÓN AUXILIAR	9.99 m <sup>2</sup>
SALA CONS. AUXILIAR	10.01 m <sup>2</sup>
ANDÉN	620.25 m <sup>2</sup>
ANDÉN	620.25 m <sup>2</sup>

**1.5.4 Dimensionamiento Funcional**

Nivel de Servicio – Capacidad de Andén	
Usuarios andén 1 (HPM)	74.7
Área andén (m <sup>2</sup> )	523.37
Zona peatonal promedio (> 0,67 m <sup>2</sup> /pax)	7
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Capacidad área no paga	
Año dimensionante	2047
Usuarios área no paga (minuto pico)	78
Superficie área no paga (m <sup>2</sup> )	551.38
Capacidad área no paga (> 1 m <sup>2</sup> /pax)	7
NIVEL DE SERVICIO	A

Nivel de Servicio – Escaleras andén-vestíbulo	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	4
Ancho escalera fija en proyecto (m)	7,20
Usuarios área paga (minuto pico)	79

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL




**0.4.1. Memoria descriptiva general**

Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	22
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	57
Escaleras mecánicas que suben - andén/vestíbulo (n°)	2
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/andén (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	230
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>
<b>Nivel de Servicio – Escaleras vestíbulo-calle</b>	
Año dimensionante	2047
Número escaleras mecánicas en proyecto	3
Ancho escalera fija en proyecto (m)	4.8
Usuarios área no paga (minuto pico)	79
Usuarios que ingresan a la estación - Que suben al tren - (min pico)	22
Usuarios que salen de la estación - Que bajan del tren - (min pico)	57
Escaleras mecánicas que suben - calle/vestíbulo (n°)	1
Escaleras mecánicas que bajan - vestíbulo/calle (n°)	1
*en el cálculo una escalera mecánica se considera fuera de servicio	
Usuarios que ingresan a la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios que salen de la estación a través de las esc.mec.	115
Usuarios a través de las escaleras fijas	0
Ancho mínimo escaleras fijas – calculado (m)	-
Ancho mínimo escaleras fijas 1,80 m (módulos de 60 cm)	-
Capacidad de la escalera fija (pax/m/min)	0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>A</b>
<b>Torniquetes</b>	
Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada entre 5 minutos)	72
Usuarios que salen (flujo de salida entre un tren y otro)	113
Capacidad torniquetes (pax/m/min)	30
Torniquetes en entrada	1
Torniquetes en salida	3

013165



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

**O.4.1. Memoria descriptiva general**

Torniquete adicional	1
<b>NÚMERO TOTAL DE TORNIQUETES</b>	<b>5</b>

013166

**Máquinas expendedoras y ventanilla**

Año dimensionante	2047
Usuarios que entran (flujo de entrada hora pico)	895
Número de usuarios que necesitan boleto	341
Número de usuarios que usan la ventanilla	106
Número de usuarios que usan las máquinas expendedoras	236
<b>NÚMERO MÁQUINAS EXPENDEADORAS</b>	<b>1</b>
<b>NÚMERO VENTANILLAS</b>	<b>2</b>

**1.5.5 Cálculos de Evacuación**

Los cálculos se encuentran en el Apéndice 1 del documento O.4.3.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





013167

O.4.1.  Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA  TIPO DE DOCUMENTO
----------------------------	---

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

## O.4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL DE LAS ESTACIONES

### APÉNDICE 1.PLANOS

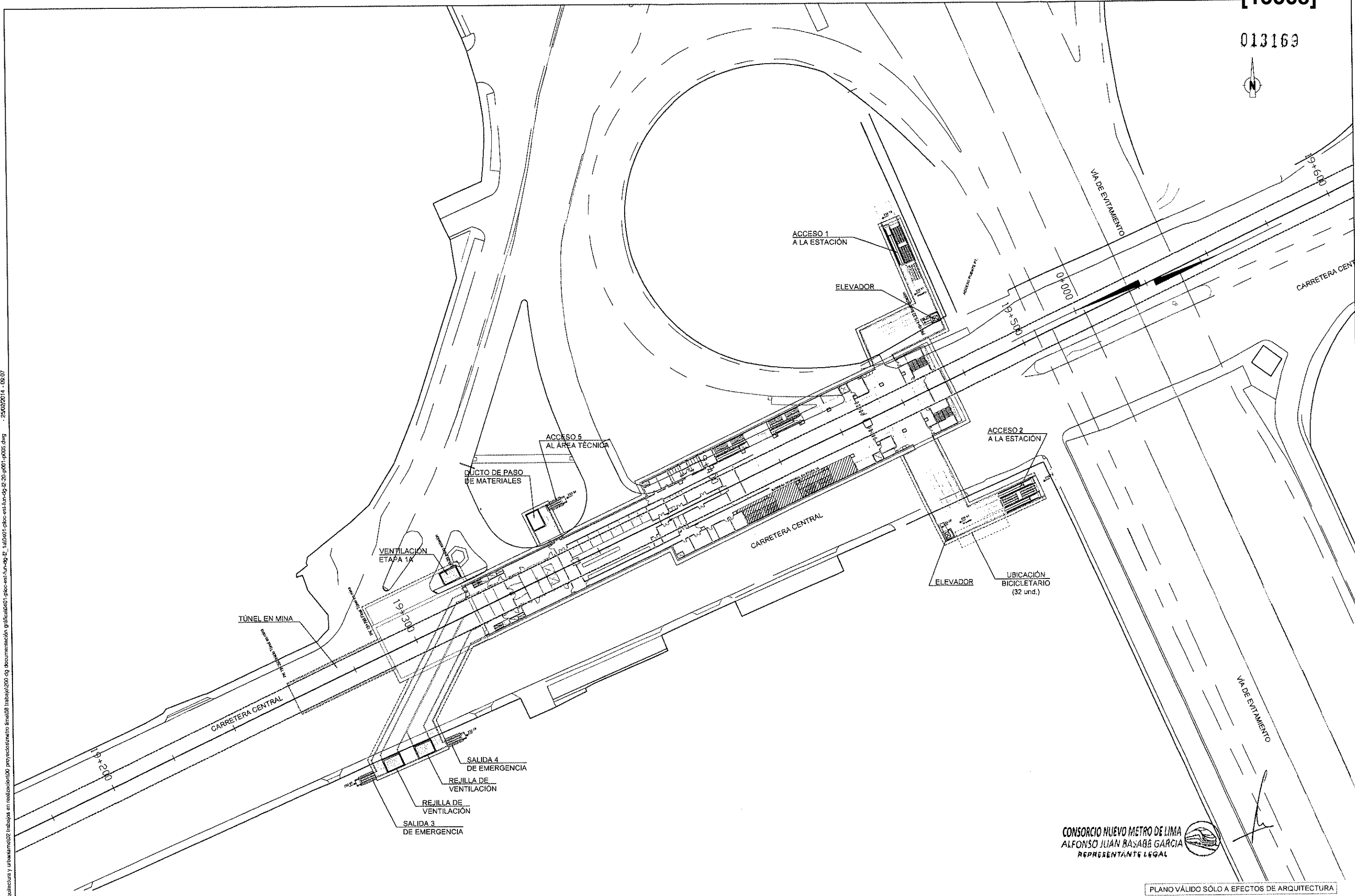
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





CODIGO	ÍNDICE DE PLANOS	ESCALA A1	Nº PLANOS
PLOC-EST-FUN-DG-L2-20	Definición geométrica. Estaciones L2. Estación 20- Evitamiento	1/250 - 1/200	5
PLOC-EST-FUN-DG-L2-21	Definición geométrica. Estaciones L2. Estación 21- Ovalo Santa Anita	1/250 - 1/200	5
PLOC-EST-FUN-DG-L2-22	Definición geométrica. Estaciones L2. Estación 22- Colectora Industrial	1/250 - 1/200	5
PLOC-EST-FUN-DG-L2-23	Definición geométrica. Estaciones L2. Estación 23- La Cultura	1/250 - 1/200	5
PLOC-EST-FUN-DG-L2-24	Definición geométrica. Estaciones L2. Estación 24- Mercado Santa Anita	1/250 - 1/200	5

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL 



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

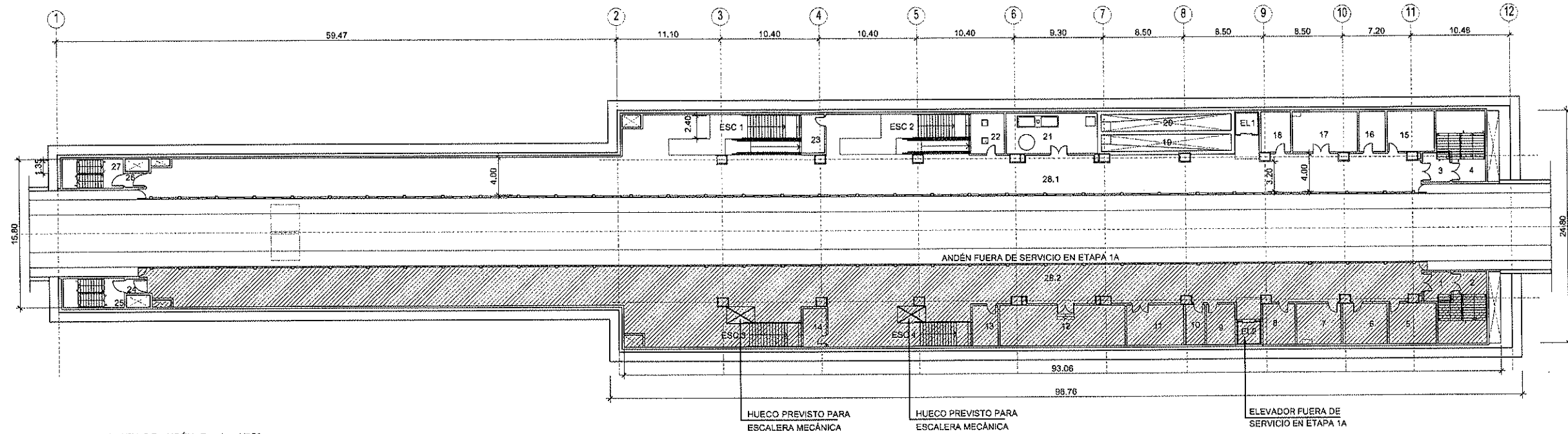


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/500
ESCALA (A2)	1/1000
FECHA	FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN EVITAMIENTO PLANTA DE IMPLANTACIÓN	
PLANO N°	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20
HUJA	01 de 05
REVISIÓN	0

\\labavncv\alcala\25 arquitectura y urbanismo\02 trabajos en realizacion\00 proy\construccion\limal\08 trabajo\200.dg documentación gráfica\0401-ploc-est-fun-dg-l2-20-p001-p005.dwg - 25/02/2014 - 09:07



PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia. Vestibulo previo	8.94 m²
02	Escalera emergencia	34.19 m²
03	Escalera emergencia. Vestibulo previo	8.94 m²
04	Escalera emergencia	34.19 m²
05	Disponible	21.33 m²
06	Vestuarios	20.25 m²
07	Vestuarios	20.25 m²
08	Sala de telecomunicaciones secundaria	14.96 m²
09	PSDb Vigilancia y control de acceso	13.33 m²
10	VLD 1	8.80 m²
11	Telecontrol	25.80 m²
12	Señalización Enclavamientos	56.33 m²
13	Sala BT Aux	11.61 m²
14	Sala Cons. Aux.	10.05 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
15	Sala de Contadores Eléctricos	21.33 m²
16	VLD 2	11.82 m²
17	Depósito para herramientas, equipos de mantenimiento de la vía y catenaria	29.86 m²
18	Depósito	13.78 m²
19	Cisterna de agua de emergencia	24.15 m²
20	Cisterna de agua de emergencia	24.15 m²
21	Cuarto de bombas	41.03 m²
22	Sala de drenaje	15.29 m²
23	Sala Cons. Aux.	10.04 m²
24	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²
25	Escalera emergencia	20.06 m²
26	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
27	Escalera emergencia.	20.06 m²
28.1	Andén	628.53 m²
28.2	Andén	628.53 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

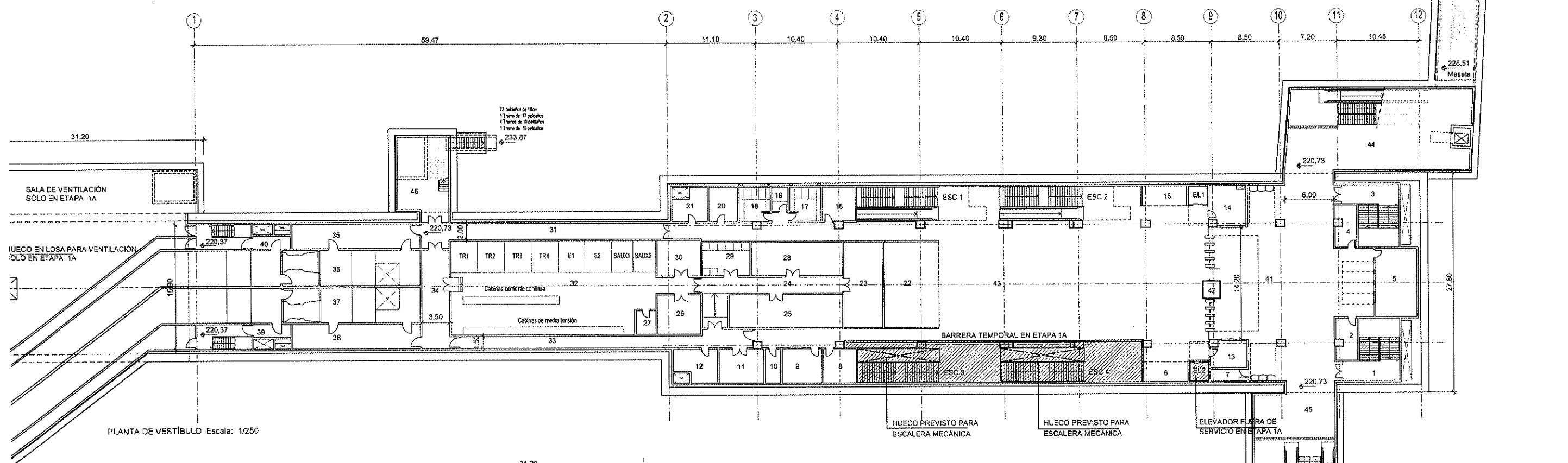


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

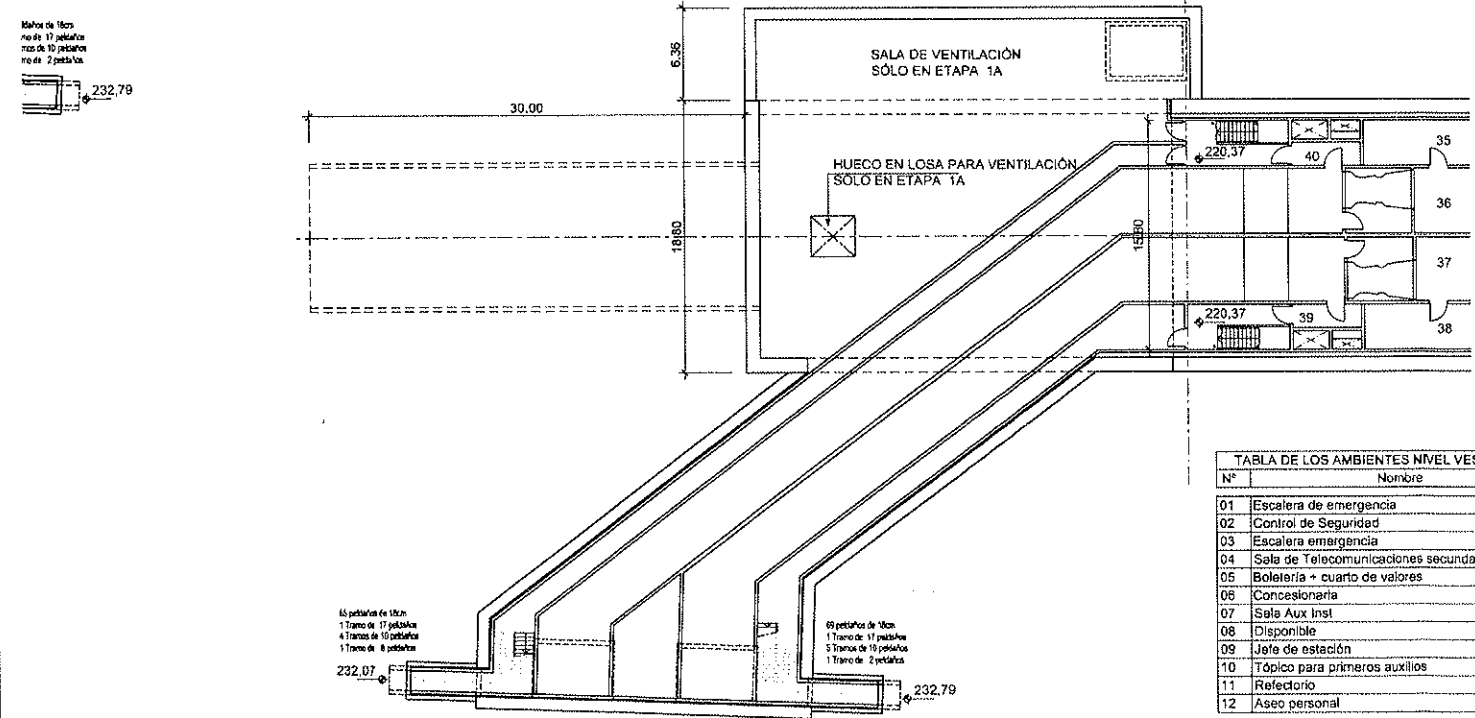
ESCALA (A1) 1/250  
ESCALA (A3) 1/500  
FECHA FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN EVITAMIENTO  
PLANTA DE ANDÉN  
PLANO Nº 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20  
NOVA 02 de 05  
REVISIÓN 0

013171



PLANTA DE VESTÍBULO Escala: 1/250



PLANTA DE VESTÍBULO - CONTINUACIÓN Escala: 1/250

**TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTÍBULO**

Nº	Nombre	Área
01	Escalera de emergencia	45.98 m²
02	Control de Seguridad	13.57 m²
03	Escalera emergencia	45.98 m²
04	Sala de Telecomunicaciones secundaria	13.57 m²
05	Boletería + cuarto de valores	45.45 m²
06	Concesionaria	14.00 m²
07	Sala Aux Inst	6.78 m²
08	Disponible	17.78 m²
09	Jefe de estación	21.50 m²
10	Tópico para primeros auxilios	8.60 m²
11	Refectorio	23.98 m²
12	Aseo personal	20.67 m²

**TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTÍBULO**

Nº	Nombre	Área
13	Vigilancia	14.71 m²
14	Sala de supervisión	22.40 m²
15	Concesionaria	14.00 m²
16	Disponible	17.78 m²
17	S.H. Masculino	16.72 m²
18	S.H. Femenino	16.72 m²
19	S.H. Adaptado	5.20 m²
20	Depósito de limpieza	15.31 m²
21	Depósito de basura	15.82 m²
22	Concesionaria	75.18 m²
23	Sala de baterías UPS	52.92 m²
24	Pasillo	49.48 m²

**TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTÍBULO**

Nº	Nombre	Área
25	Sala Baja Ppal	60.06 m²
26	Sala Ventilación Subestación	27.00 m²
27	Sala Centro de control distribuido	7.50 m²
28	Sala comunicaciones ppal	48.30 m²
29	Sala de seccionadoras	25.20 m²
30	Sala Ventilación subestación	24.30 m²
31	Pasillo	66.57 m²
32	Subestación Eléctrica	308.39 m²
33	Pasillo	60.00 m²
34	Pasillo	45.54 m²
35	Pasillo	50.47 m²
36	Ventilación	125.69 m²

**TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTÍBULO**

Nº	Nombre	Área
37	Ventilación	124.63 m²
38	Pasillo	50.44 m²
39	Escalera de emergencia	29.58 m²
40	Escalera de emergencia	29.58 m²
41	Área no paga	377.82 m²
42	Control acceso	4.45 m²
43	Área paga	629.12 m²
44	Vestíbulo Acceso 1.	158.44 m²
45	Vestíbulo Acceso 2.	152.33 m²
46	Acceso 5. Ducto materiales	46.68 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

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

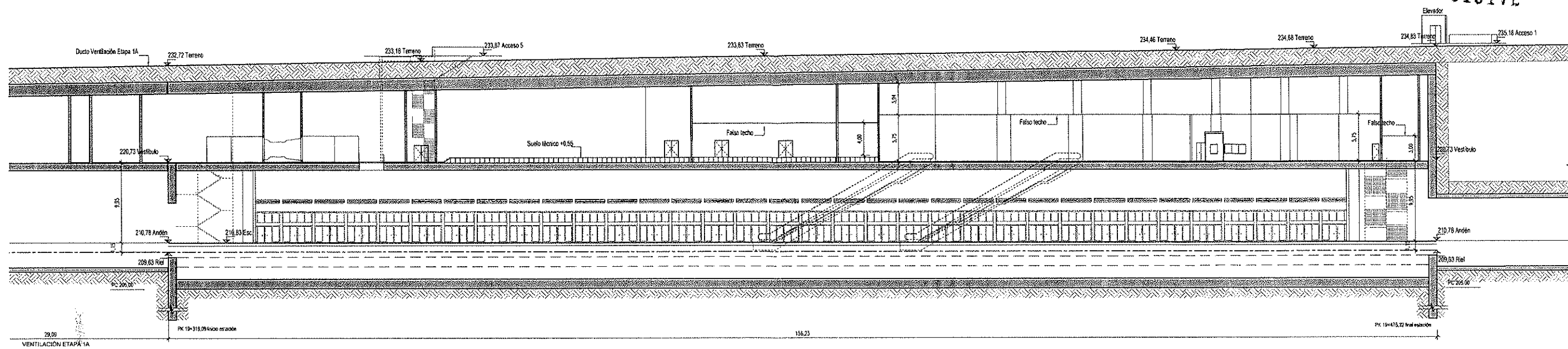
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**

CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **pit**

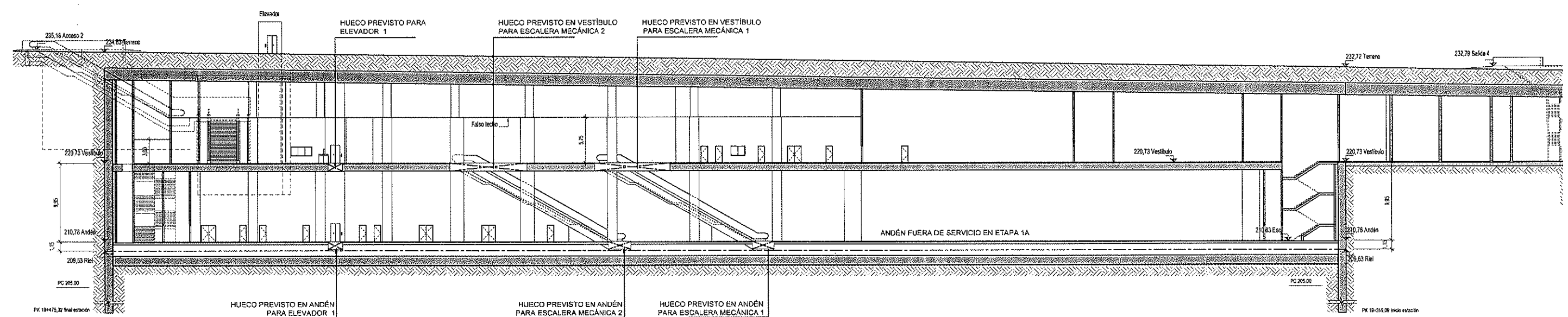
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A) 1/250  
ESCALA (B) 1/500  
FECHA: FEBRERO 2014

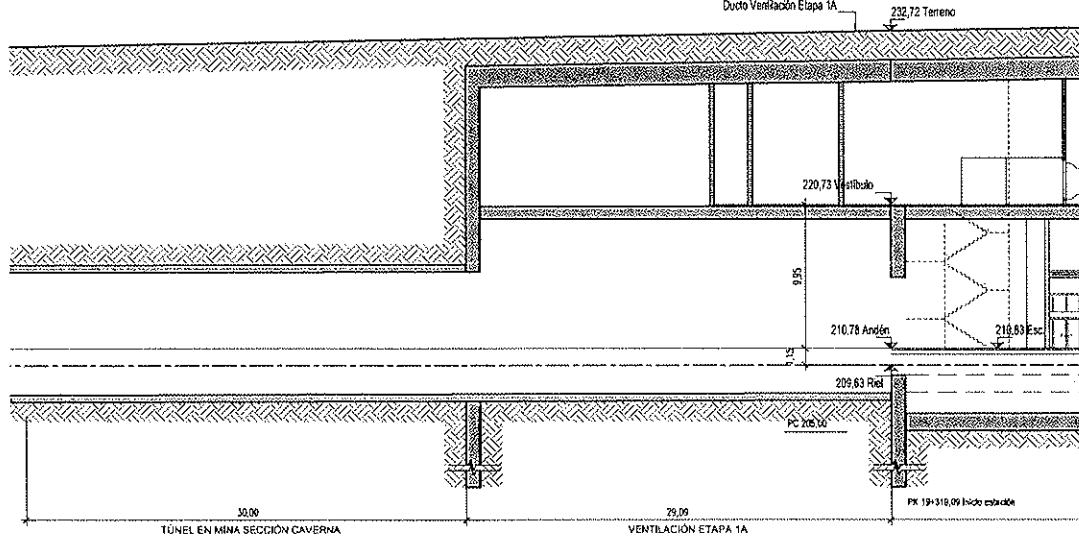
LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN EVITAMIENTO  
PLANTA DE VESTÍBULO  
PLANO Nº: 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20  
REVISIÓN: 03 de 05 0



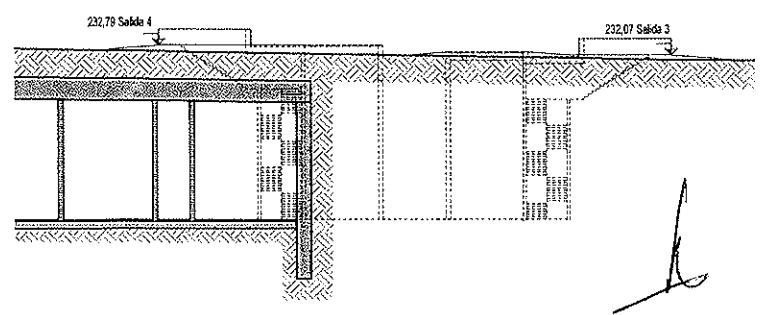
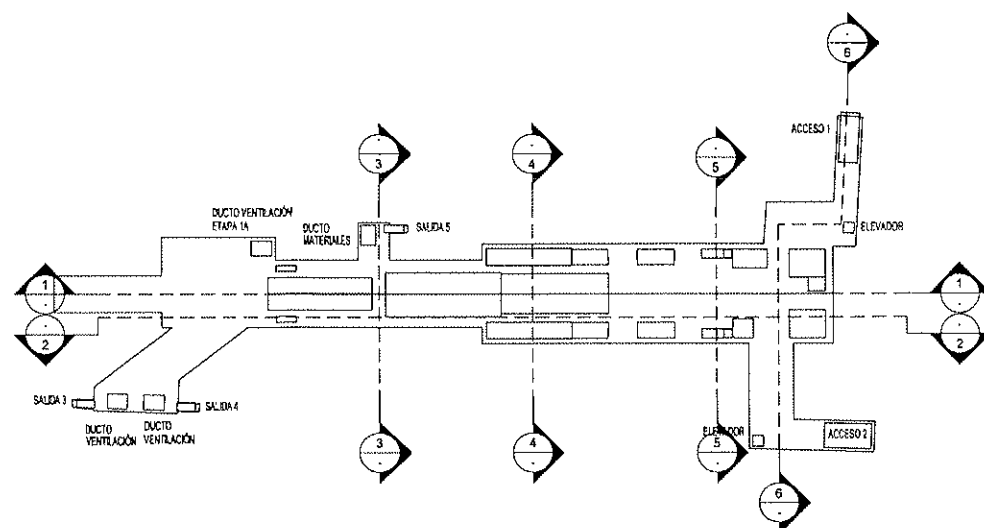
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

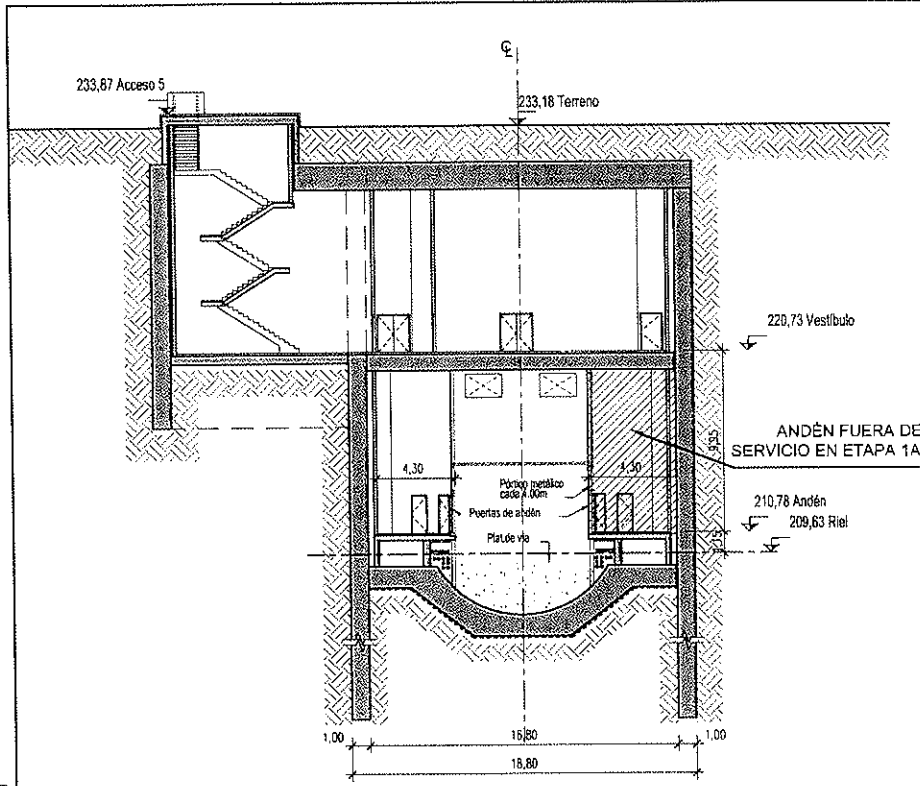


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

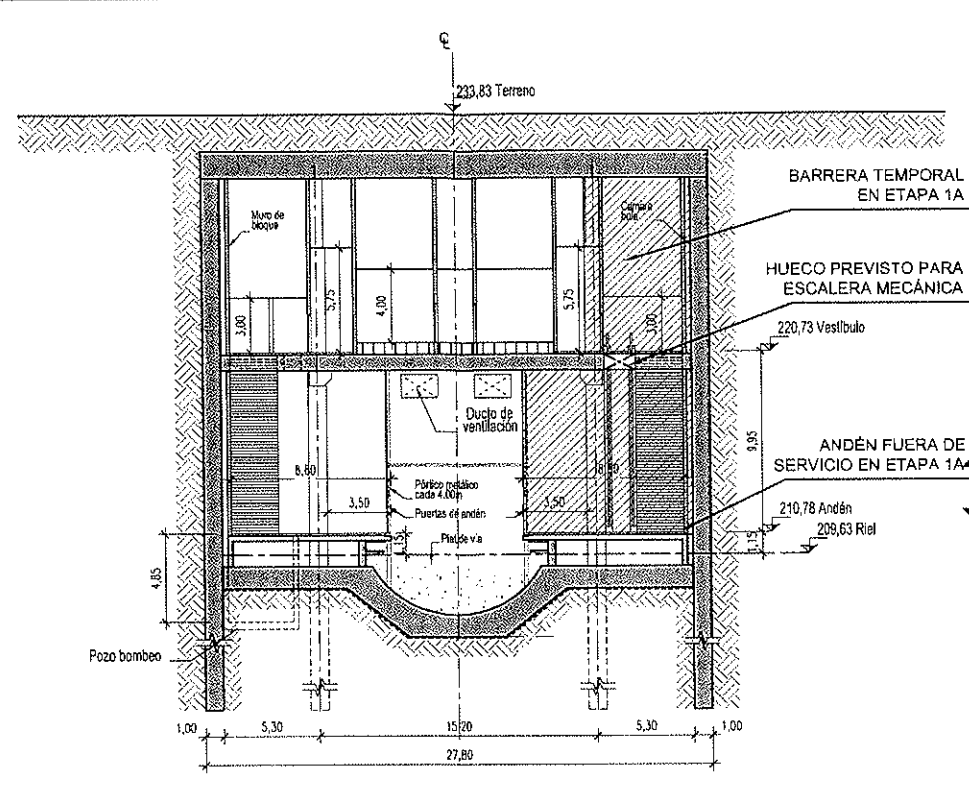
ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A3)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN EVITAMIENTO SECCIONES LONGITUDINALES	
PLANO N°	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20
FECHA	04 de 05
REVISIÓN	0

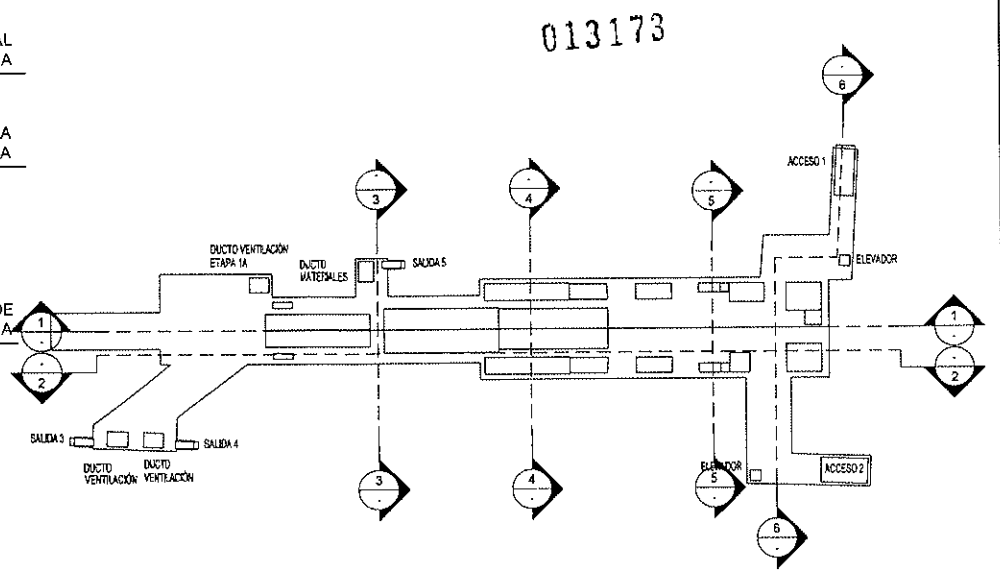




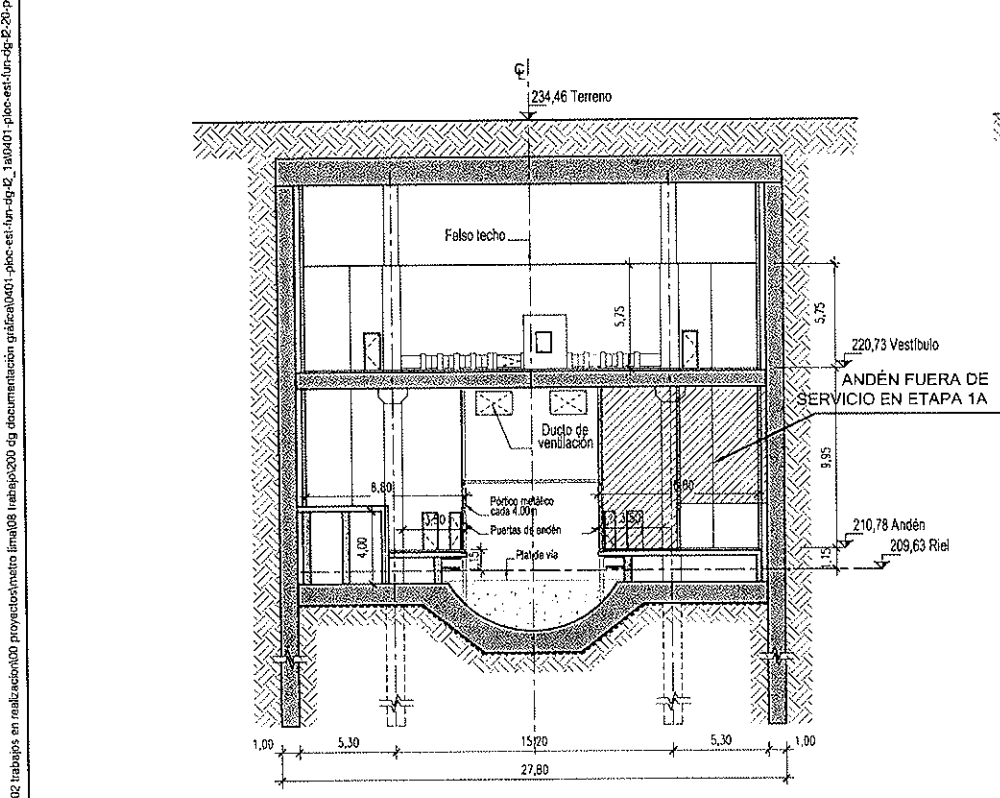
SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3  
Escala: 1/200



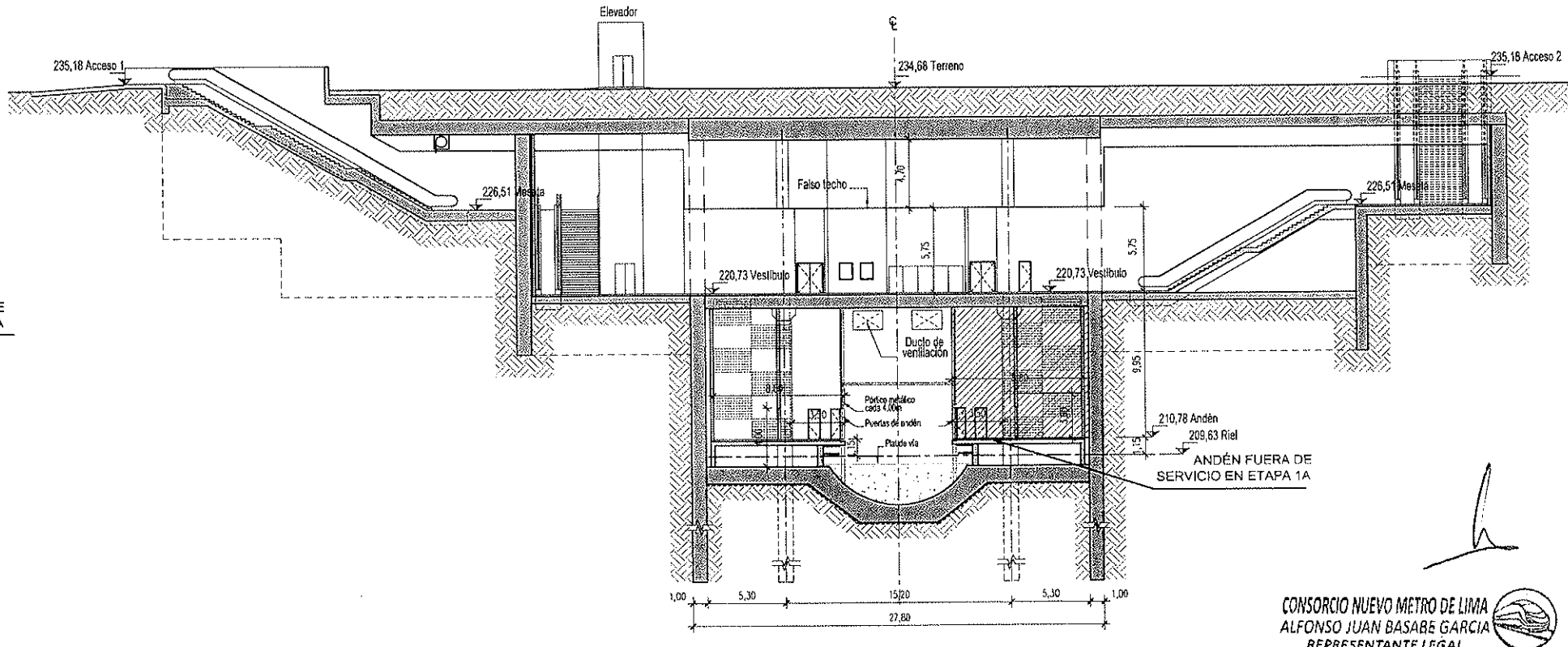
SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4  
Escala: 1/200



013173



SECCIÓN TRANSVERSAL 5-5  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 6-6  
Escala: 1/200

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

V:\diseño\ma\025\_arquitectura y urbanismo\02\_trabajos en realizacion\02\_proyectos\metro lima\08\_trabajo\200\_dg\_documentacion\graficas\0401\_ploc-est-fun-dg-l2-20-p001-p005.dwg - 23/02/2014 - 09:08



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/200
ESCALA (A3)	1/400
FECHA	FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN EVITAMIENTO SECCIONES TRANSVERSALES	
PLANO N°	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20
H O J A	05 de 05
REVISIÓN	0

0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-20-P001-P005.dwg

013174



UBICACIÓN BICICLETARIO (32 und.)

ACCESO 1 A LA ESTACIÓN

CARRETERA CENTRAL

ELEVADOR

ACCESO 2 A LA ESTACIÓN

DUCTO DE PASO DE MATERIALES

ACCESO 5 AL ÁREA TÉCNICA

SALIDA 4 DE EMERGENCIA

REJILLAS DE VENTILACIÓN

SALIDA 3 DE EMERGENCIA

CARRETERA CENTRAL

ELEVADOR

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

\\cdadajun01\arq\arq25\arquitectura y urbanismo\02 trabajos en realizacion\00 proyectos\metro lima\08 trabajo\200 dg documentacion\graficas\0401-ploc-est-lun-dg-21-p001-p005.dwg - 26/02/2014 - 09:26

**ProInversión**  
Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú

**CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA**

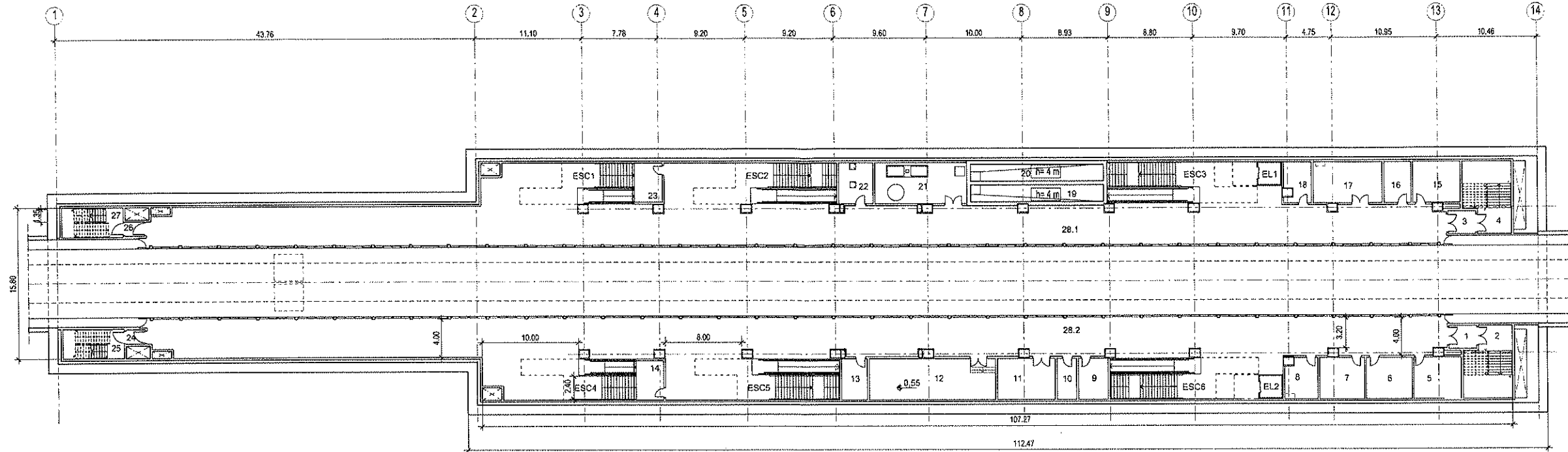
CONSULTORES

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/500	0 5 10
ESCALA (A3)	1/1000	0 10 20
FECHA	FEBRERO 2014	

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN OVALO SANTA ANITA PLANTA DE IMPLANTACIÓN		
PLANO N°	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-21	HOJA
REVISIÓN	01 de 05	0

013175



PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
02	Escalera emergencia	35.30 m²
03	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
04	Escalera emergencia	35.30 m²
05	Disponible	21.33 m²
06	Vestuarios	20.25 m²
07	Vestuarios	20.25 m²
08	Sala de telecomunicaciones secundaria	14.06 m²
09	PSDb Vigilancia y control de acceso	13.33 m²
10	VLD 1	8.50 m²
11	Telacontrol	25.80 m²
12	Señalización Endavamientos	56.33 m²
13	Sala BT Aux	11.61 m²
14	Sala Cons. Aux.	11.73 m²

Nº	Nombre	Área
15	Sala de Contadores Eléctricos	21.33 m²
16	VLD 2	11.62 m²
17	Depósito para herramientas, equipos de mantenimiento de la vía y catenaria	30.86 m²
18	Depósito	11.68 m²
19	Cistema de agua de emergencia	24.15 m²
20	Cistema de agua de emergencia	24.15 m²
21	Cistema de agua potable	41.03 m²
22	Sala de drenaje	15.29 m²
23	Sala Cons. Aux.	11.73 m²
24	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²
25	Escalera emergencia.	20.06 m²
26	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²

Nº	Nombre	Área
27	Escalera emergencia.	20.06 m²
28.1	Anden	665.03 m²
28.2	Anden	665.03 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



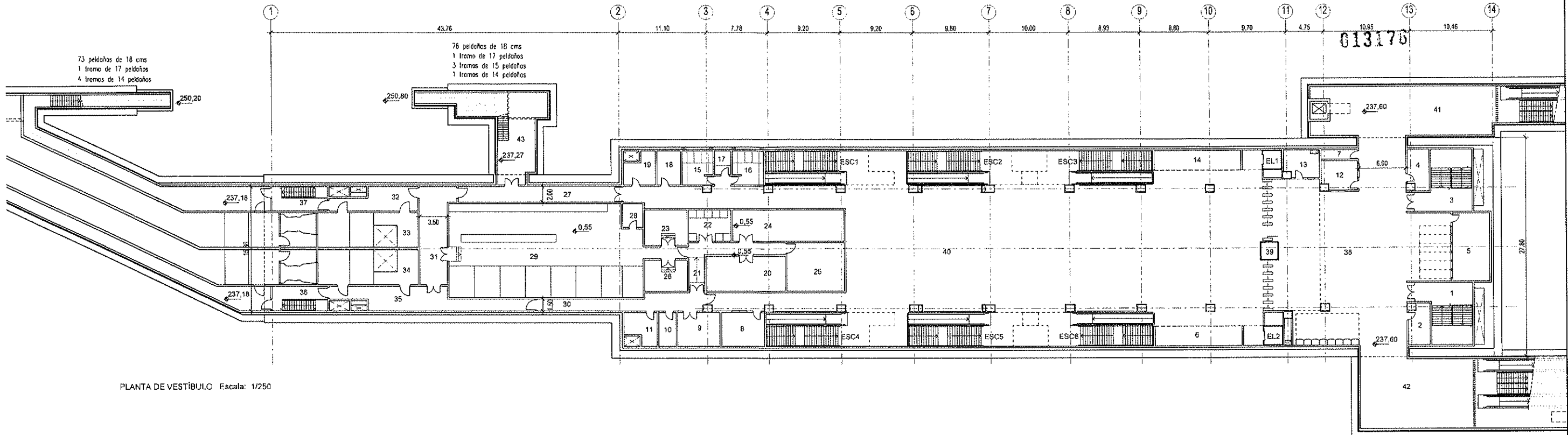
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A3)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

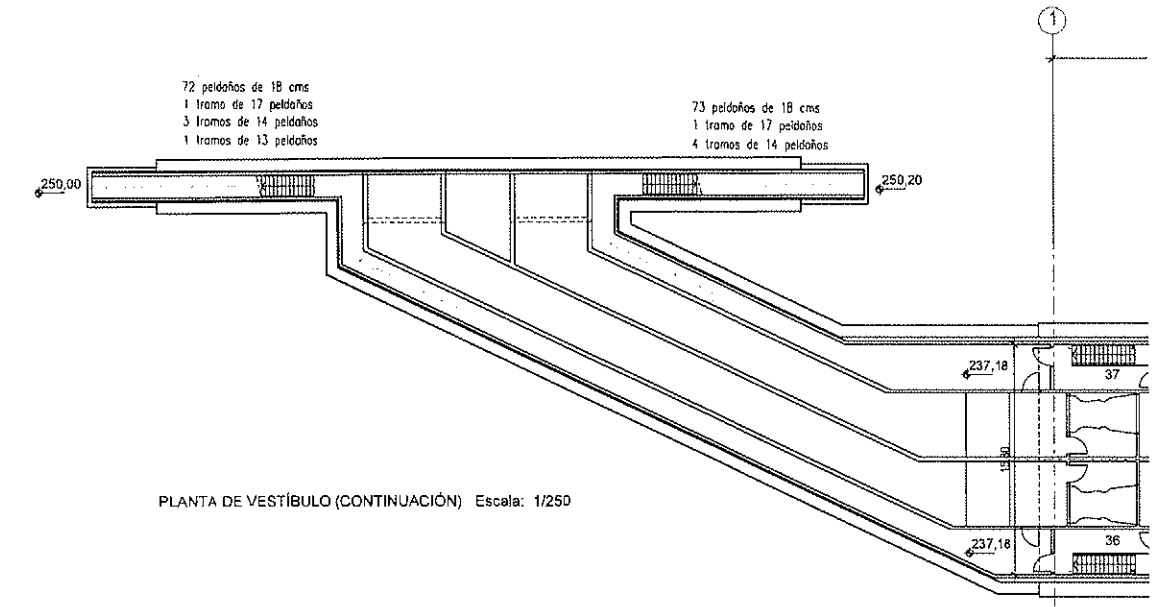


LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN OVALO SANTA ANITA  
PLANTA DE ANDÉN

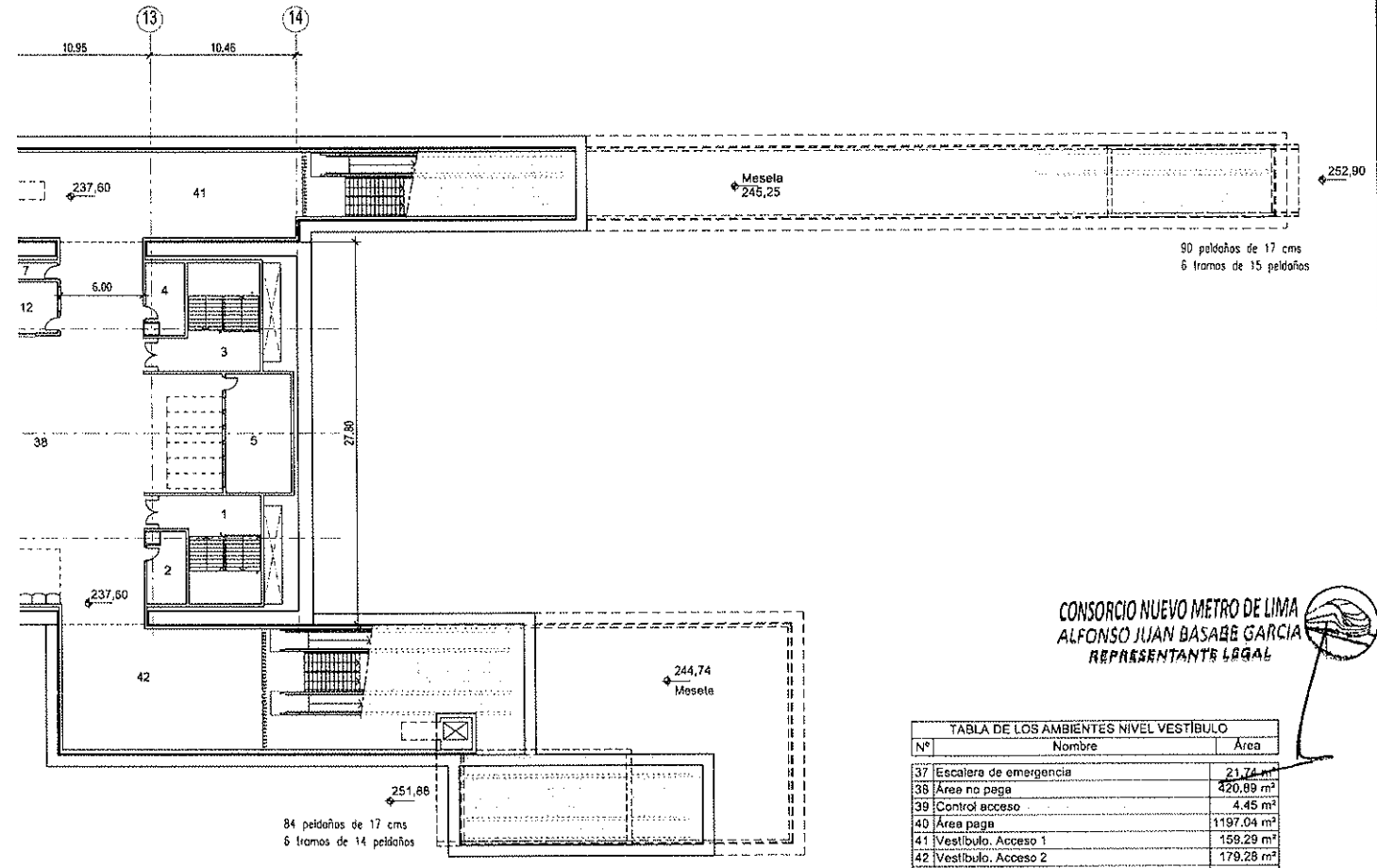
PLANO Nº	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-21	HOJA	02 de 05	REVISIÓN	0
----------	----------------------------	------	----------	----------	---



PLANTA DE VESTÍBULO Escala: 1/250



PLANTA DE VESTÍBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



PLANTA DE VESTÍBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia	45.98 m²
02	Sala de Telecomunicaciones secundaria	13.59 m²
03	Escalera emergencia	45.98 m²
04	Dispensible	13.59 m²
05	Boletería + cuarto de valores	40.61 m²
06	Concesionaria	27.71 m²
07	Sala Aux. Inst.	5.46 m²
08	Jefe de estación	23.22 m²
09	Refectorio	23.22 m²
10	Tópico para primeros auxilios	9.46 m²
11	Aseo personal	14.69 m²
12	Vigilancia	16.03 m²

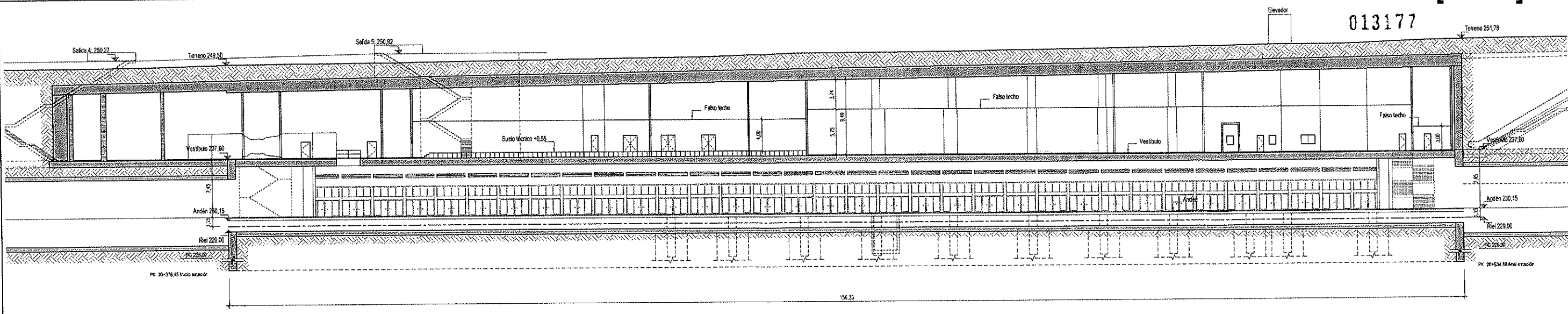
Nº	Nombre	Área
13	Sala de supervisión	15.23 m²
14	Concesionaria	27.71 m²
15	S.H. Mesculino	16.72 m²
16	S.H. Femanino	16.72 m²
17	S.H. Adaptado	6.20 m²
18	Depósito de limpieza	12.90 m²
19	Depósito de basura	14.07 m²
20	Sala comunicaciones ppaal	44.77 m²
21	Pasillo	27.89 m²
22	Sala seccionadores	21.33 m²
23	Sala ventilación subestación	24.03 m²
24	Sala de baja ppaal	55.93 m²

Nº	Nombre	Área
25	Sala UPS	44.84 m²
26	Sala ventilación subestación	21.33 m²
27	Pasillo	41.16 m²
28	Sala de control distribuido	7.50 m²
29	Subestación eléctrica	290.12 m²
30	Pasillo	37.80 m²
31	Pasillo	46.11 m²
32	Pasillo	27.89 m²
33	Ventilación	107.43 m²
34	Ventilación	108.37 m²
35	Pasillo	55.75 m²
36	Escalera de emergencia	21.74 m²

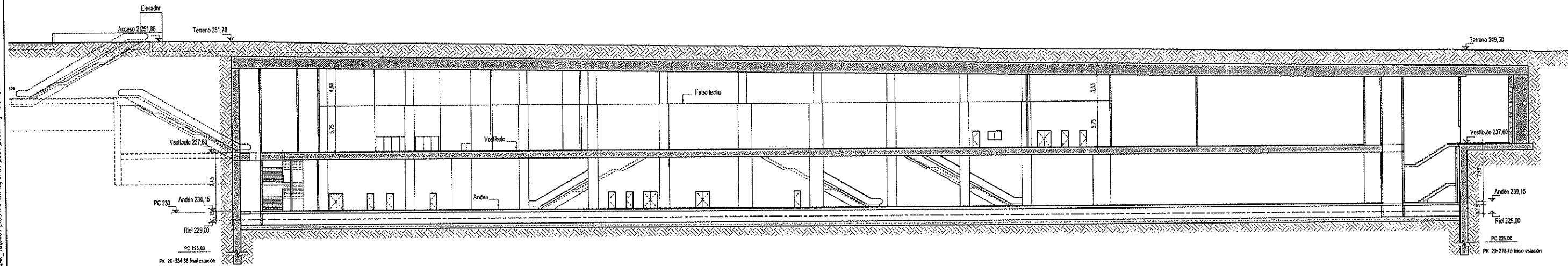
Nº	Nombre	Área
37	Escalera de emergencia	21.74 m²
38	Área no paga	420.89 m²
39	Control acceso	4.45 m²
40	Área paga	1197.04 m²
41	Vestibulo. Acceso 1	158.29 m²
42	Vestibulo. Acceso 2	179.28 m²
43	Acceso S. Ducto materiales	49.68 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

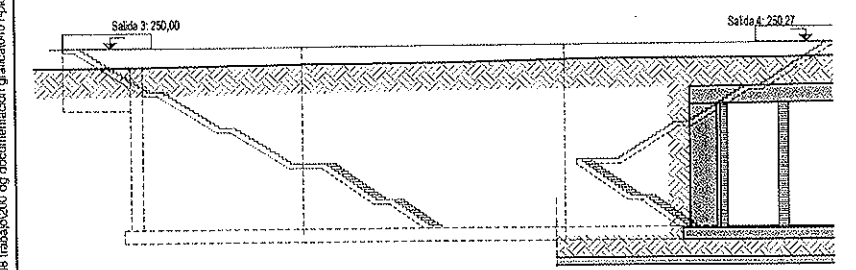
PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



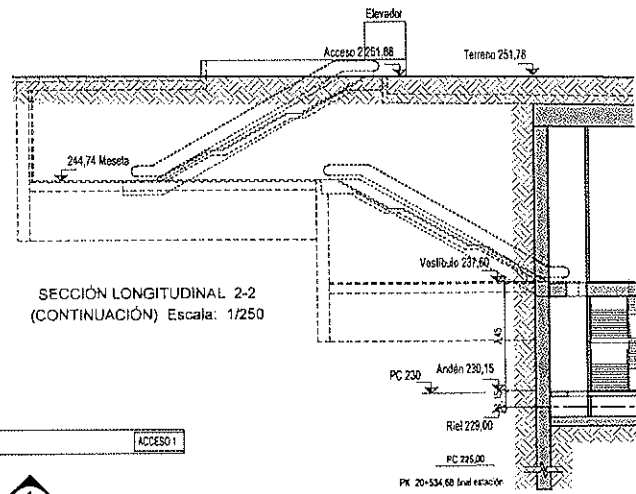
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala: 1/250



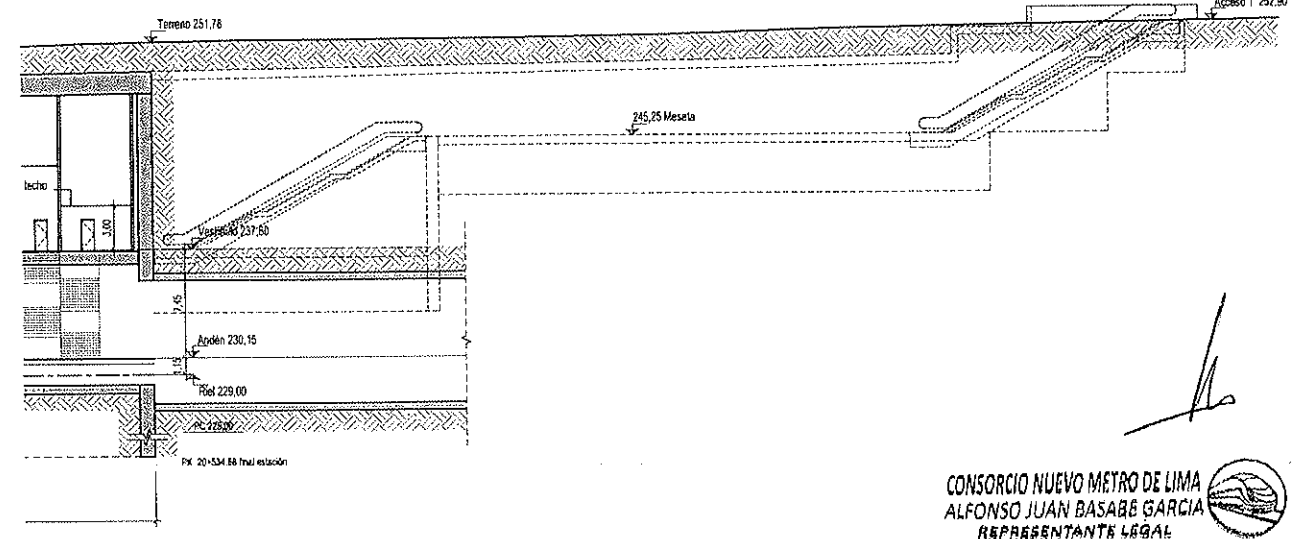
SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 Escala: 1/250



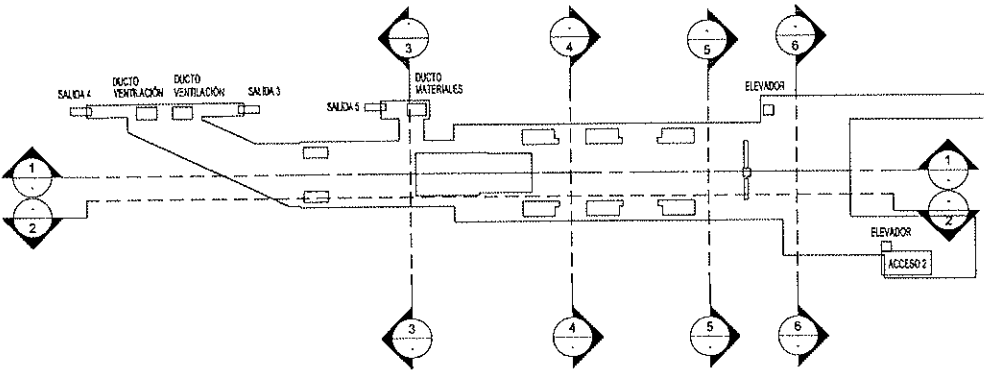
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



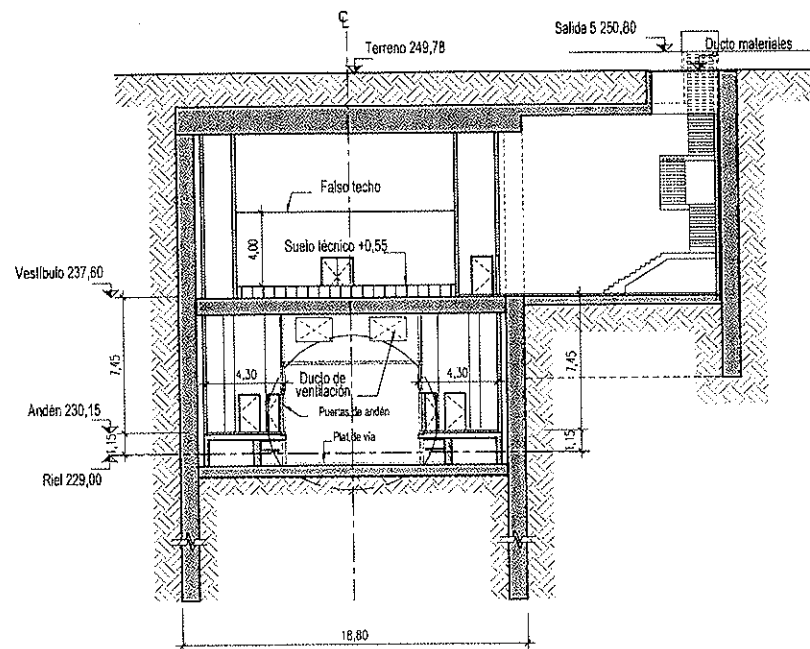
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



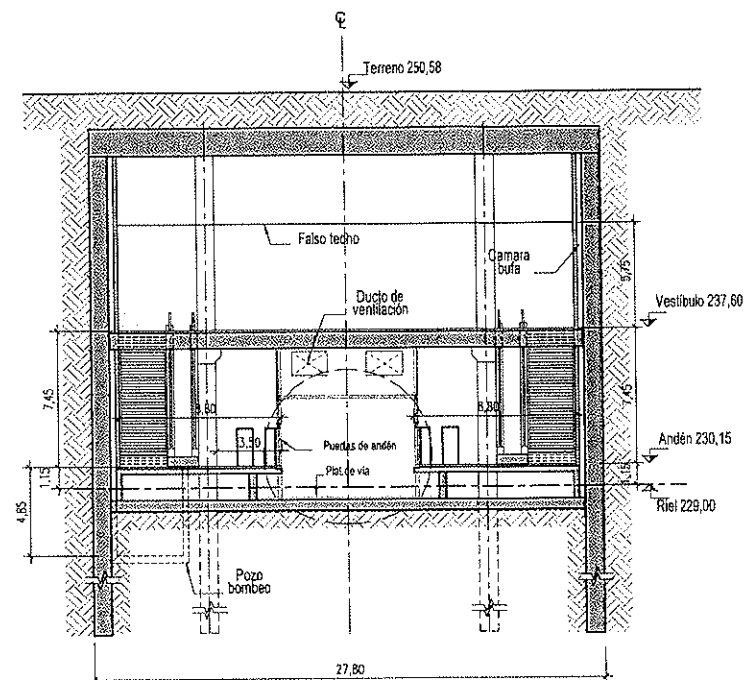
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

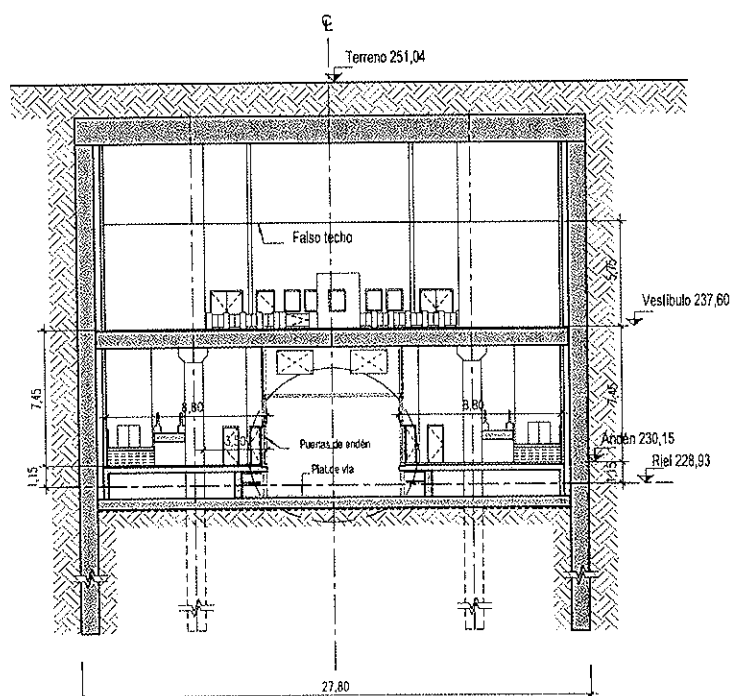




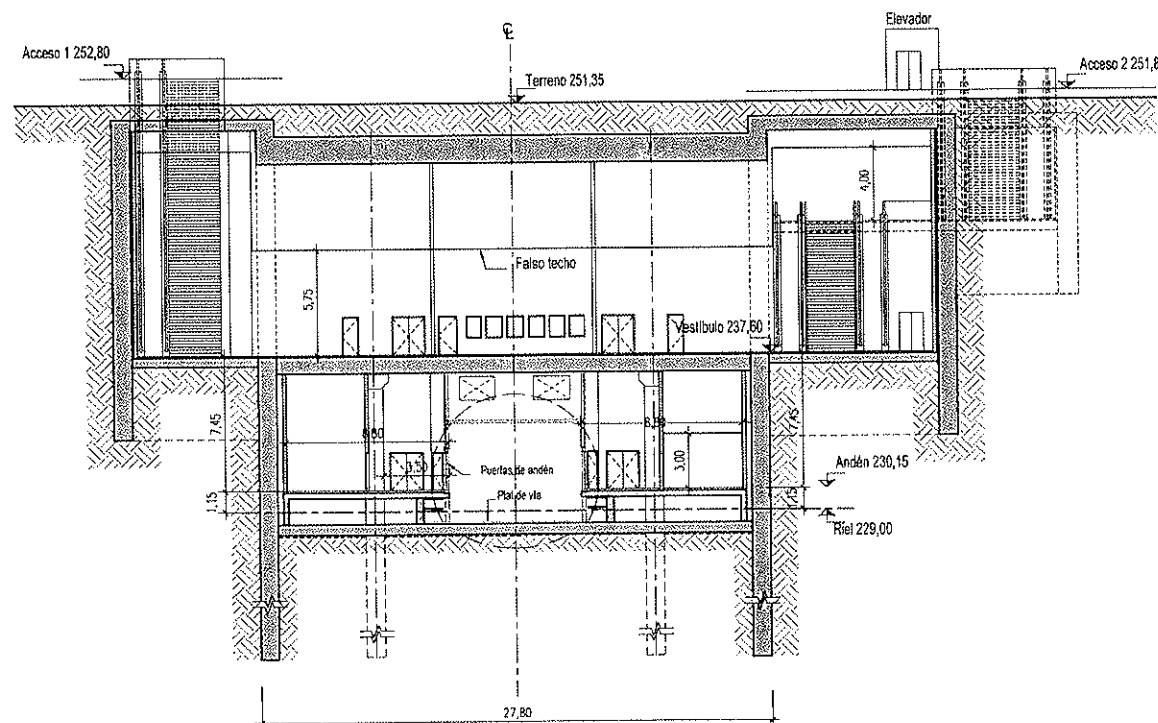
SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3  
Escala: 1/200



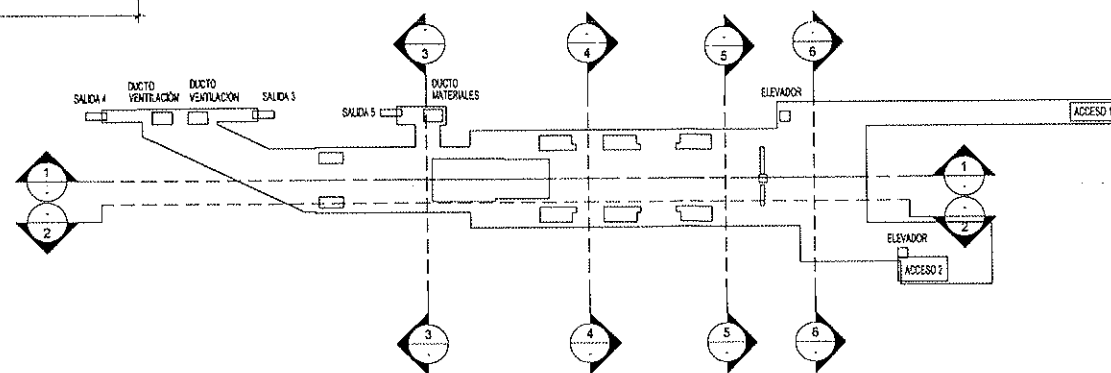
SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 5-5  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 6-6  
Escala: 1/200

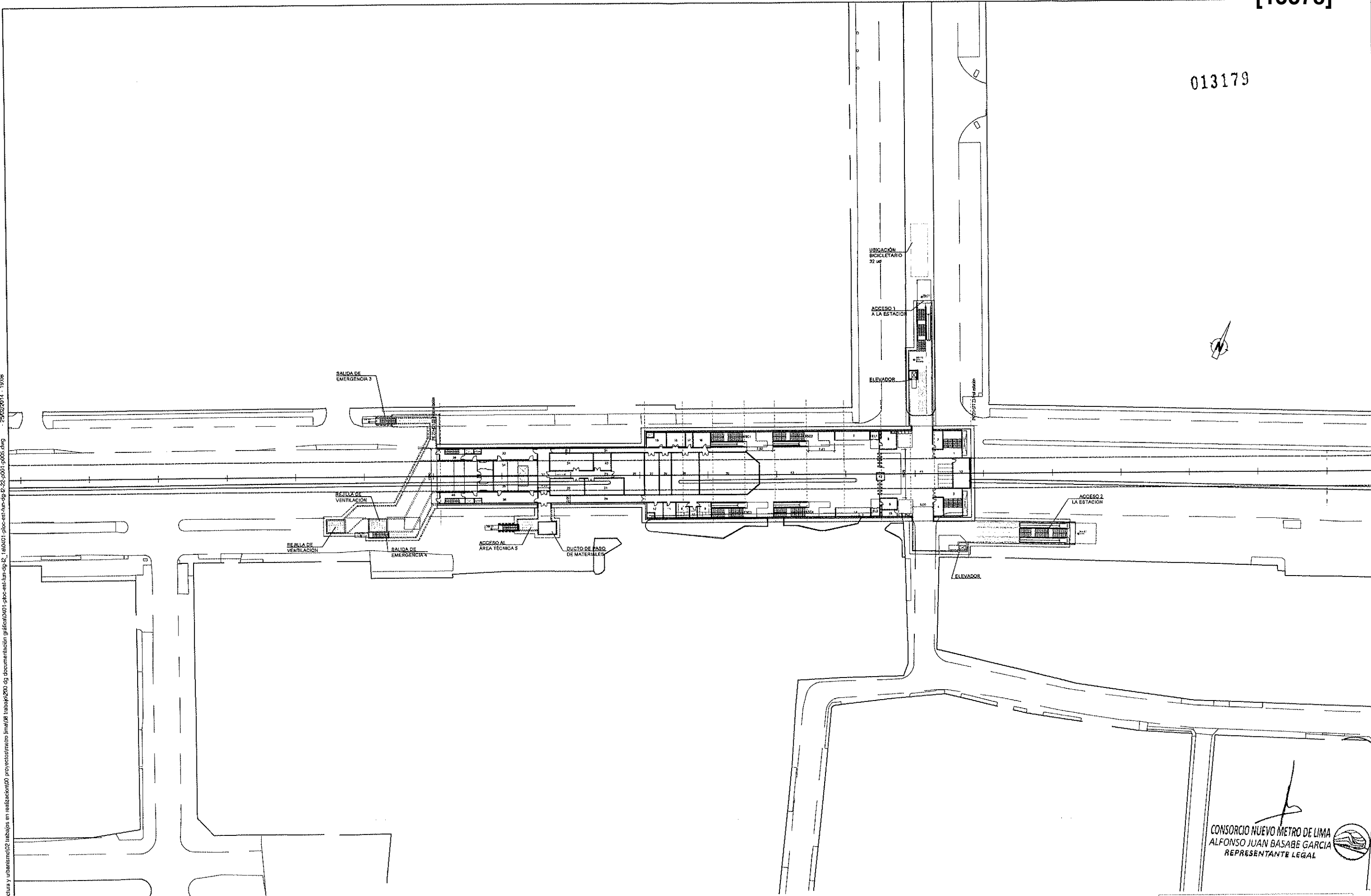



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASARE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

013179

V:\dov\proyectos\02 trabajos en realizacion\02 proyectos\metro lima\08 trabajos\200.dwg - 29/02/2014 - 19:08



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

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA


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

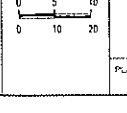
  
**CONSORCIO**  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES  



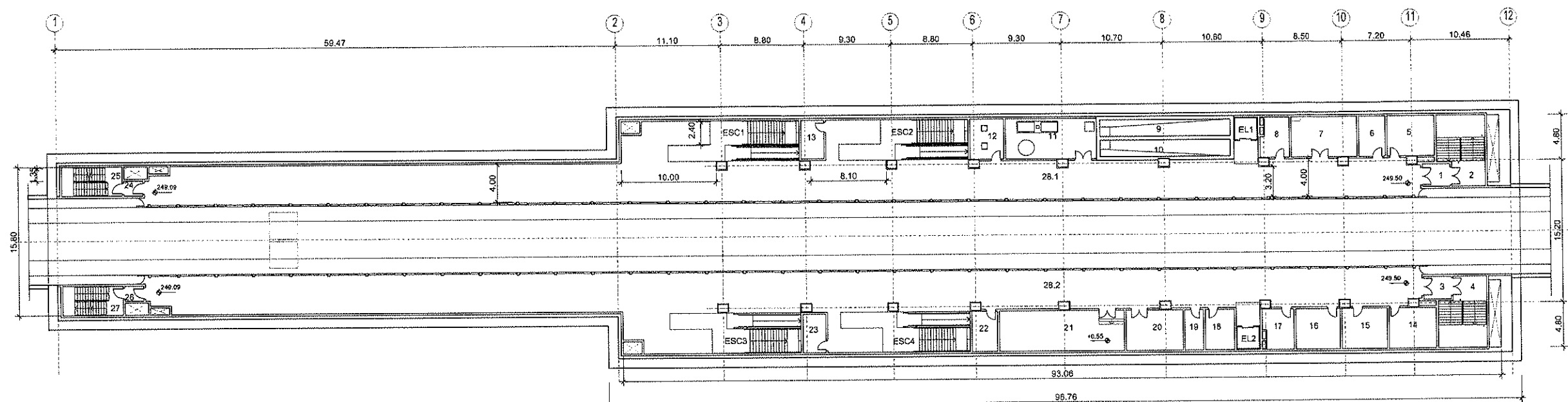

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/500
ESCALA (A3)	1/100
FECHA	FEBRERO 2014



LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA	
ESTACIÓN COLECTORA INDUSTRIAL	
PLANTA DE IMPLANTACIÓN	
PLANO N°	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22
HOLJA	01 de 05
REVISIÓN	0

013100



PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDEN		
Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
02	Escalera emergencia	35.30 m²
03	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
04	Escalera emergencia	35.30 m²
05	Sala de Contadores Eléctricos	21.33 m²
06	VLD 2	11.82 m²
07	Depósito para herramientas, equipos de mantenimiento de la vía y catenaria	29.86 m²
08	Depósito	12.73 m²
09	Sistema de agua de emergencia	24.15 m²
10	Sistema de agua de emergencia	24.15 m²
11	Cuarto de bombas	41.03 m²
12	Sala de drenaje	15.29 m²
13	Sala Cons. Aux.	10.04 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDEN		
Nº	Nombre	Área
14	Área disponible	21.33 m²
15	Vestuarios	20.25 m²
16	Vestuarios	20.25 m²
17	Sala de telecomunicaciones secundaria estación	13.91 m²
18	PSDb Vigilancia y control de accesos	13.33 m²
19	VLD1	8.60 m²
20	Telecontrol	25.80 m²
21	Sala de enclavamiento	59.33 m²
22	Sala BT Aux	11.61 m²
23	Sala Cons. Aux.	10.04 m²
24	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.20 m²
25	Escalera emergencia	20.06 m²
26	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.20 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDEN		
Nº	Nombre	Área
27	Escalera emergencia	20.06 m²
28.1	Anden	529.34 m²
28.2	Anden	529.34 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASARÉ GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A3)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN COLECTORA INDUSTRIAL  
PLANTA DE ANDÉN

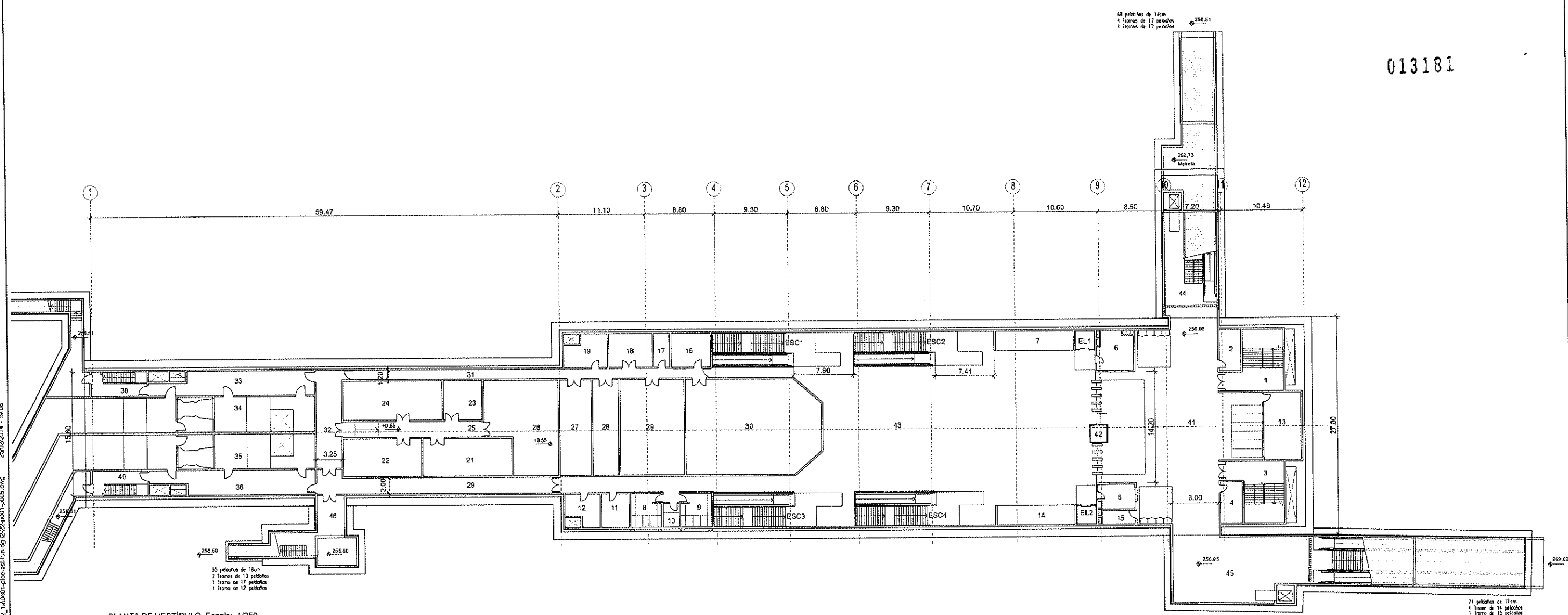
PLANO Nº 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22 HCA 02 de 05 REVISIÓN 0

0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22-P001-P005.dwg

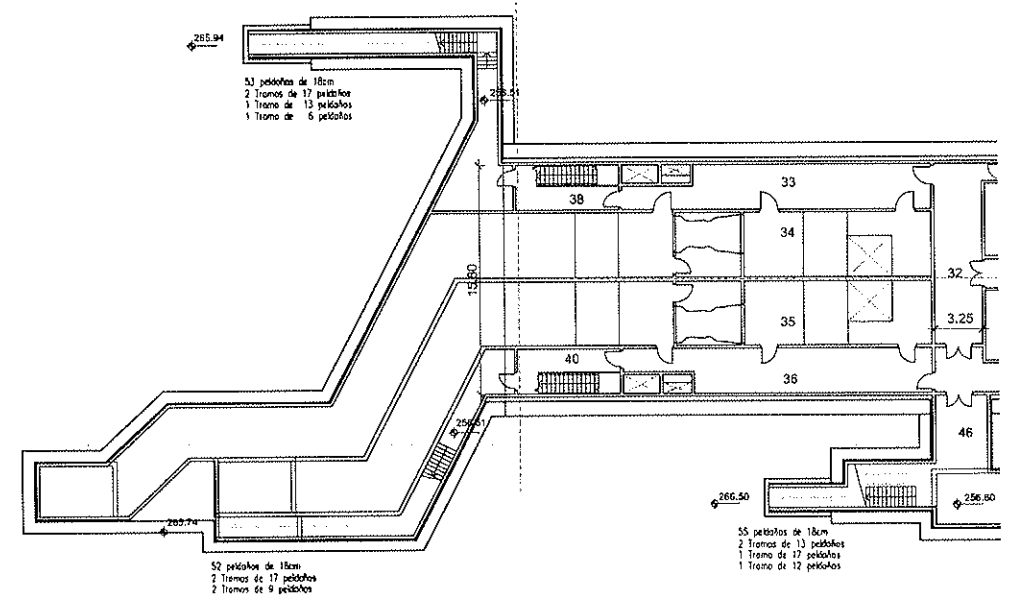


013181

\\cervantes\hualu\25 arquitecturas y urbanismo\02 trabajos en desarrollo\00 proyectos\metro lima\2014\trabajo\200 dg documentación\grafico\0401-ploc-est-fun-dg-2\_1a\0401-ploc-est-fun-dg-2\_22-p001-p005.dwg - 25/02/2014 - 19:08



PLANTA DE VESTIBULO Escala: 1/250



PLANTA DE VESTIBULO (CONTINUACION) Escala: 1/250

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTIBULO		
Nº	Nombre	Area
01	Escalera emergencia	46.25 m <sup>2</sup>
02	Control de seguridad	14.57 m <sup>2</sup>
03	Escalera emergencia	46.25 m <sup>2</sup>
04	Sala de Telecomunicaciones secundaria	14.57 m <sup>2</sup>
05	Vigilancia	14.64 m <sup>2</sup>
06	Sala de supervisión	22.42 m <sup>2</sup>
07	Concesionaria	24.48 m <sup>2</sup>
08	S.H. Masculino	16.72 m <sup>2</sup>
09	S.H. Femenino	16.72 m <sup>2</sup>
10	S.H. Adaptado	8.20 m <sup>2</sup>
11	Depósito de limpieza	15.31 m <sup>2</sup>
12	Depósito de basura	15.82 m <sup>2</sup>

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTIBULO		
Nº	Nombre	Area
13	Boilería + cuarto de valores	40.61 m <sup>2</sup>
14	Concesionaria	24.48 m <sup>2</sup>
15	Sala aux. inst.	7.48 m <sup>2</sup>
16	Jefe de estación	21.50 m <sup>2</sup>
17	ITópico para primeros auxilios	6.60 m <sup>2</sup>
18	Refectorio	23.98 m <sup>2</sup>
19	Aseo personal	20.67 m <sup>2</sup>
21	Sala UPS	53.76 m <sup>2</sup>
22	Sala de comunicación ppal	48.00 m <sup>2</sup>
23	Sala seccionadores	24.49 m <sup>2</sup>
24	Sala Baja Tensión	63.00 m <sup>2</sup>

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTIBULO		
Nº	Nombre	Area
25	Pasillo	35.40 m <sup>2</sup>
26	Sala de tejeo ppal.	96.50 m <sup>2</sup>
27	SIG	48.80 m <sup>2</sup>
28	SCADA	40.26 m <sup>2</sup>
29	TCZ	99.80 m <sup>2</sup>
30	PCO-N L2 + Sala Mantenimiento	199.98 m <sup>2</sup>
31	Pasillo	54.53 m <sup>2</sup>
32	Pasillo	42.31 m <sup>2</sup>
33	Pasillo	58.37 m <sup>2</sup>
34	Ventilación	130.15 m <sup>2</sup>
35	Ventilación	129.05 m <sup>2</sup>
36	Pasillo	58.37 m <sup>2</sup>

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL VESTIBULO		
Nº	Nombre	Area
38	Escalera de emergencia	22.17 m <sup>2</sup>
40	Escalera de emergencia	22.17 m <sup>2</sup>
41	Área no paga	380.49 m <sup>2</sup>
42	Control acceso	4.45 m <sup>2</sup>
43	Área paga	844.93 m <sup>2</sup>
44	Vestibulo, Acceso 1.	58.05 m <sup>2</sup>
45	Vestibulo, Acceso 2.	154.96 m <sup>2</sup>
46	Acceso 5, Ducto materiales	40.87 m <sup>2</sup>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

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

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA

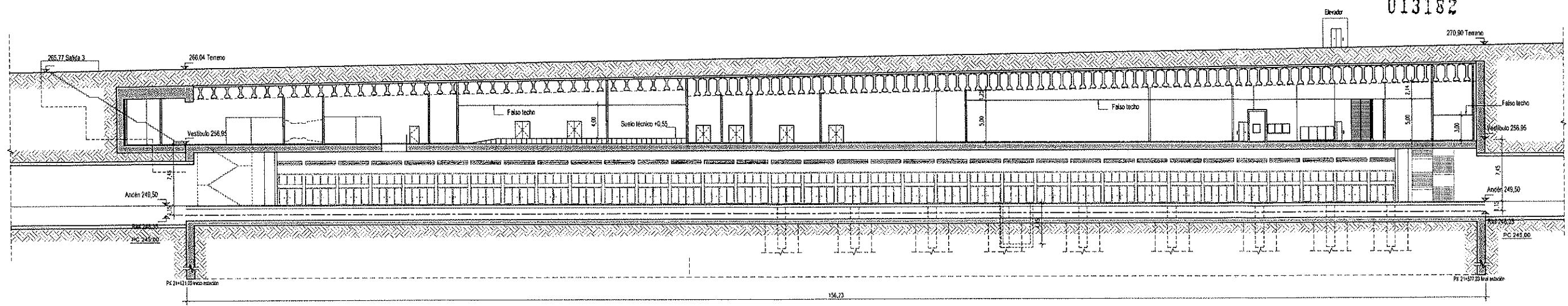
CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **2IT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

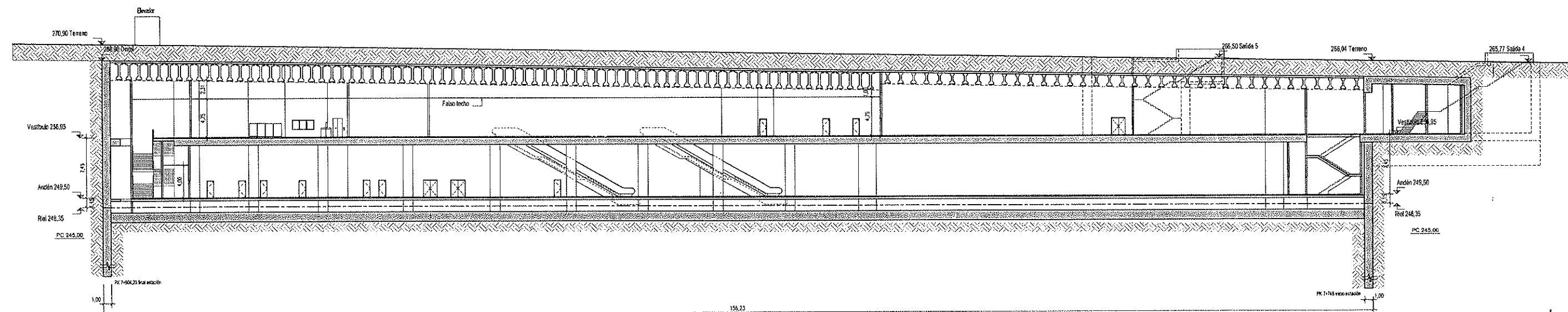
ESCALA (A1) 1/250  
ESCALA (A2) 1/500  
FECHA: FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN COLECTORA INDUSTRIAL  
PLANTA DE VESTIBULO  
PLAN Nº 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22 HOJA 03 de 05 REVISIÓN 0  
0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22-P001-P005.dwg

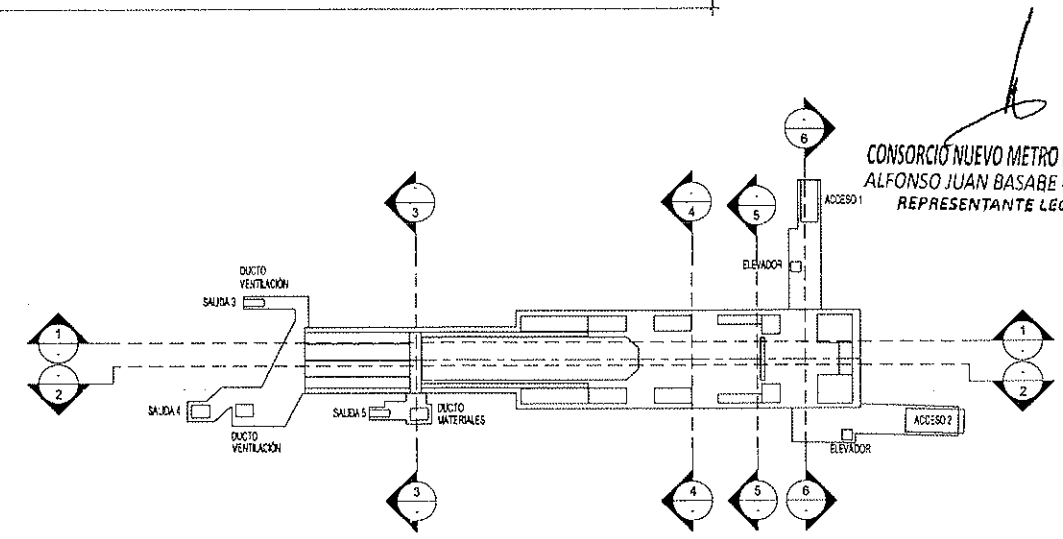
013182



SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 Escala: 1/250



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

I:\edificios\m25\_arquitectura y urbanismo\02 trabajos en redaccion\00 proyecto\metro lima\28 trabajo\200 dg documentación gráfica\01 - ploc-est-fun-dg-22-p001 - p005.dwg - 25/02/2014 - 19:08

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

**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**

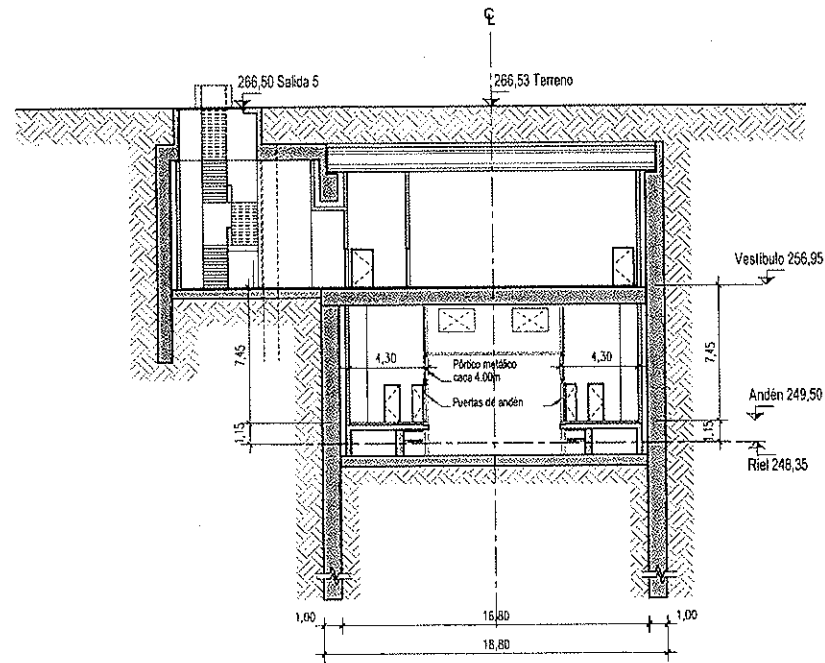
CONSULTORES  
**ayesa** **euroestudios** **PIT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

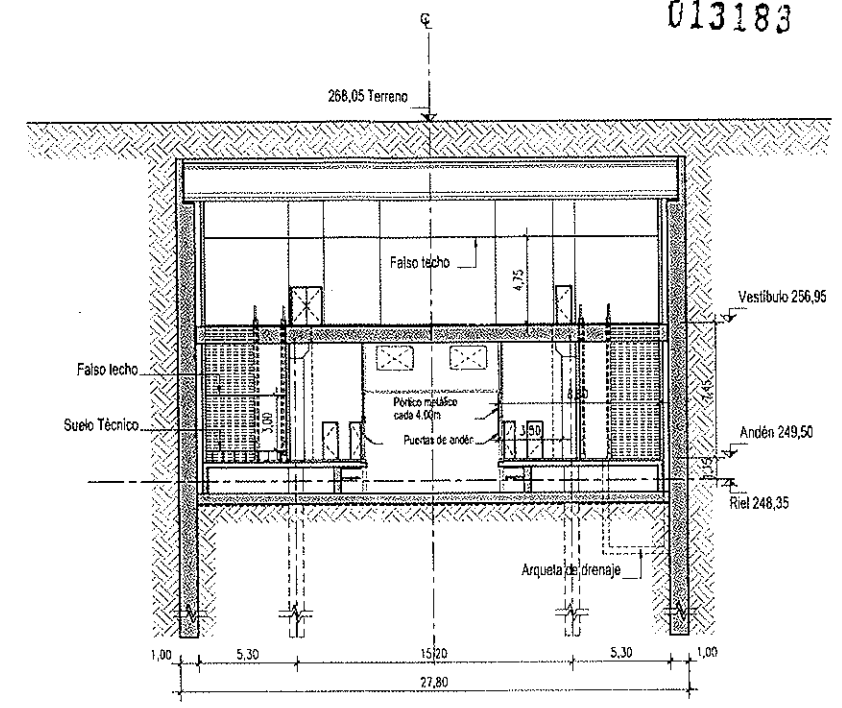
ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A2)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

PLANO Nº	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-22	Hoja	04 de 05	Revisión	0
----------	----------------------------	------	----------	----------	---

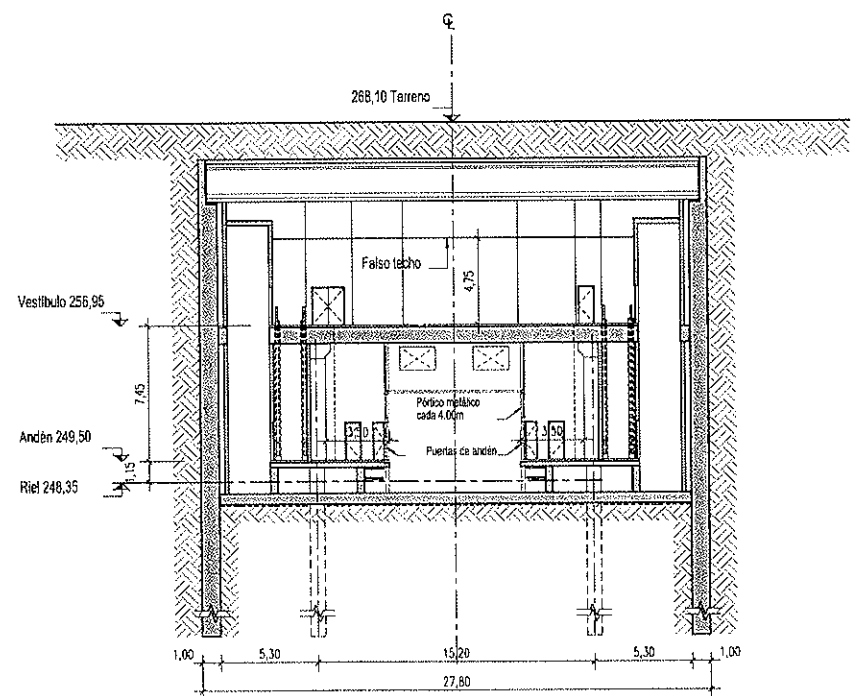
013183



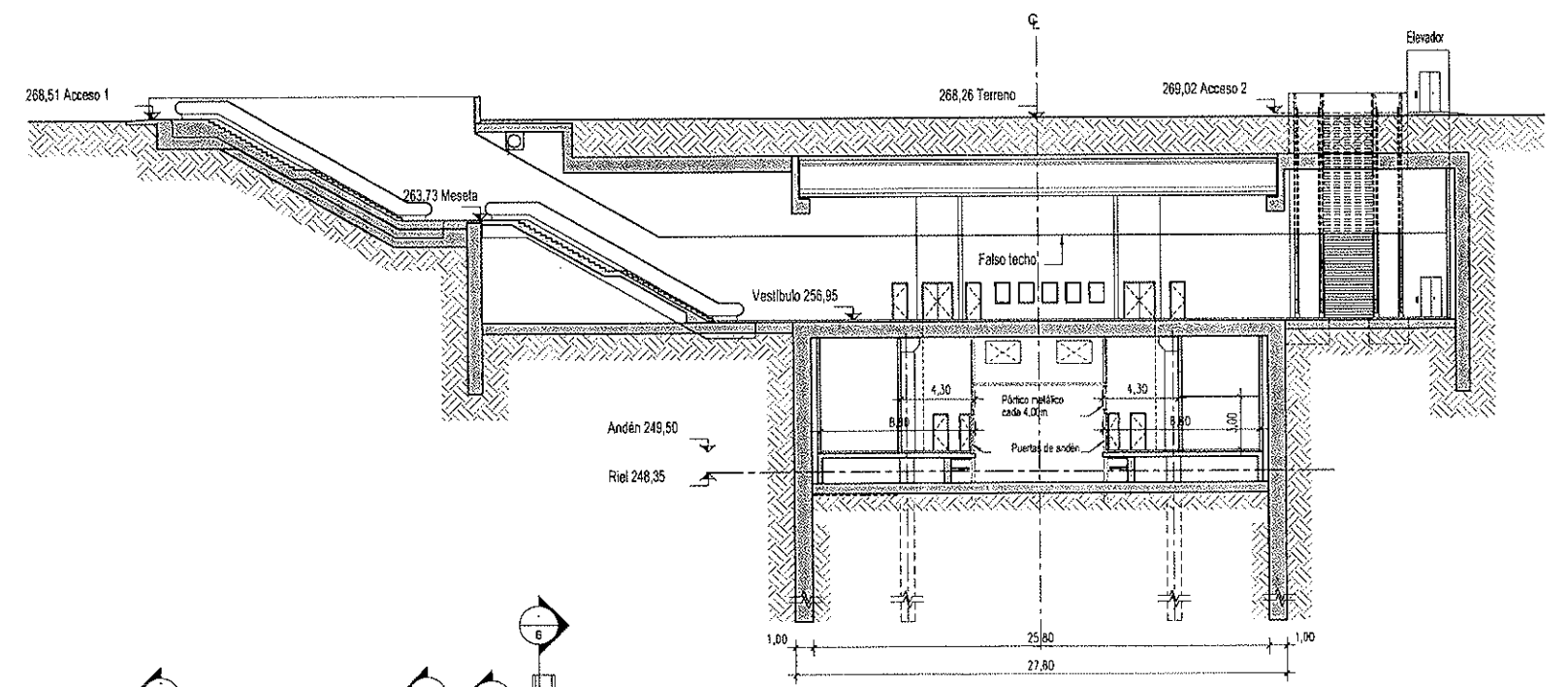
SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3  
Escala: 1/200



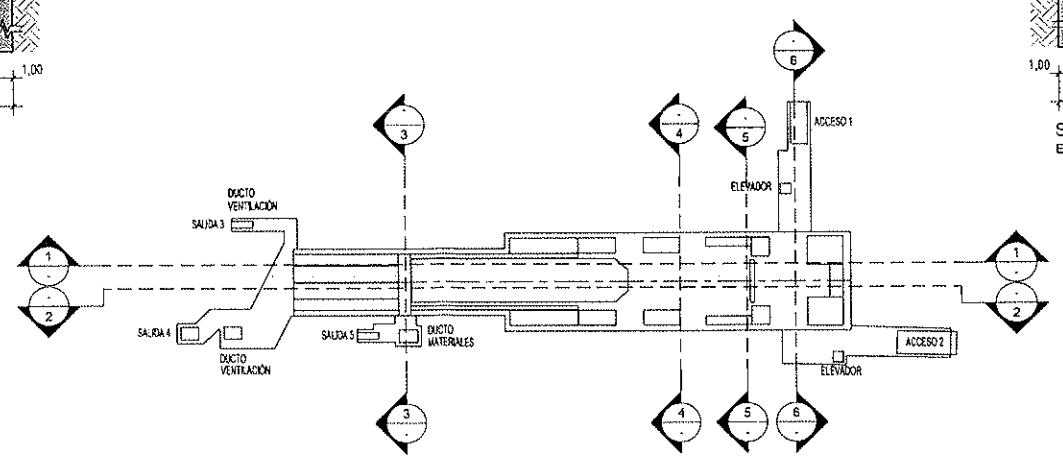
SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4  
Escala: 1/200




SECCIÓN TRANSVERSAL 5-5  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 6-6  
Escala: 1/200

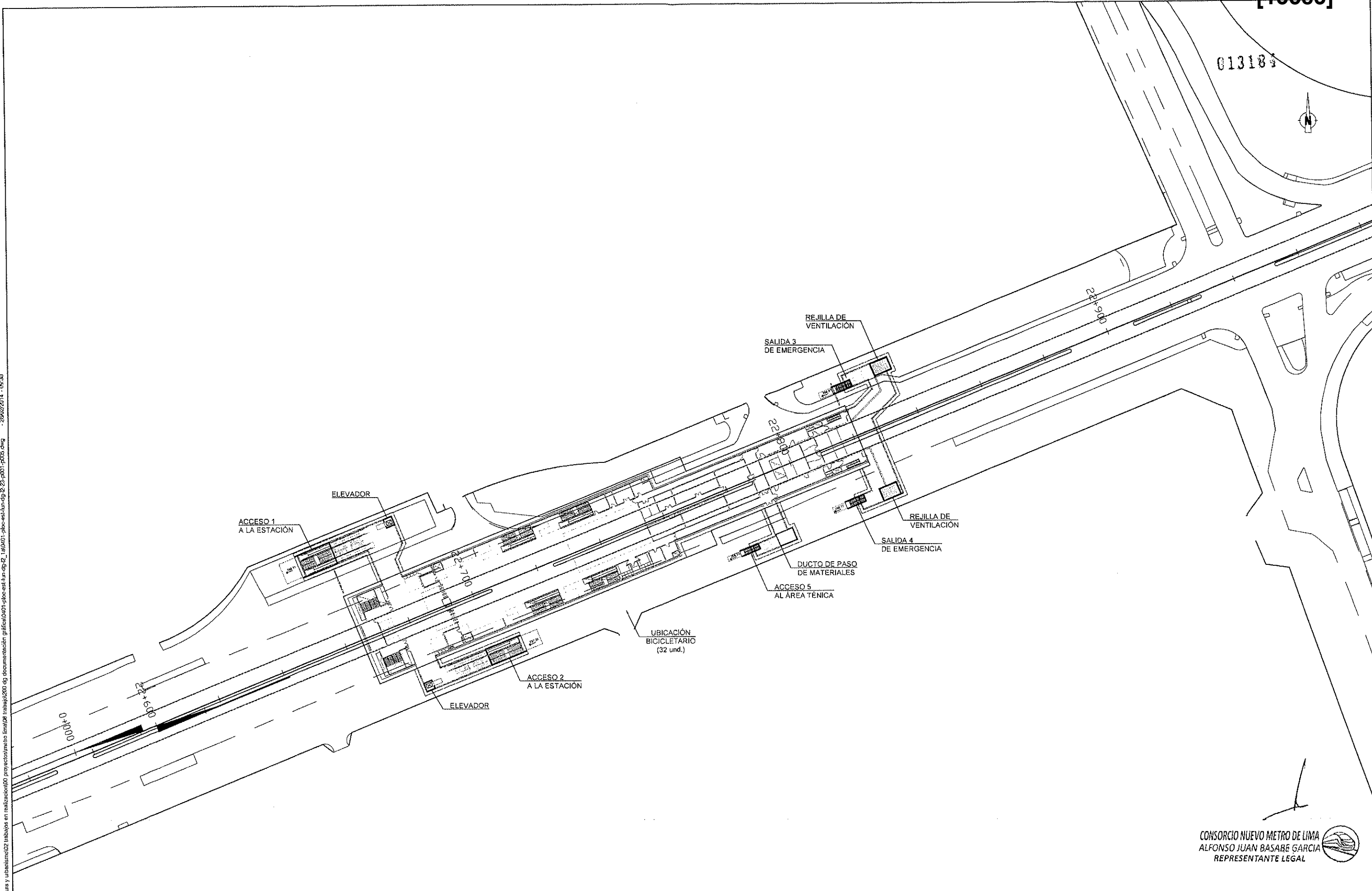


  
**CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA**  
**ALFONSO JUAN BASABE GARCIA**  
**REPRESENTANTE LEGAL**

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

verticalidad:02 arquitecturas y urbanismo:02 trabajos en realización:00 proyecto:metro lima:08 trabajo:200 dg documentación grafica:0401\_ploc-est-fun-dg-l2-22\_p001-p005.dwg 26/02/2014 19:08

013184



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

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

**CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA**

CONSULTORES

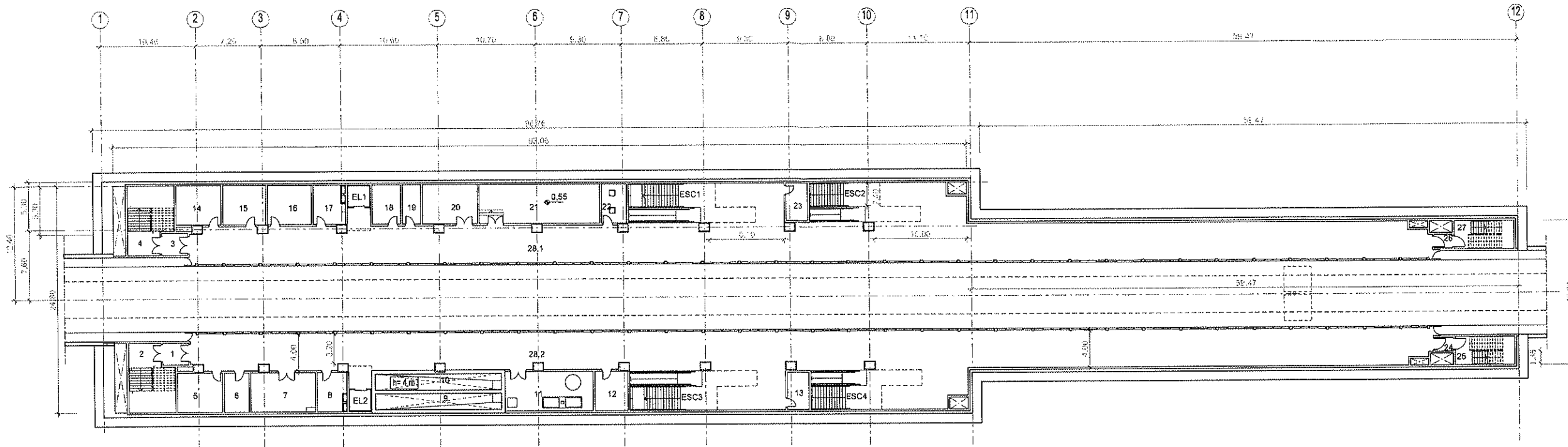
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/500
ESCALA (A3)	1/1000
FOLIO	FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN LA CULTURA PLANTA DE IMPLANTACIÓN			
PLANO Nº	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-23	FOLIO	01 de 05
REVISIÓN	0		

\\cabin\proyectos\1305\_ambientes y urbanismo\02\_trabaja en urbanismo\00\_proyecto metro linea 02 traza\200\_dg\_documento\0401-ploc-est-fun-dg-l2-23-p001-p005.dwg - 26/02/2014 - 09:30

013185



PLANTA DE ANDÉN Escala 1/250

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
02	Escalera emergencia.	35.30 m²
03	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	6.95 m²
04	Escalera emergencia.	35.30 m²
05	Área disponible	21.33 m²
06	VLD 2	11.82 m²
07	Depósito para herramientas, equipos de mantenimiento de la vía y catenaria	20.86 m²
08	Depósito	12.76 m²
09	Cisterna de agua de emergencia	24.15 m²
10	Cisterna de agua de emergencia	24.15 m²
11	Cuarto de bombas	41.03 m²
12	Sala de drenaje	15.29 m²
13	Sala Cons. Aux.	10.04 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
14	Sala de Contadores Eléctricos	21.33 m²
15	Vestuarios	20.25 m²
16	Vestuarios	20.25 m²
17	Sala de telecomunicaciones secundaria estación	13.96 m²
18	PSDb Vigilancia y control de accesos	13.33 m²
19	VLD1	8.80 m²
20	Telecontrol	25.80 m²
21	Sala de enclavamiento	56.33 m²
22	Sala BT Aux	11.61 m²
23	Sala Cons. Aux.	10.04 m²
24	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²
25	Escalera emergencia.	20.06 m²
26	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m²

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
27	Escalera emergencia.	20.06 m²
28.1	Andén	636.43 m²
28.2	Andén	636.43 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

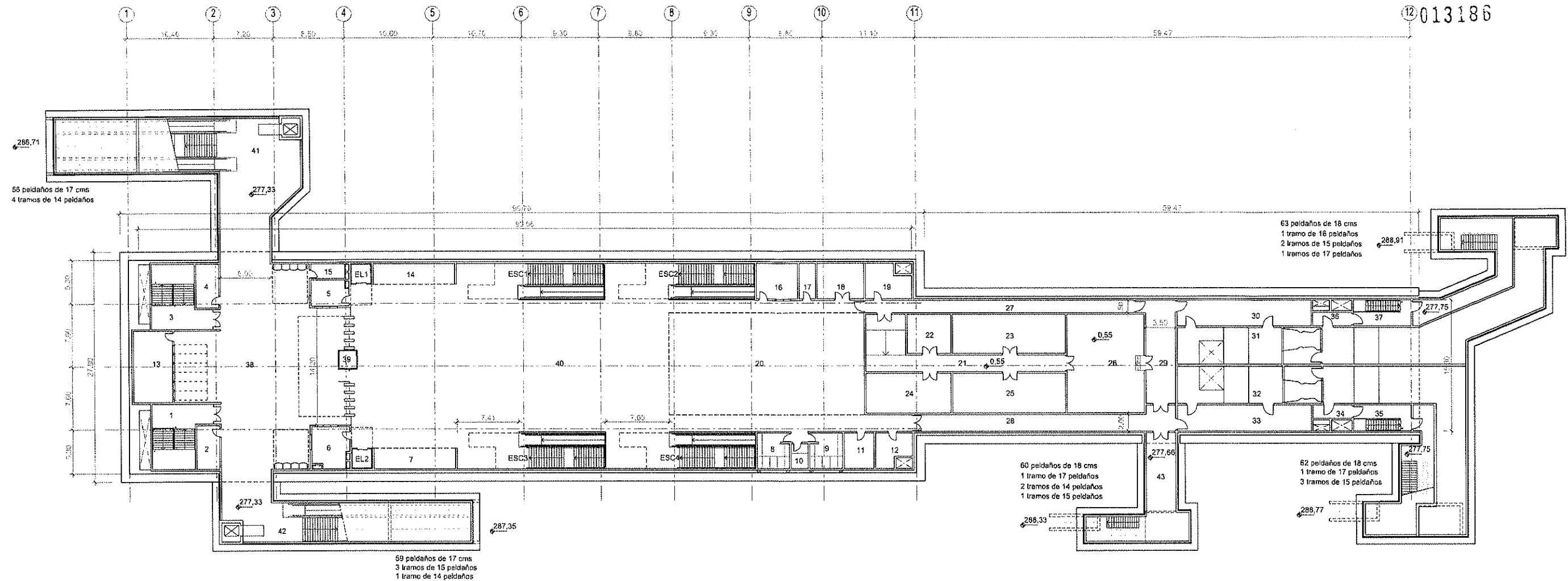


CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A): 1/250  
 ESCALA (B): 1/500  
 FECHA: FEBRERO 2014

LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
 ESTACIÓN LA CULTURA  
 PLANTA DE ANDÉN  
 PLANO: 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-23 HOJA 02 de 05 REVISIÓN 0

013186



Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia	46.25 m²
02	Sala de Telecomunicaciones secundaria	14.57 m²
03	Escalera emergencia	46.25 m²
04	Control de seguridad	14.57 m²
05	Vigilancia	13.78 m²
06	Sala de supervisión	21.31 m²
07	Concesionaria	24.47 m²
08	S.H. Masculino	16.72 m²
09	S.H. Femenino	16.72 m²
10	S.H. Adaptado	6.20 m²
11	Depósito de limpieza	15.31 m²
12	Depósito de basura	15.82 m²

Nº	Nombre	Área
13	Boletería + cuarto de valores	40.51 m²
14	Concesionaria	24.47 m²
15	Sala aux. inst.	7.11 m²
16	Jefe de estación	21.50 m²
17	Tópico para primeros auxilios	8.80 m²
18	Refectorio	23.98 m²
19	Aseo personal	20.67 m²
20	Área disponible para concesionaria	289.37 m²
21	Pasillo	71.32 m²
22	Sala seccionadores	24.44 m²
23	Sala Bajo Tensión	63.45 m²
24	Sala comunicadores ppal	48.96 m²

Nº	Nombre	Área
25	Sala UPS	64.80 m²
26	Sala de baja ppal.	110.67 m²
27	Pasillo	48.30 m²
28	Pasillo	66.57 m²
29	Pasillo	45.49 m²
30	Pasillo	50.44 m²
31	Ventilación	124.63 m²
32	Ventilación	125.68 m²
33	Pasillo	50.47 m²
34	Escalera de emergencia. Vestibulo previo.	7.61 m²
35	Escalera de emergencia	21.73 m²
36	Escalera de emergencia. Vestibulo previo.	7.60 m²

Nº	Nombre	Área
37	Escalera de emergencia	21.73 m²
38	Área no paga	383.13 m²
39	Control acceso	4.45 m²
40	Área paga	909.64 m²
41	Vestibulo. Acceso 1.	130.93 m²
42	Vestibulo. Acceso 2.	58.53 m²
43	Acceso 5. Ducto materiales	54.39 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



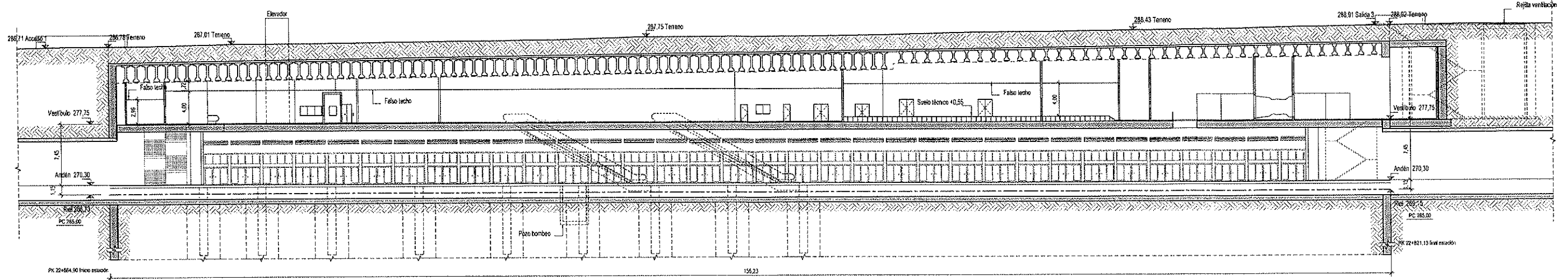
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBEITA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A): 1/250  
ESCALA (B): 1/500  
FECHA: FEBRERO 2014

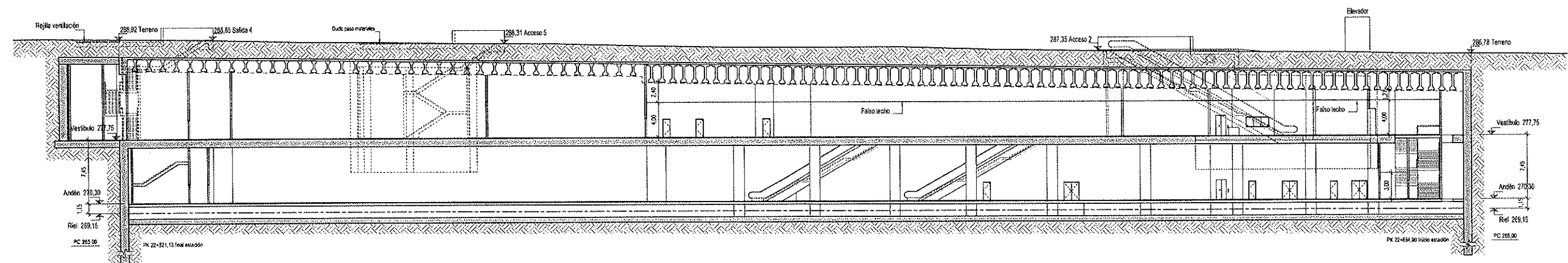
LÍNEA 2. DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA  
ESTACIÓN LA CULTURA  
PLANTA DE VESTIBULO  
PLANO Nº: 0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-23  
HOJA: 03 de 05  
REVISIÓN: 0



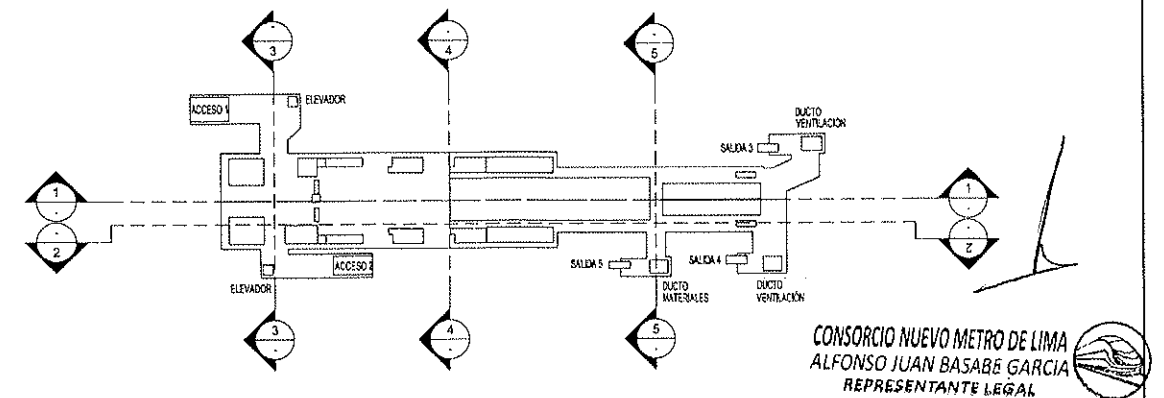
013187



SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala 1/250



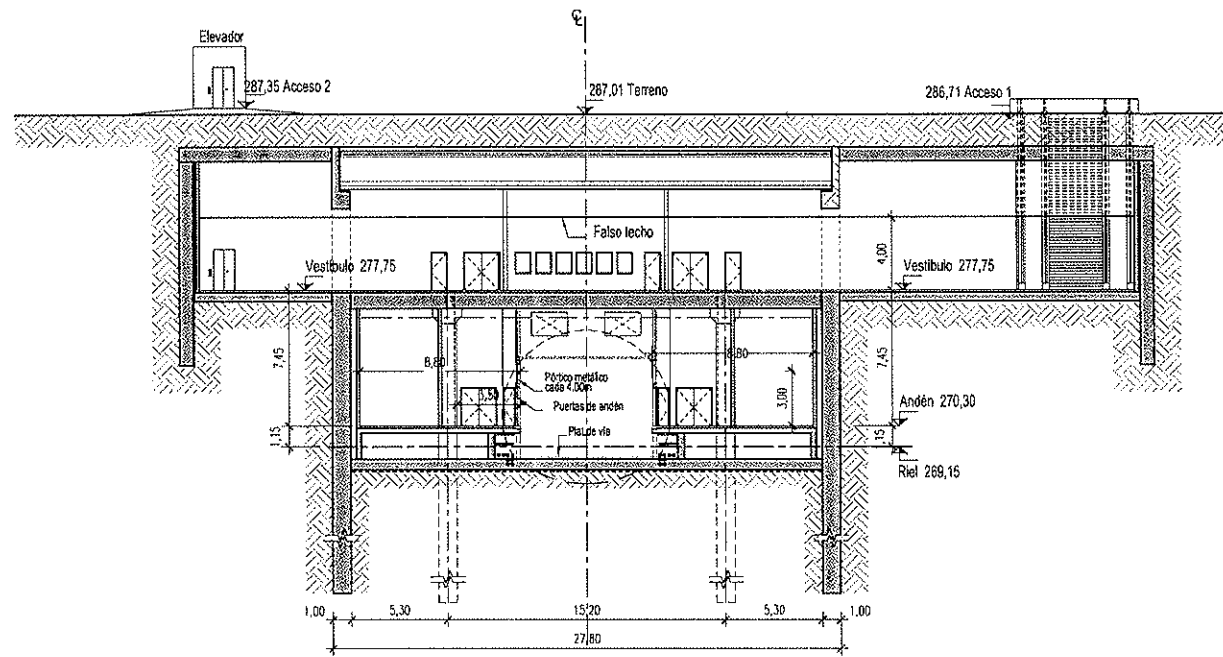
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala 1/250



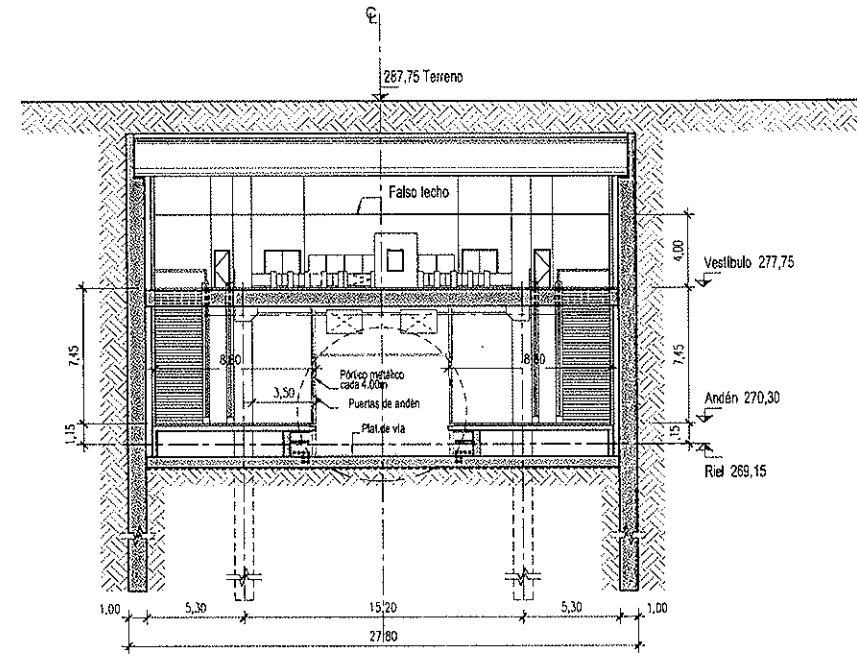
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

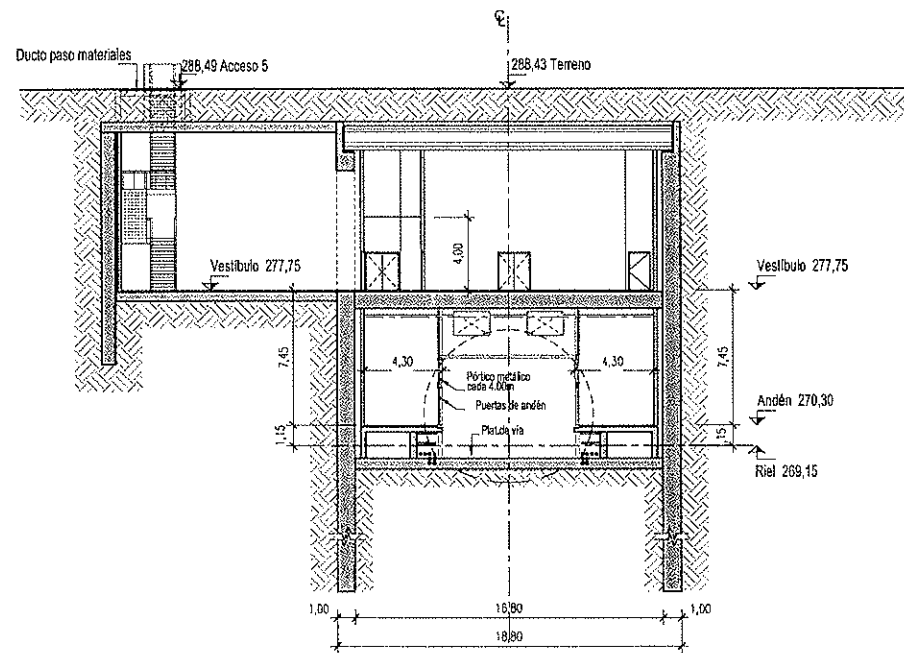
I:\carpeta\trabajo\02 trabajos y subsecciones\02 trabajos en redacción\09 proyecto metro lima\08 trabajo\200 dg #documentación gráfica\0401-ploc-est-fun-dg-l2-23-p001-p005.dwg - 28/02/2014 - 08:30



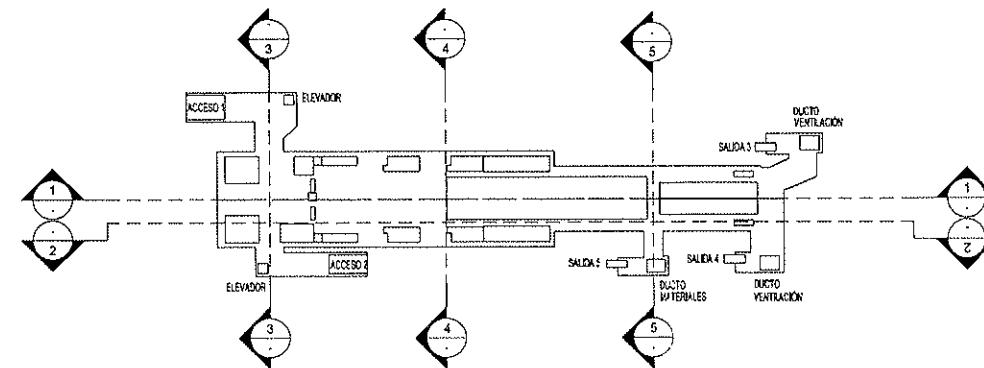
SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 5-5  
Escala: 1/200

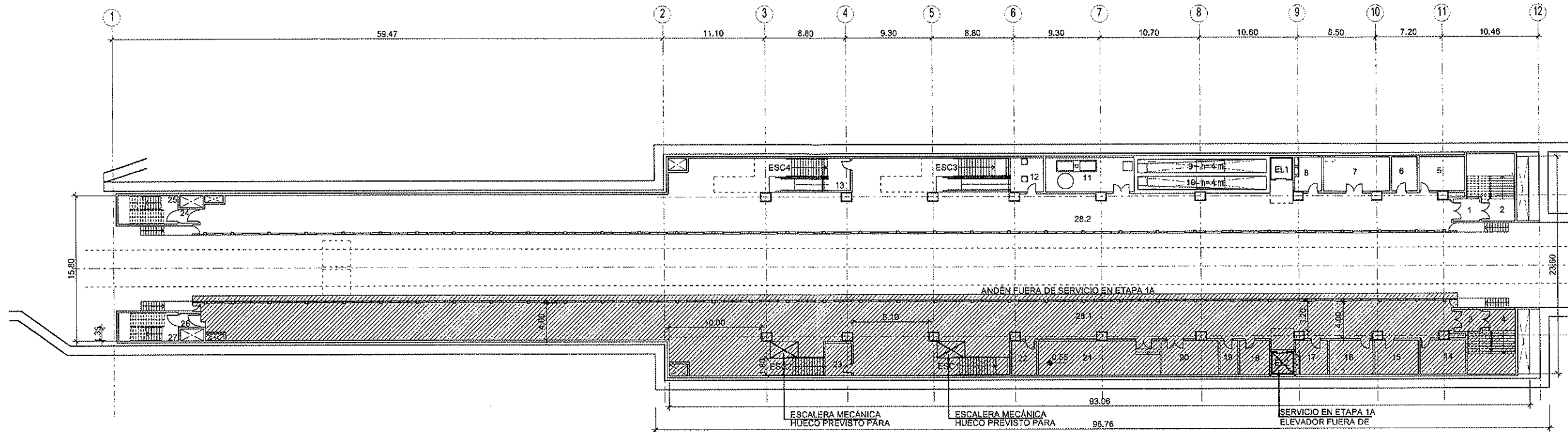


CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA







PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	7.01 m <sup>2</sup>
02	Escalera emergencia	33.82 m <sup>2</sup>
03	Escalera emergencia. Vestibulo previo.	7.01 m <sup>2</sup>
04	Escalera emergencia	33.82 m <sup>2</sup>
05	Sala de Contadores Eléctricos	18.35 m <sup>2</sup>
06	VLD 2	10.17 m <sup>2</sup>
07	Depósito para herramientas, equipos de mantenimiento de la vía y calenería	28.64 m <sup>2</sup>
08	Depósito	9.86 m <sup>2</sup>
09	Sistema de agua de emergencia	20.01 m <sup>2</sup>
10	Sistema de agua de emergencia	20.01 m <sup>2</sup>
11	Cuarto de bombas	35.31 m <sup>2</sup>
12	Sala de drenaje	13.16 m <sup>2</sup>
13	Sala Cons. Aux.	10.01 m <sup>2</sup>

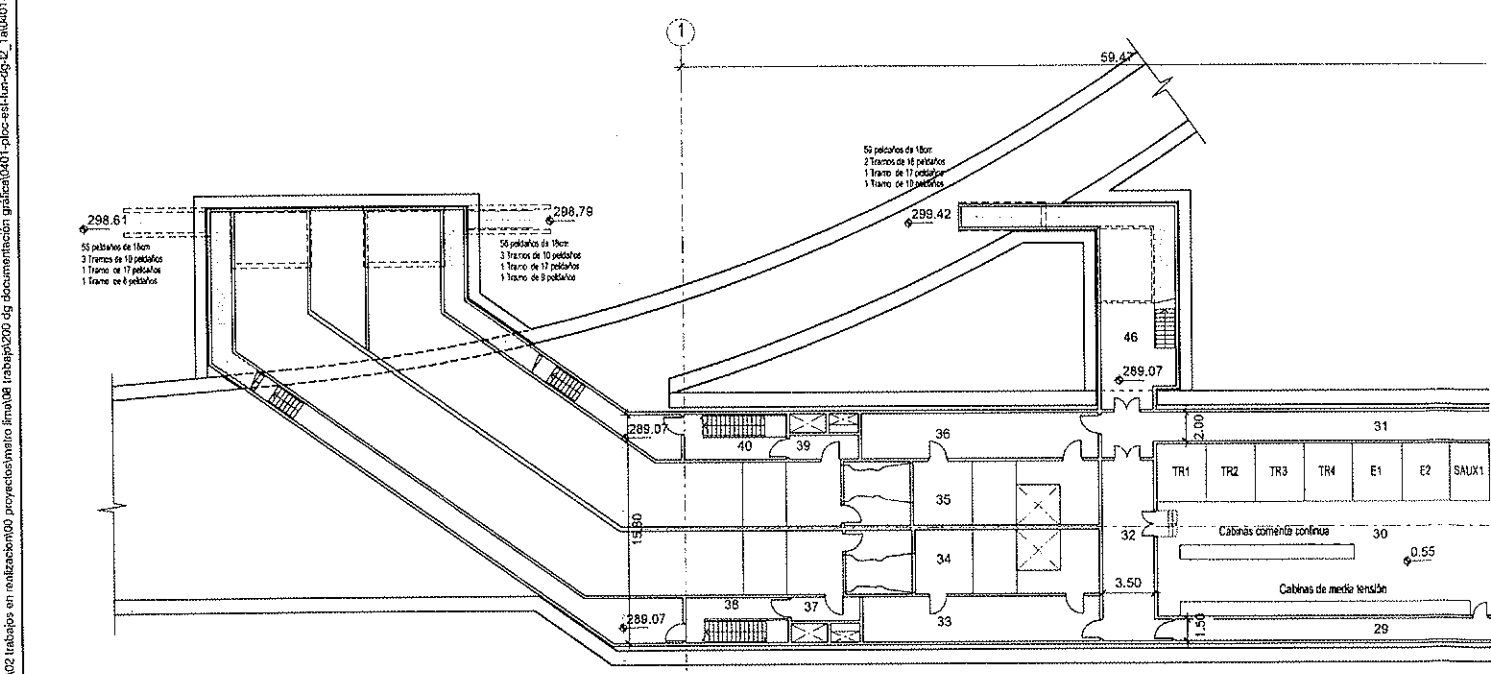
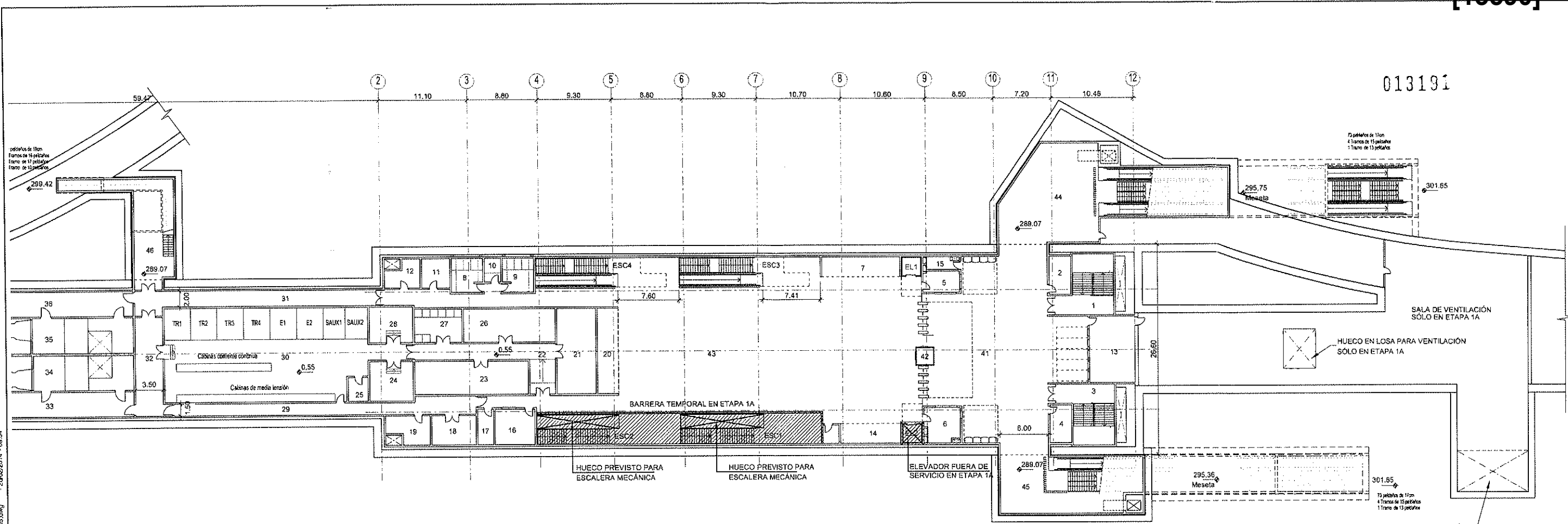
TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
14	Área Disponible	18.35 m <sup>2</sup>
15	Vestuarios	17.42 m <sup>2</sup>
16	Vestuarios	17.42 m <sup>2</sup>
17	Sala de telecomunicaciones secundaria estación	11.83 m <sup>2</sup>
18	PSDb Vigilancia y control de accesos	11.47 m <sup>2</sup>
19	VLD1	7.40 m <sup>2</sup>
20	Telcontrol	22.20 m <sup>2</sup>
21	Sala de enclavamiento	48.47 m <sup>2</sup>
22	Sala BT Aux.	9.99 m <sup>2</sup>
23	Sala Cons. Aux.	10.01 m <sup>2</sup>
24	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m <sup>2</sup>
25	Escalera emergencia.	20.06 m <sup>2</sup>
26	Escalera emergencia. Vestibulo previo	3.00 m <sup>2</sup>

TABLA DE LOS AMBIENTES NIVEL ANDÉN		
Nº	Nombre	Área
27	Escalera emergencia.	20.06 m <sup>2</sup>
28.1	Andén	620.25 m <sup>2</sup>
28.2	Andén	620.25 m <sup>2</sup>

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

013191



Nº	Nombre	Área
01	Escalera emergencia	45.32 m²
02	Control de seguridad	13.25 m²
03	Escalera emergencia	45.32 m²
04	Sala de Telecomunicaciones secundarias	13.25 m²
05	Vigilancia	11.97 m²
06	Sala de supervisión	18.67 m²
07	Concesionaria	24.47 m²
08	S.H. Masculino	16.72 m²
09	S.H. Femenino	16.72 m²
10	S.H. Adaptado	6.20 m²
11	Depósito de limpieza	13.17 m²
12	Depósito de basura	13.15 m²

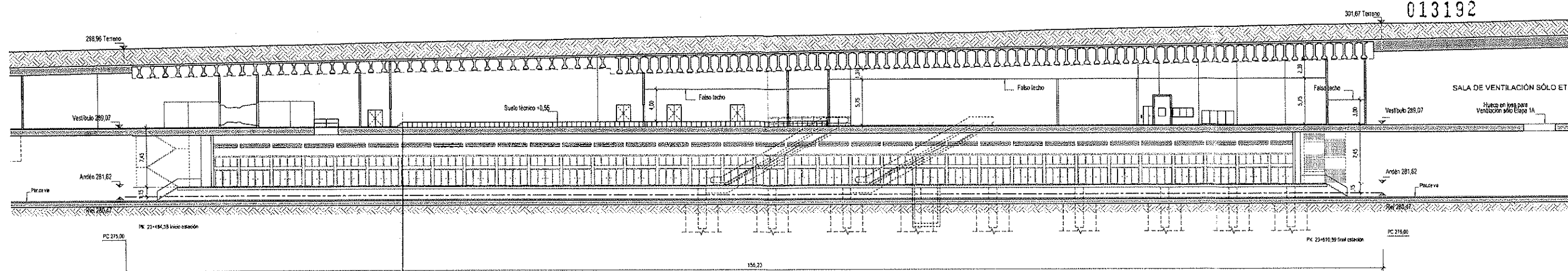
Nº	Nombre	Área
13	Boilería + cuarto de valores	48.38 m²
14	Concesionaria	24.47 m²
15	Sala aux. inst.	6.64 m²
16	Lieja de estación	22.50 m²
17	Tóxico para primeros auxilios	9.00 m²
18	Refectorio	20.63 m²
19	Aseo personal	17.32 m²
20	Concesionaria	28.36 m²
21	Sala UPS	52.92 m²
22	Pasillo	49.48 m²
23	Sala de comunicación ppal	80.06 m²
24	Sala ventilación subestación	27.00 m²

Nº	Nombre	Área
25	Sala de control distribuido	7.50 m²
26	Sala de baja ppal	48.30 m²
27	Sala seccionadores	25.20 m²
28	Sala ventilación subestación	24.30 m²
29	Pasillo	63.11 m²
30	Subestación Eléctrica	308.39 m²
31	Pasillo	66.57 m²
32	Pasillo	45.46 m²
33	Pasillo	50.44 m²
34	Ventilación	124.63 m²
35	Ventilación	125.69 m²
36	Pasillo	50.47 m²

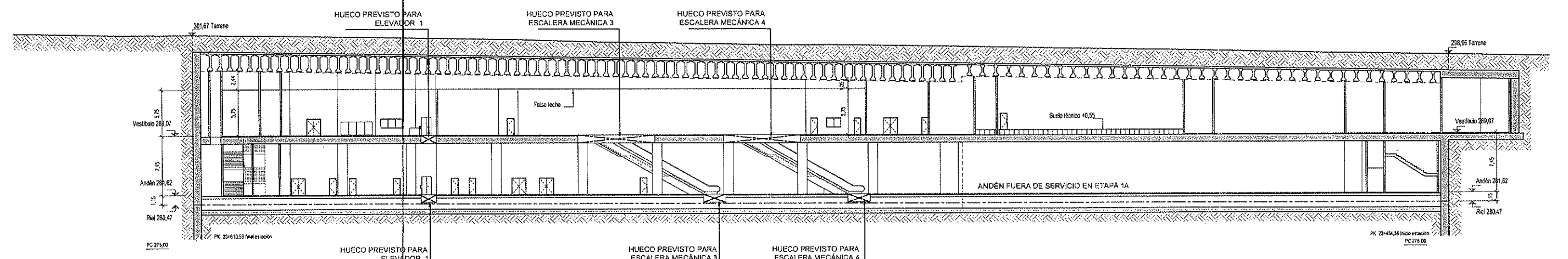
Nº	Nombre	Área
37	Escalera de emergencia. Vestibulo previo.	7.61 m²
38	Escalera de emergencia	21.74 m²
39	Escalera de emergencia. Vestibulo previo.	7.61 m²
40	Escalera de emergencia	21.73 m²
41	Área no paga	364.17 m²
42	Control acceso	4.45 m²
43	Área paga	874.05 m²
44	Vestibulo. Acceso 1.	153.69 m²
45	Vestibulo. Acceso 2.	85.30 m²
46	Acceso 5. Ducto materiales	49.46 m²

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

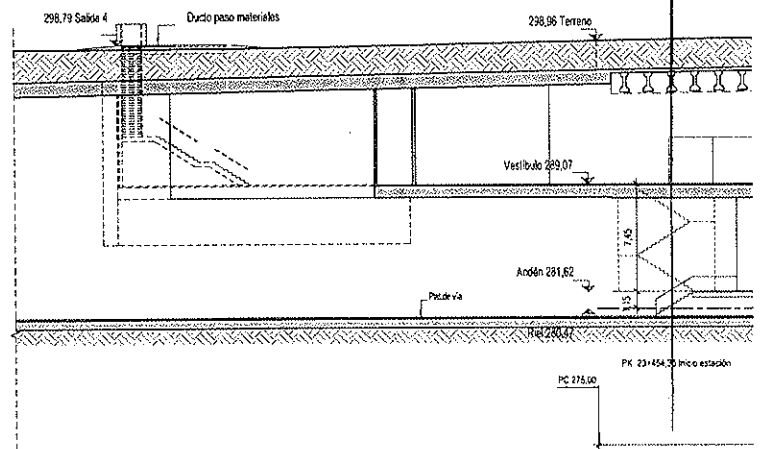
PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



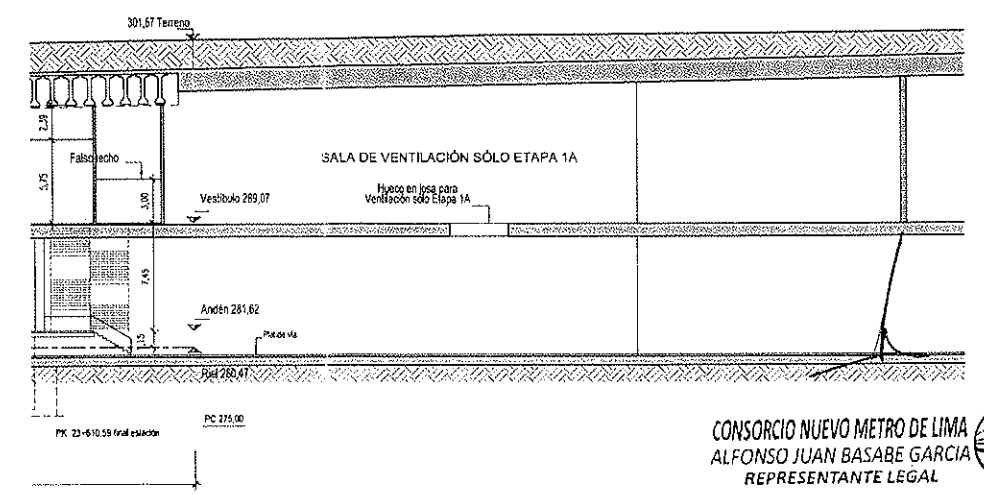
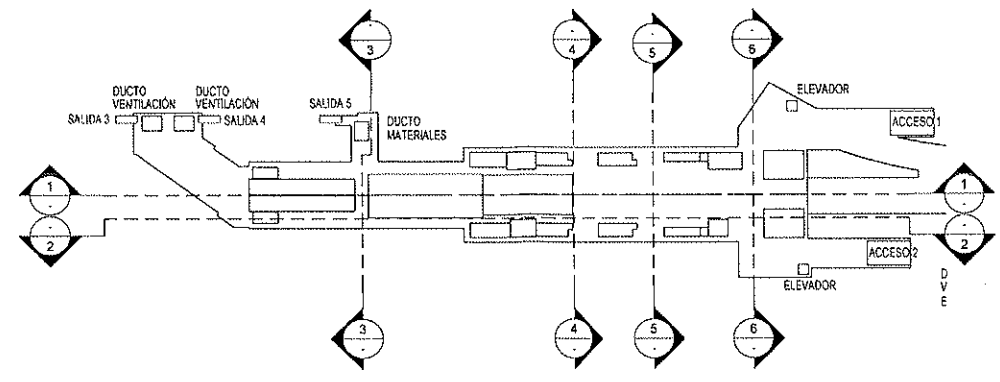
SECCIÓN LONGITUDINAL 1-1 Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 Escala: 1/250



SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

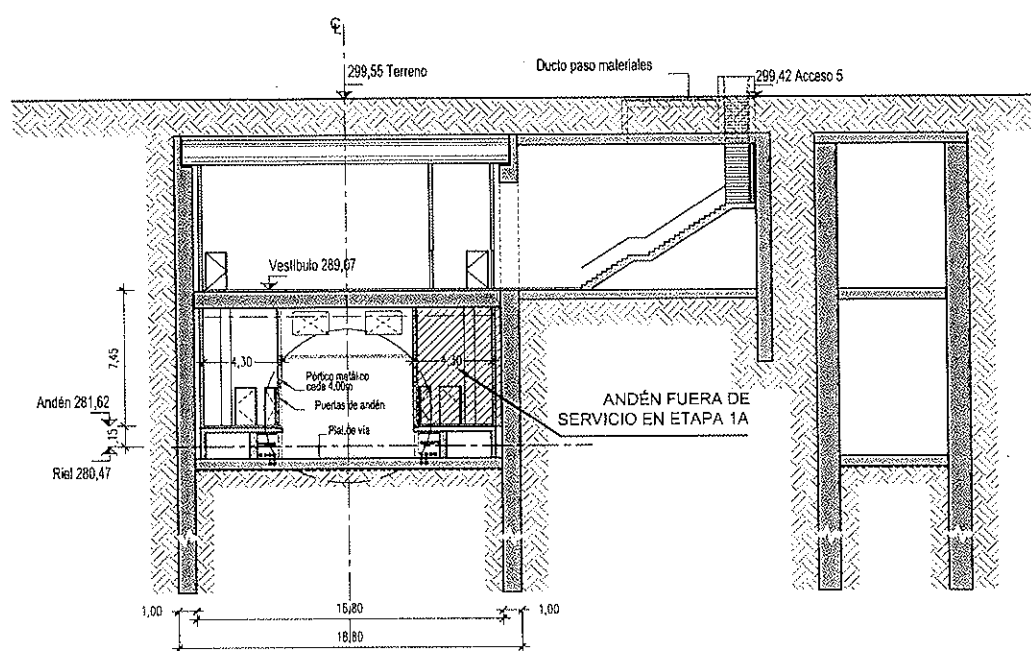


SECCIÓN LONGITUDINAL 2-2 (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

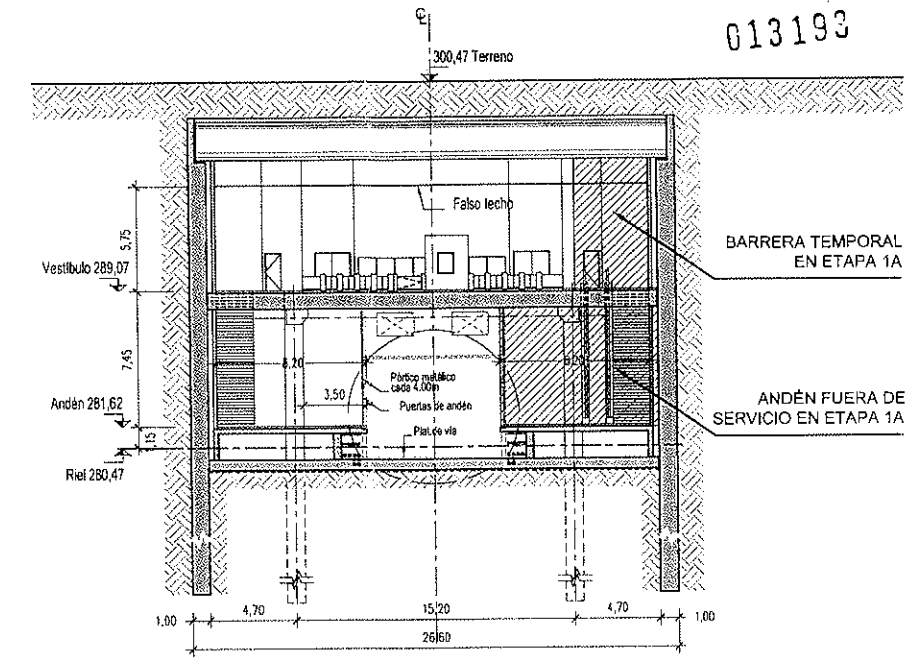
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA

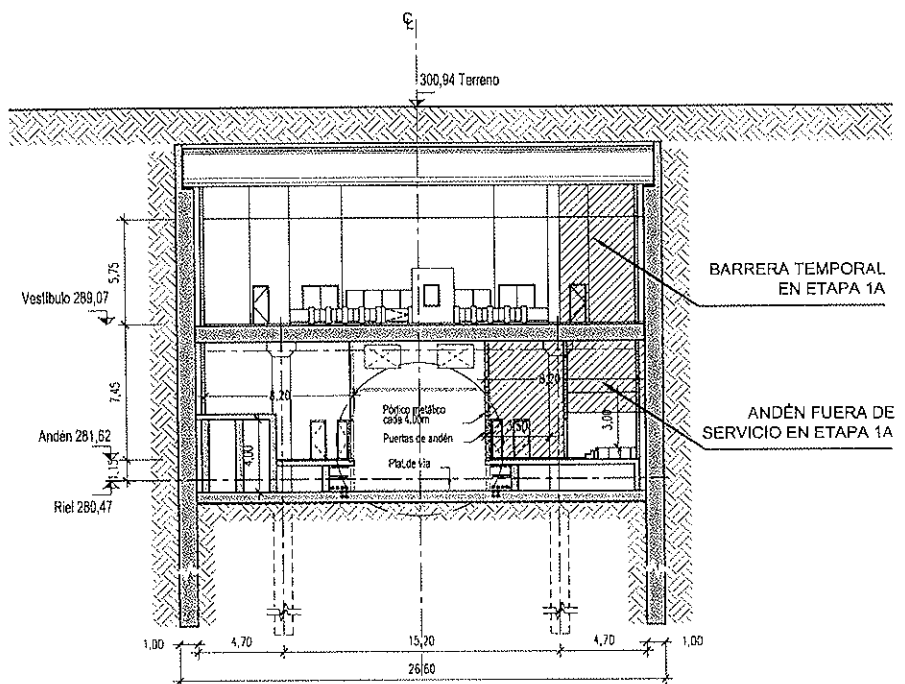
013193



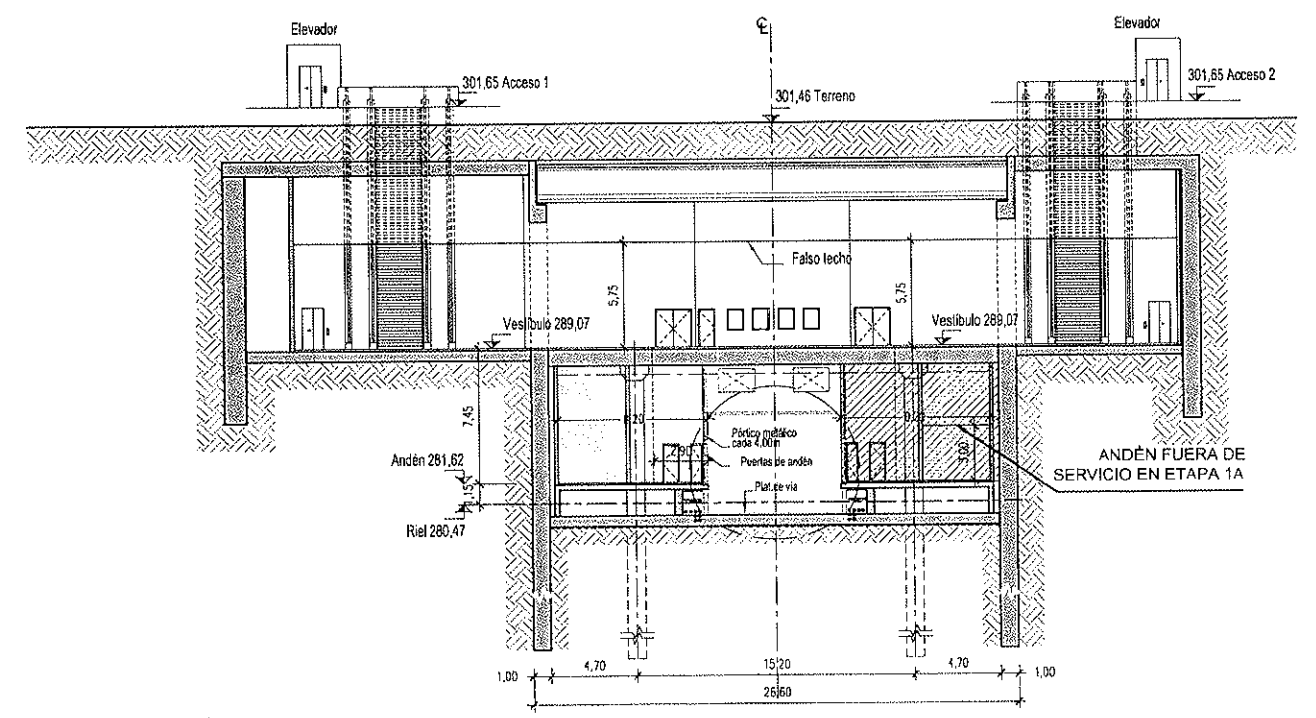
SECCIÓN TRANSVERSAL 3-3  
Escala: 1/200



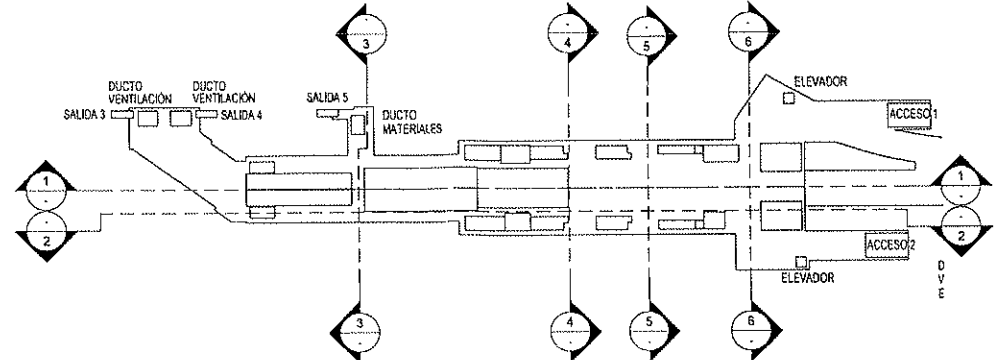
SECCIÓN TRANSVERSAL 4-4  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 5-5  
Escala: 1/200



SECCIÓN TRANSVERSAL 6-6  
Escala: 1/200



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

PLANO VÁLIDO SÓLO A EFECTOS DE ARQUITECTURA



CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/200
ESCALA (A2)	1/400
FECHA	FEBRERO 2014

LÍNEA 2, DEFINICIÓN FUNCIONAL Y ARQUITECTÓNICA ESTACIÓN MERCADO SANTA ANITA SECCIONES TRANSVERSALES		
PLANO Nº	0401-PLOC-EST-FUN-DG-L2-24	NOVA
FECHA	05 de 05	REVISIÓN
		0

I:\trabajo\trabajo\_2014\trabajo\_2014\_02\trabajo\_2014\_02\_24\trabajo\_2014\_02\_24\_p001\_p005.dwg - 21/02/2014 - 09:24

## O.4.2. Arquitectura de Estaciones

[13593]

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA




013194

O.4.2. Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA TIPO DE DOCUMENTO
------------------------	---

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

## O.4.2. ARQUITECTURA DE ESTACIONES

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





O.4.2. Arquitectura de Estaciones

Índice

013195

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Organización de los Usos</b> .....	<b>3</b>
1.1.1	Acceso desde el exterior .....	3
1.1.2	Vestíbulo .....	4
1.1.3	Andenes .....	4
1.1.4	Oficinas de operación .....	5
1.1.5	Locales comerciales .....	5
1.1.6	Locales técnicos .....	5
1.1.7	Programa de las estaciones .....	6

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





## 1 INTRODUCCIÓN

*"Lo verdadero, lo bello y lo bueno se encuentran unidos a lo útil". -Humboldt.*

Las cinco estaciones de la etapa 1A tienen características arquitectónicas muy similares diferenciándose por los requerimientos de evacuación reflejados en los bloques de escaleras requeridos por la demanda, si lleva la necesidad de albergar las salas técnicas de SER de la Línea 2, o si es una estación profunda.

En general, estas estaciones se sitúan debajo de la vía pública, y se conforman mediante un recinto de pantallas perimetral y losas de hormigón armado. La losa de vestíbulo sirve para acodalar la pantalla, porque las estaciones de la línea tienen una profundidad significativa. La losa dintel ejerce esta misma función en la cota superior de las pantallas. El cajón de las estaciones tiene dos partes, una zona ancha y una zona estrecha cuyas dimensiones varían según los requerimientos de la estación.

En esta etapa, las estaciones 20-Evitamiento y 24-Mercado Santa Anita sirven como estaciones terminales. Se incluyen salas de ventilación temporales, con rejillas a nivel de calle, para asegurar la capacidad de ventilación hasta que se terminen las siguientes etapas de la línea.

Las cinco estaciones que componen la primera etapa del proyecto tienen en común la organización y funcionamiento similar a toda la Línea 2 --menos las estaciones intercambiadores y la estación en caverna-- creando espacios donde los pasajeros se sienten más seguros porque se mueven en lugares conocidos.

Las estaciones representan estaciones tipo en función de:

- Si la estación tiene o no un SER.
- Construcción mediante Cut & Cover o Caverna.
- Número de cañones y la anchura de las escaleras mecánicas y fijas pedestres en servicio a la demanda.
- Profundidad de andén (relativa al vestíbulo).

Con estos datos, se divide las 5 estaciones en lo siguiente:

TIPO	CARACTERÍSTICOS TIPOS	ESTACIÓN
1.6 SER	C&C 2 cañones a cada andén con escalera pedestre de 2,40 m de ancho	9.95 m 20_Evitamiento
1.7 SER	C&C 3 cañones a cada andén con escalera pedestre de 2,40 m de ancho	7.45 m 21_Óvalo Santa Anita
1.5	C&C 2 cañones a cada andén con escalera pedestre de 2,40 m de ancho	7.45 m 22_Colectora Industrial
1.5	C&C 2 cañones a cada andén con escaleras pedestres de 2,40 m de ancho	7.45 m 23_La Cultura
1.2 SER	C&C 2 cañones a cada andén con escaleras pedestres de 1,80 m de ancho	7.45 m 24_Mercado Santa Anita

Se describe a continuación las características de estas 5 estaciones que son similares, y después se relaciona por estación las características distintas.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





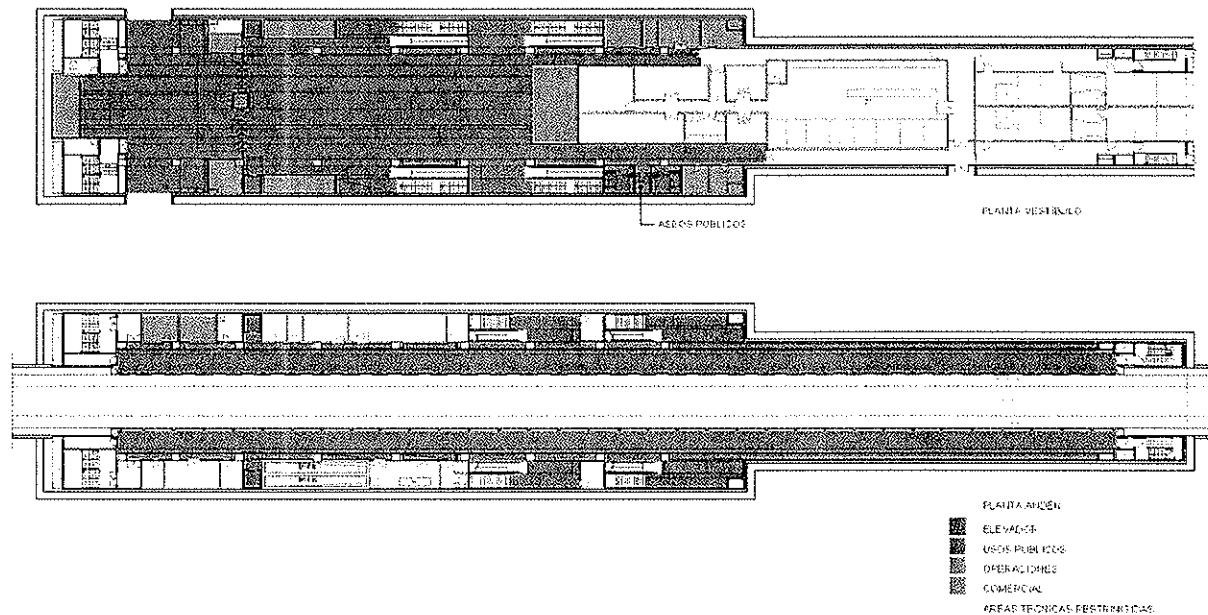


## 0.4.2. Arquitectura de Estaciones

### 1.1 ORGANIZACIÓN DE LOS USOS

013197  
Siguiendo el tipo base establecido, el diseño de estas estaciones permite evitar que los pasajeros se desubiquen y, consecuentemente, se acumulen sin control.

Las estaciones se conforman con dos niveles, uno de vestíbulo y otro de andenes. La organización de la estación parte desde la zona pública para asegurar que el pasajero, indistintamente de donde embarque o desembarque, se sienta siempre seguro y localice rápido los recorridos de acceso/salida. El resto de las dependencias necesarias para el correcto funcionamiento de la estación, alrededor de la acción de los usuarios, se distribuye de una manera racional y eficiente.



Todos los equipamientos necesarios para la vida y la gestión de la movilidad interna (escaleras mecánicas, ascensores, torniquetes, expendedoras, etc.) se han diseñado teniendo en cuenta el espacio útil necesario para su implementación gradual a lo largo de los años de operación, sin posteriores afectaciones a las obras civiles ya construidas. En el apartado de cada estación se definen los requerimientos específicos.

#### 1.1.1 Acceso desde el exterior

Los accesos a estas 5 estaciones están dimensionados para permitir un paso ágil de los usuarios en la entrada y en la salida y al mismo tiempo permitir una eventual evacuación en situaciones de emergencia. Se posibilita a los discapacitados físicos y sensoriales acceder a la estación sin dificultades, y de manera sencilla. Cada acceso tiene escaleras pedestres y mecánicas y se sitúa un ascensor en cada acceso con el fin de posibilitar la entrada a la estación de personas con movilidad reducida.

Estas estaciones no tienen cubierta ni cerramiento al nivel de la calle y para evitar la entrada de personas a la estación durante los horarios de cierre de la línea, cada acceso tiene puerta enrollable de seguridad en una meseta entre el nivel de la calle y el nivel de vestíbulo.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCÍA  
REPRESENTANTE LEGAL





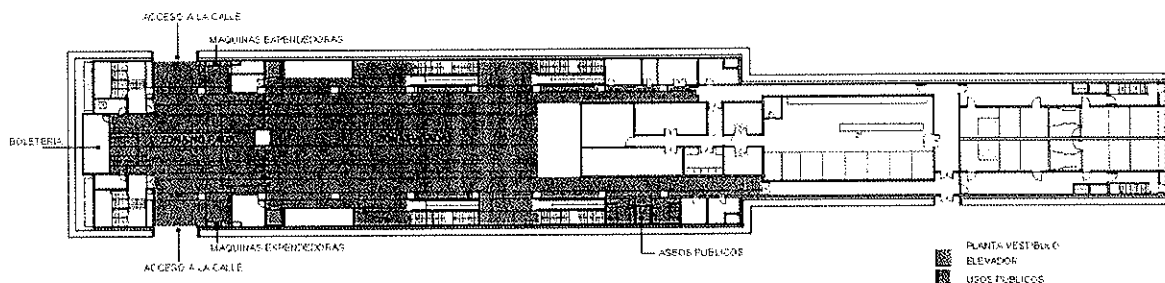
## O.4.2. Arquitectura de Estaciones

### 1.1.2 Vestíbulo

El vestíbulo de la estación es el primer elemento de distribución de los flujos de pasajeros para la conexión entre salida y andenes. El espacio público es abierto y alto, con falso techo a una altura mínima de 4.75 m sobre el suelo, con los recorridos a la vista, dando a los usuarios el sentido de seguridad tan necesaria en una estación de metro.

Se compone de 2 partes principales:

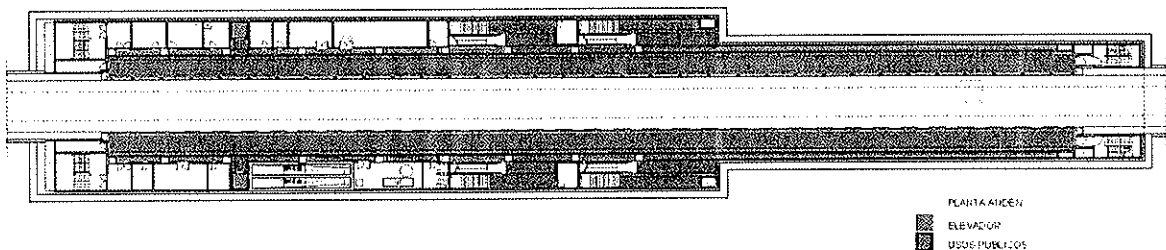
- Zona no paga, a donde cada acceso exterior comunica directamente. Hay libre acceso y circulación y en esta zona se encuentra la boletería y las máquinas expendedoras.
- Zona pagada, accesible solo después haber validado el billete, y da acceso directamente a la circulación vertical hacia los andenes. Hay acceso desde esta área a servicios al público como los aseos y oficinas de operaciones. También se encuentran zonas comerciales y desde esta zona se puede acceder a los espacios técnicos.



### 1.1.3 Andenes

Las estaciones tienen andenes laterales de 135 m de largo y ancho de 4 m delimitados por los accesos al andén y las puertas de andén. Además, el paso libre desde el límite de las puertas de andén y cualquier obstáculo fijo no tendrá un ancho menor de 3.2 m.

El acceso del vestíbulo a cada andén tiene un ascensor y el número de cañones y sus dimensiones depende de la demanda de cada estación.



CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL

En los extremos de cada andén se sitúan las salidas de evacuación:

- Una escalera sale directamente al exterior, y tiene 1.20 m de ancho.
- Una, cuya anchura depende en la demanda de la estación, va al vestíbulo, que en este diseño es seguro, y de allí al exterior a través de las dos entradas principales de la estación.
- En los espacios entre escaleras se ubican locales con fines técnicos de soporte para las instalaciones.

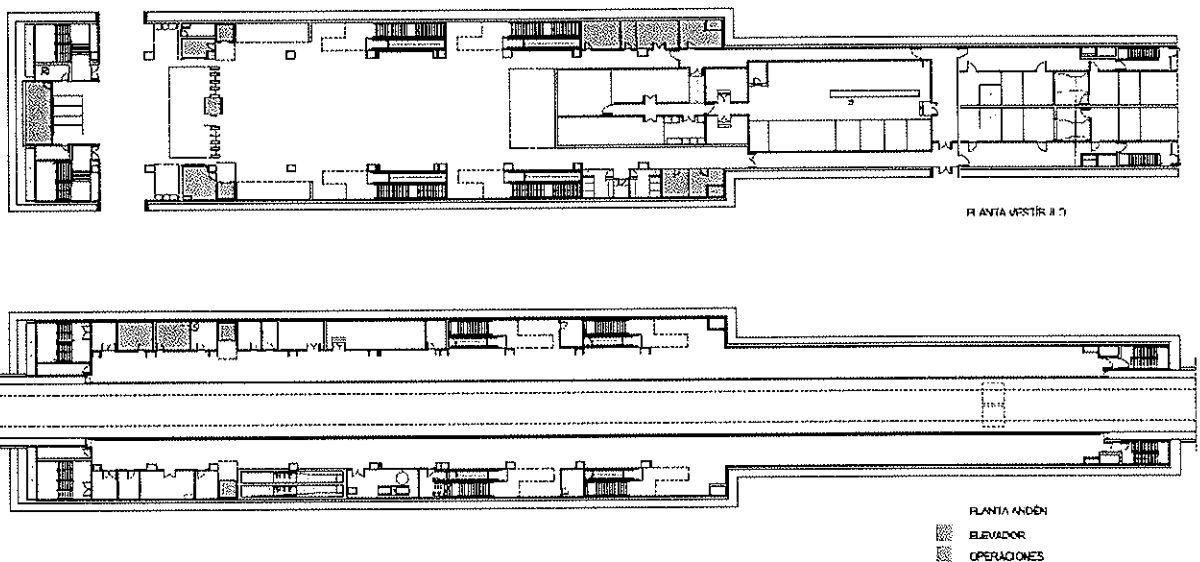


## O.4.2. Arquitectura de Estaciones

### 1.1.4 Oficinas de operación

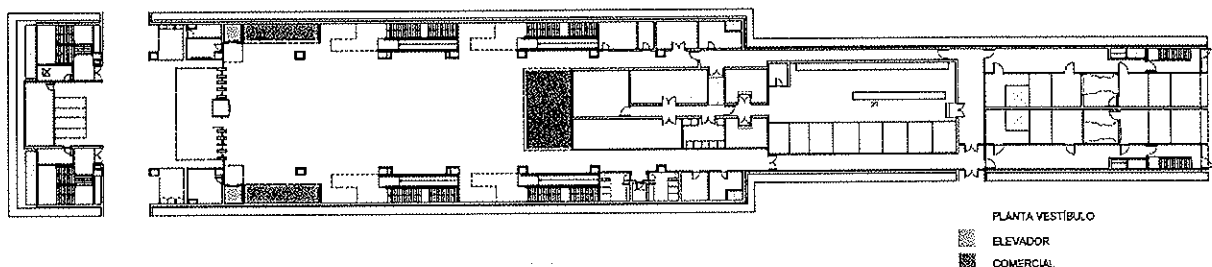
La filosofía general según la cual ha sido diseñado el sistema es garantizar las mejores soluciones tecnológicas y de automatización presentes hoy en día en el mercado. Un sistema completamente automatizado puede funcionar autónomamente basándose en controles 24/7 por parte de la sede central operativa, ubicada normalmente en el depósito de trenes, y por lo tanto las estaciones podrían limitar al mínimo la necesidad de personas fijas presenciales.

Teniendo en cuenta esta filosofía, las oficinas de atención al usuario que no son automatizables, se sitúan en las zonas de no pago. Y los espacios para la operación de la estación se sitúan en zonas de acceso restringido, ya que son de uso exclusivo del personal de la estación.



### 1.1.5 Locales comerciales

Todas las estaciones de la primera etapa tienen superficie para áreas comerciales en los laterales de la zona de pago, y algunos al fondo de la zona de pago si es posible, dadas las necesidades de las áreas técnicas.



### 1.1.6 Locales técnicos

En el nivel de vestíbulo se ubica la mayoría de instalaciones técnicas, y el eje principal de las instalaciones horizontales y verticales coincide con el eje de la estación, permitiendo accesos directos tanto al trazado como al resto de la estación.

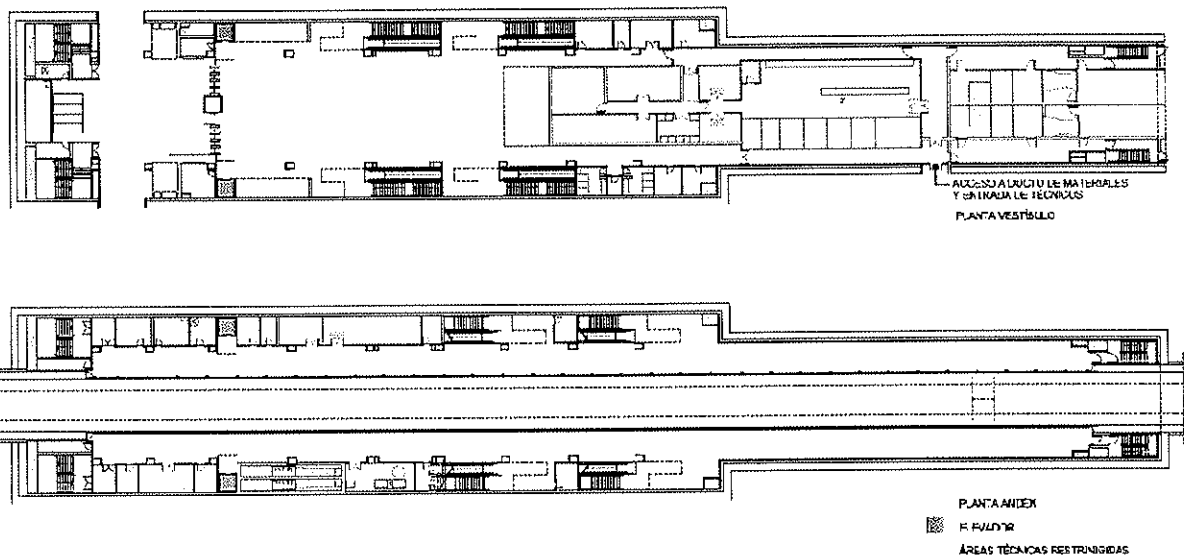
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASARRÉ GARCÍA  
 REPRESENTANTE LEGAL





## O.4.2. Arquitectura de Estaciones

- Hay una conexión del área técnica directa a la calle a través de una escalera con un ancho de 1.20 m y un ducto de mercancías. Desde el interior, esta salida también sirve para una tercera salida de evacuación en caso de emergencia.
- La estación que tiene área SER se ubica también en el eje de la estación en vestíbulo, reduciendo la superficie disponible para comercial. Su situación directamente sobre vías crea conexiones funcionales eficientes.



### 1.1.7 Programa de las estaciones

Los locales de las estaciones son similares, variando básicamente por la necesidad o no de una subestación eléctrica rectificadora (SER) del sistema. El cuadro de superficies de las estaciones se encuentra en el apartado específico de cada estación.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



**0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes**

013201

<p><b>0.4.3.</b></p> <p>Nº DOCUMENTO</p>	<p><b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA</b></p> <p>TIPO DE DOCUMENTO</p>
--	---

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

**0.4.3. ACCESIBILIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANDENES**

  
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

#### Índice

013202

<b>1</b>	<b>Accesibilidad del sistema</b> .....	<b>2</b>
1.1	Organización de los Flujos .....	2
1.2	Accesibilidad para personas de movilidad reducida .....	3
1.2.1	Cumplimiento de la normativa.....	3
1.2.2	Condiciones para la accesibilidad .....	3
<b>2</b>	<b>Dimensionamiento Funcional y de Seguridad</b> .....	<b>4</b>
2.1	Modelo de Flujo y Demanda de usuarios que utilizarán el servicio .....	4
2.2	Dimensionamiento funcional .....	5
2.3	Dimensionamiento de seguridad ante incendio .....	6
2.3.1	Ruta de evacuación en caso de incendio .....	7
2.3.2	Cálculo del tiempo de evacuación .....	7
2.4	Simulación de flujos en estación.....	8
2.5	Dimensionamiento de seguridad en caso de sismo y tsunami.....	9

APÉNDICE 1. CÁLCULOS DE EVACUACIÓN

APÉNDICE 2. PLANOS DE EVACUACIÓN

APÉNDICE 3. SIMULACIÓN DE FLUJOS EN ESTACIÓN

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

#### 1 ACCESIBILIDAD DEL SISTEMA

013203

Accesibilidad del sistema incluye los movimientos de los usuarios dentro de las estaciones tanto a diario, como en casos de emergencia. Se describe a continuación el flujo de usuarios de las estaciones tipo, su dimensionamiento funcional y de seguridad, y las provisiones de accesibilidad para personas discapacitadas.

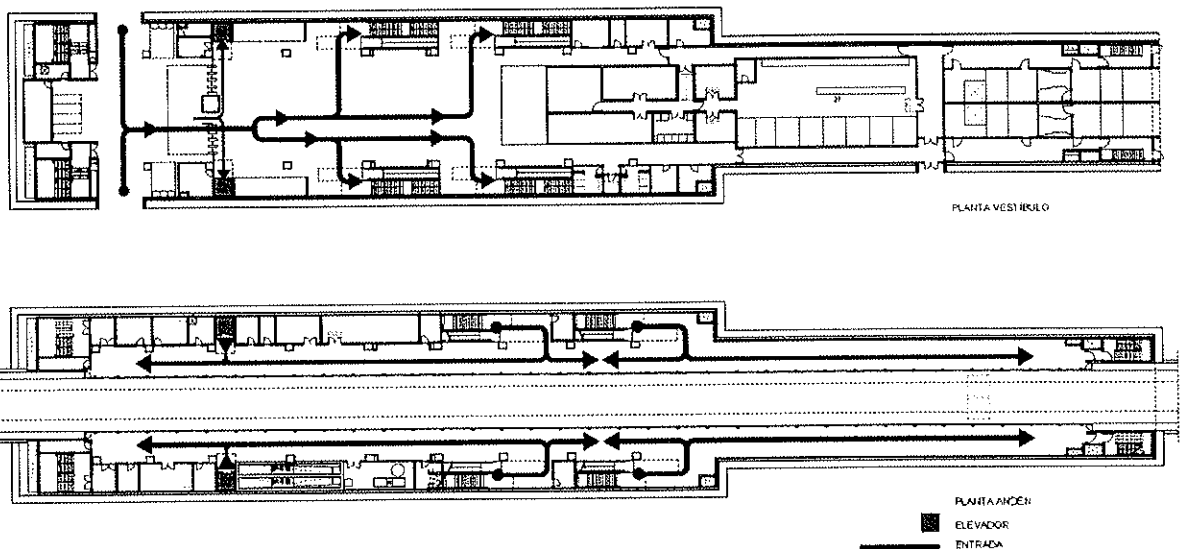
##### 1.1 ORGANIZACIÓN DE LOS FLUJOS

Las 5 estaciones tienen un funcionamiento similar basado en la existencia de un área de no pago, a la que se llega a través de dos accesos provenientes de la calle, un área de pago común y un vestíbulo interno, que distribuye a los viajeros entre los dos andenes laterales.

Se desemboca al área de no pago por los laterales a través de escaleras fijas y mecánicas, o elevadores, adaptando dichos brazos a la singularidad de la zona de la ciudad en la que se inserta la estación.

Al área de pago, que es un gran vestíbulo de circulación al que desembocan los cañones de acceso a cada uno de los andenes, se accede a través de la línea de torniquetes. También hay un ascensor que sirve a cada andén desde el vestíbulo. Ese mismo vestíbulo sirve para hacer el cambio de andén.

Las estaciones están adaptadas para facilitar el acceso a discapacitados, desde la calle hasta el acceso al tren, mediante ascensores, escaleras mecánicas y recorridos señalizados para invidentes.



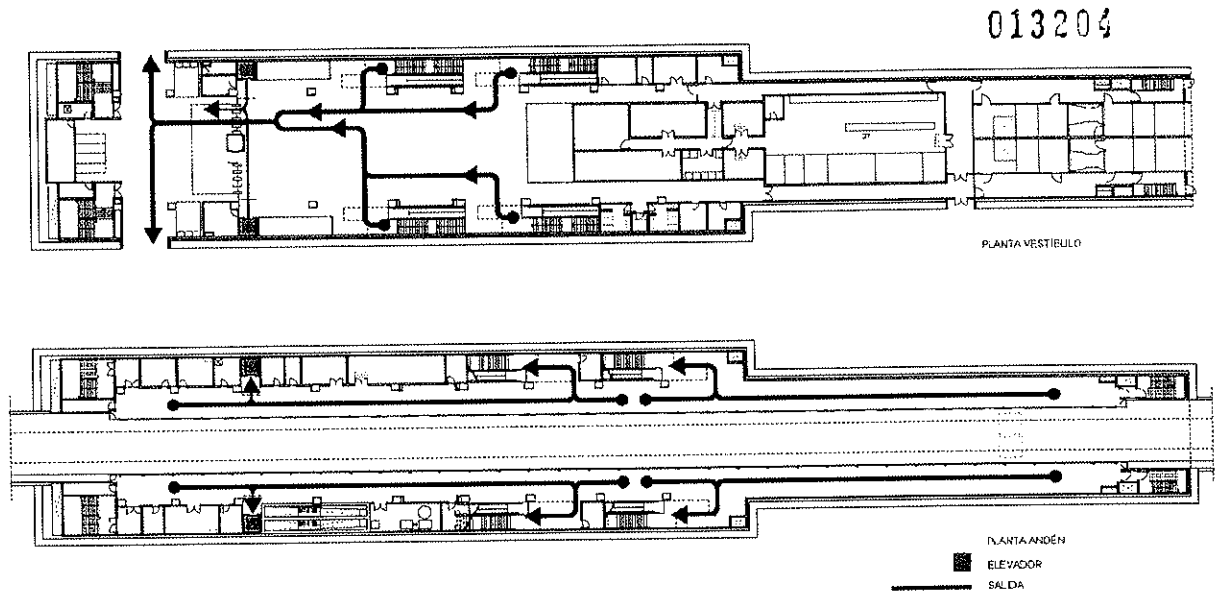
Para facilitar el flujo, la salida de las estaciones es igual a la de entrada, garantizando la comodidad de los usuarios.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes



## 1.2 ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA

### 1.2.1 Cumplimiento de la normativa

En la redacción del diseño, se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la normativa relacionada con accesibilidad, principalmente la Norma A.120 Accesibilidad para Personas con Discapacidad del Ministerio de Vivienda de Perú que es de aplicación para todas las edificaciones donde se presten servicios de atención al público.

De acuerdo con la Norma A.120, como edificio de uso público es accesible en todos sus niveles para personas con discapacidad. Específicamente, como edificación de transporte, hay una ruta accesible desde el ingreso a la estación hasta las áreas de embarque, y las áreas de venta de pasajes, los puntos de control de seguridad, y las áreas de espera de pasajeros serán accesibles en acorde con la normativa.

### 1.2.2 Condiciones para la accesibilidad

En el área de acceso se cumple con lo siguiente:

- El ingreso a la edificación es accesible desde la acera correspondiente.
- Los pisos son fijos y serán uniformes, con material antideslizante.
- Los cambios de nivel de entre 6 y 13 mm se salvarán con una pendiente no mayor a 1:2 y los superiores de 13 mm se resolverán mediante rampa.
- Los pasadizos de ancho menor a 1.50 m contarán con espacios de giro cada 25 m, de 1.50 x 1.50 m.
- En el caso de las estaciones, todos los accesos son accesibles, con un ascensor desde la calle al vestíbulo. Como tal, se entiende que los ascensores pueden ser usados por el público en general.

En las circulaciones, los pasadizos de ancho menor a 1.50 m. deberán contar con espacios de giro de una silla de ruedas de 1.50 m. x 1.50 m. cada 25 m. En pasadizos con longitudes menores debe existir un espacio de giro. En las circulaciones públicas de estas estaciones, no hay pasadizos de ancho menor a 1.50 m.

Las dimensiones y características de puertas se cumplen con el ancho mínimo de una puerta de una hoja que será de 90 cm, y entre dos puertas consecutivas se guardará 1.20 m.

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL







### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

En estas estaciones no hay rampas en el recorrido público, por lo que siguen los 013205 requerimientos de la normativa.

Los ascensores cumplirán con todos los requerimientos de la normativa. En términos de cumplimiento de dimensión interior, todos los ascensores son al menos 1.50 m de ancho y 1.40 m de profundidad.

El mobiliario de las zonas de atención se habilitará para las personas con discapacidad, asegurando que los objetos que deban alcanzar frontalmente una persona en silla de ruedas tenga la altura correcta como está definido en la normativa. En las zonas de espera en andén, se dispondrá de un espacio para persona en silla de ruedas a razón de 1 por los primeros 50 asientos, y el 1% del número total a partir de 51.

Como el edificio demanda servicios higiénicos públicos, se cumplen los requisitos del Artículo 15 para el lavatorio, inodoro, y urinario, en un aseo específico para las personas con discapacidad.

Para la señalización, se cumplirá todo lo requerido en acorde con la normativa, además de tomar como referencia la norma UNI 11168 "Accesibilidad de las personas al sistema de transporte rápido masivo - Parte I: Criterios de diseño para el metro" que prescribe con más detalle requerimientos para hacer accesible las estaciones de metro. Se incluirán rutas táctiles en el suelo, y se prestará especial atención a la colocación de las rutas en zonas con poco tráfico de personas, evitando poner obstáculos o demasiados lugares para la toma de decisiones.

## 2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL Y DE SEGURIDAD

Todos los espacios de la estación, sobre todo los espacios públicos, se han dimensionado atendiendo a dos criterios fundamentales: funcionalidad en casos de emergencia y funcionalidad durante el ejercicio diario de la estación.

### 2.1 MODELO DE FLUJO Y DEMANDA DE USUARIOS QUE UTILIZARÁN EL SERVICIO

No se dispone de datos de demandas para el año 2016, por lo que de manera conservadora, se han empleado los datos del 2018 correspondientes a la entrada en explotación del tramo Estación Central – Municipalidad de Ate. En la Etapa 1ª las estaciones de Evitamiento y Mercado Santa Anita funcionan provisionalmente como estaciones terminales, por lo que sólo se han considerado los pasajeros de subida en sentido Oeste-Este para Evitamiento, y Este-Oeste para Santa Anita. Se han determinado las ocupaciones en el andén más cargado considerando este escenario, de acuerdo con las demandas de la siguiente tabla:

		SUBE	BAJA
20 - EVITAMIENTO	HPM Este/Oeste	-	437
	HPM Oeste/Este	340	-
	HPT Este/Oeste	-	594
	HPT Oeste/Este	374	-
21 - ÓVALO SANTA ANITA	HPM Este/Oeste	2984	435
	HPM Oeste/Este	362	2519
	HPT Este/Oeste	1887	202
	HPT Oeste/Este	410	1200
22 - COLECTORA INDUSTRIAL	HPM Este/Oeste	2331	63
	HPM Oeste/Este	170	603
	HPT Este/Oeste	1023	113





**0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes**

		013206	
		SUBE	BAJA
23 - LA CULTURA	HPT Oeste/Este	146	566
	HPM Este/Oeste	802	352
	HPM Oeste/Este	139	1930
	HPT Este/Oeste	<b>1916</b>	30
24 - MERCADO SANTA ANITA	HPT Oeste/Este	384	1072
	HPM Este/Oeste	<b>947</b>	-
	HPM Oeste/Este	-	1505
	HPT Este/Oeste	647	-
	HPT Oeste/Este	-	683

Se describe en la sección 2.3.2 los criterios de cálculo basado en la tabla anterior, y se resume que en todos los casos, la carga de ocupación del andén más cargado es inferior a la correspondiente al año 2047, por lo que el dimensionamiento realizado por tipologías en el punto A.7. sigue siendo válido.

Para el dimensionamiento funcional, también se calcula usando las demandas más exigentes del año 2047, para asegurar que hay espacio suficiente en el futuro. En las secciones de detalle de cada estación se incluyen tablas con datos para el dimensionamiento funcional y su Nivel de Servicio de los andenes, escaleras, área no paga, torniquetes, máquinas expendedoras y ventanillas.

**2.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL**

Siguiendo los requerimientos descritos en el Estudio de Factibilidad, se han hecho los cálculos para asegurar que los Niveles de Servicio cumplen los criterios y asegurar el funcionamiento óptimo para el uso diario en la demanda más exigente.

Se explica con detalle en el apartado A.7.5 como se han calculado los niveles de servicio.

En las secciones de detalle de cada estación, se incluyen los datos significativos para los cálculos de la estación.

La tabla a continuación representa un resumen de las cinco estaciones, con los cálculos del horizonte 2047, representando el año más exigente.

ESTACIÓN	AÑO DIMENSIONAL	CAPACIDAD ANDÉN	CAPACIDAD PARA NO PAGA	ESCALERAS ANTIQUEJES	ESCALERAS VESTIBULO	TORNQUETES	MÁQUINAS EXPENDEDORAS	VENTANILLAS
20_ EVITAMIENTO	2047	5.15 (A)	B4 (A)	A	A	-	B	4

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

013207

TIPO	Estación	ANCHO DIMENSIONANTE	CAPACIDAD ANDÉN Zona de andén (promedio Mipermany, Nds)	CAPACIDAD AREA NO PASA Mipermany, Nds	ESCALERAS ANDÉN/EST Nds	ESCALERAS VESTIBULO Nds	PASILLOS	TORNILLETES	MÁQUINAS EXPENDIDORAS	VENTANILLAS
1.7S	21_ÓVALO STA. ANITA	2047	21 (A)	2.2 (C)	A	B	-	13	8	9
1.5	22_COLECTORA INDUSTRIAL	2047	5.59 (A)	5.2 (A)	A	A	-	5	3	4
1.5	23_LA CULTURA	2047	5.32 (A)	3.8 (A)	A	A	-	6	3	4
1.2S	24_MERCADO SANTA ANITA	2047	7 (A)	7 (A)	A	A	-	5	1	2

### 2.3 DIMENSIONAMIENTO DE SEGURIDAD ANTE INCENDIO

Para la gestión de los escenarios de emergencia se utiliza la NFPA 130 - Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail System, reconocida a nivel internacional.

Los criterios de análisis para evaluar las capacidades de evacuación de las estaciones son los siguientes:

- La estación dispone de dos salidas alternativas y diferentes.
- El tiempo de evacuación desde el lugar más alejado del andén hasta lugar seguro debe ser inferior o igual a 6 minutos.
- Debe haber suficientes pasos de salida para evacuar desde los andenes toda la carga de ocupación de la estación en 4 minutos o menos.
- En el caso que nos ocupa, la zona segura es la zona de vestíbulo, una vez evacuado el andén. Esto es debido a la presencia de puertas de andén y el diseño de la ventilación de estación.
- La sección crítica equivale, en el caso de los andenes, al ancho libre del tramo con reducciones a cada lado por pared o puerta de andén. En el caso de las escaleras, la sección crítica equivale al ancho sin contar pasamanos.
- La capacidad por paso de las salidas de los andenes, pasillos y rampas hasta un 4% es de 81.9 pax/mm·min y la velocidad de marcha es de 37.7 metros/minuto.
- La capacidad por paso de las salidas de las escaleras fijas, escaleras mecánicas, pasillos, rellanos y rampas con una pendiente superior al 4% es de 55 pax/; las velocidades de marcha son de 12.1 metros/minuto de subida y 14.6 metros/minuto de bajada.

Elementos	Capacidad de paso	Velocidad de recorrido
Pasillos	81.9 pax/mm·minuto	37.7 metros/minuto
Escaleras	55 pax/mm·minuto	12.1 metros/minuto subida



### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

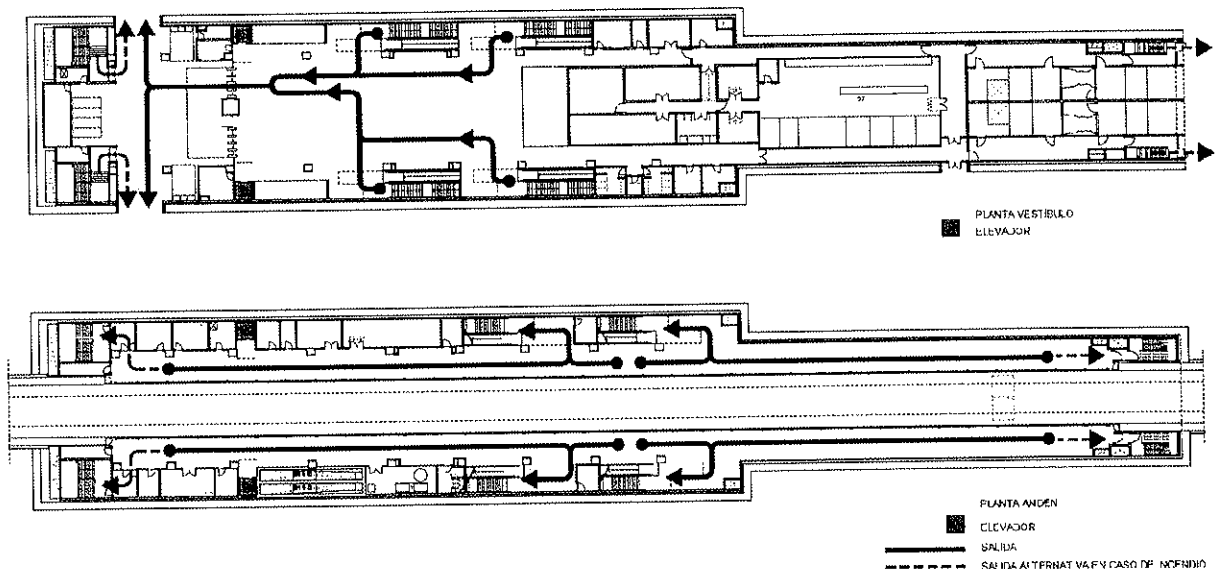
013208

14.6 metros/minuto de bajada

- Las cargas de ocupación de los andenes y de los trenes se especifica en los cálculos de cada estación que se incluyen en el Apéndice 2 de este apartado.
- En cuanto a las escaleras mecánicas las normas establecen que se tiene que considerar que en cada estación haya una escalera mecánica no utilizable, en previsión al no funcionamiento o mantenimiento de una de ellas.

#### 2.3.1 Ruta de evacuación en caso de incendio

En el caso de incendio, las rutas de evacuación son iguales en las cinco estaciones. Hay tres rutas de salida desde el andén: la misma ruta de la entrada, por los cañones, y en cada extremo de andén se encuentran escaleras de evacuación. Desde el lado estrecho de la estación, las escaleras suben directamente al nivel de la calle. Desde el otro extremo del andén, se sube por las escaleras de evacuación al nivel del vestíbulo, que es un lugar seguro, y se evacúa a la calle por los accesos públicos.



No se consideran los ascensores como un elemento de evacuación en caso de emergencia, excepto para las personas con movilidad reducida.

Las puertas de andén que se incluyen en el diseño de las estaciones mejoran el funcionamiento del metro en varios aspectos, e incide directamente en el diseño de la estación en la mejora de la seguridad de la estación en caso de incendios y para garantizar la seguridad de los pasajeros que esperan el tren. Las puertas de andén, que separa completamente la ventilación del túnel de la ventilación de la estación proporcionan protección a la zona de conexión frente a su exposición a los efectos de un tren incendiado, admitiendo – en acorde con la normativa NFPA 130– el establecimiento del vestíbulo como zona segura.

Para la evacuación del túnel hay un acceso a cada extremo de los dos andenes, con una barrera con puertas de emergencia con barra anti pánico. Por el lado interno de la estación estas puertas tendrán llave (unificada) para permitir el acceso al túnel (con la circulación de trenes detenida) del personal de mantenimiento.

#### 2.3.2 Cálculo del tiempo de evacuación

El cálculo del tiempo de evacuación de las estaciones se estudia bajo un determinado escenario de emergencia que determina la carga de ocupación. Se ha descrito en detalle en

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL





### O.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

013209

el apartado A.7.5, sección 3.2, el método que se ha usado para calcular los tiempos de evacuación.

Se describe en el apartado 2.2.1 la demanda que se ha utilizado para el cálculo del tiempo de evacuación para estas cinco estaciones.

La frecuencia de paso prevista para la Etapa 1A es de 6 minutos tanto en hora punta mañana como en hora punta tarde. Debido a que se trata de frecuencias de paso muy elevadas, se considera un tiempo de interrupción del servicio de 10 minutos. De acuerdo con las demandas anteriores y considerando estas frecuencias se ha determinado la carga en el andén más cargado para el año 2018:

E1A - 2018	Evitamiento	Óvalo	Colectora	La Cultura	Sta. Anita
Carga de Ocupación del Tren (pax)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Frecuencia (minutos)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Peak minute traffic	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
Carga máxima en hora punta	374	2.984	2.331	1.916	947
Carga máxima en hora punta* (F=1,5)*	561	4.476	3.497	2.874	1.421
Carga máxima en el minuto de hora punta*	9	75	58	48	24
Carga de ocupación en andén más cargado	1.294	1.946	1.783	1.679	1.437

En todos los casos, la ocupación del andén más cargado es inferior a la correspondiente al año 2047, por lo que el dimensionamiento realizado por tipologías en el punto A.7. sigue siendo válido.

#### 2.4 SIMULACIÓN DE FLUJOS EN ESTACIÓN.

Se ha realizado también un estudio de simulación de flujos en estación tanto en el escenario de operación como evacuación agrupadas por tipologías que cubren las diferentes casuísticas en las cinco estaciones de la Etapa 1A, ya que se ha propuesto básicamente una única tipología de estación con variantes en cuanto al número de accesos de andén a vestíbulo.

Durante la Etapa 1A, las estaciones de Evitamiento y Mercado Santa Anita funcionan como estaciones terminales. En este escenario, las estaciones funcionan con un único andén que sirve tanto para la subida como para la bajada de viajeros. En cualquier caso, la carga de ocupación en el andén más cargado más desfavorable es, para todas las estaciones, la correspondiente al escenario 2047. En el caso de las estaciones de Evitamiento y Mercado Santa Anita, al funcionar con un único andén, el flujo de pasajeros en vestíbulo se reducirá significativamente respecto el escenario considerado en las simulaciones, por lo que los resultados obtenidos siguen siendo válidos.

Cuatro de las cinco estaciones del tramo 5, se agrupan en la misma tipología de estación de 2 cañones de acceso de andén a vestíbulo. Son las estaciones de Evitamiento, Colectora Industrial, La Cultura, y Mercado Santa Anita. De este grupo de estaciones, se han estudiado todas las problemáticas asociadas al mismo, que se han podido agrupar dentro del análisis de dos estaciones representativas del todo el proyecto como pueden ser La Alborada y Evitamiento, correspondiente esta última a la Etapa 1A.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





### 0.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

013210

La correspondencia entre dichas estaciones sería la siguiente:

- Estación de Evitamiento: tipología de 2 conexiones verticales andén a vestíbulo de ancho 2.4 m de escalera fija, al igual que las estaciones de Colectora Industrial y la Cultura.
- Estación de La Alborada: tipología de 2 conexiones verticales andén a vestíbulo de ancho 1.8 m de escalera fija, al igual que la estación Mercado Santa Anita.

La otra estación del tramo, Ovalo Santa Anita, se agrupa dentro del grupo de 3 conexiones verticales andén a vestíbulo, cuya simulación de flujo, se ha asimilado a la Estación de Juan Pablo II ya que ambas cuentan con un ancho de 2.4 m de escalera fija.

Las simulaciones realizadas al efecto y sus conclusiones con resultados satisfactorios se detallan en el Apéndice 3.

### 2.5 DIMENSIONAMIENTO DE SEGURIDAD EN CASO DE SISMO Y TSUNAMI.

Debido a la existencia de riesgo de sismo y tsunami en la ciudad de Lima, es necesario que en las estaciones se identifiquen:

- Rutas de evacuación
- Zonas seguras

Las rutas de evacuación son independientes del tipo de riesgo que se produzca. Sin embargo, las particularidades del sismo, hacen necesario establecer zonas seguras dentro de la misma estación, en la que los usuarios puedan esperar a que termine el sismo antes de proceder a evacuar la estación. Las zonas seguras son lugares estructuralmente seguros, alejados de objetos y vidrios que puedan caer. En el caso de las estaciones de metro, que han sido dimensionadas estructuralmente para que sean seguras frente al sismo, las zonas seguras son aquellas en que no hay riesgo de que los acabados y las instalaciones fijas dañen a los usuarios.

Las zonas de refugio de la estación se han dimensionado en función del número de personas que estarán en la estación, en la demanda más exigente en cada una de ellas, durante el tiempo que dura el momento de mayor virulencia de un sismo que es, aproximadamente, un minuto, tras ese tiempo se supone que los usuarios intentarán salir a la mayor celeridad. Se establece que la ocupación de las zonas de refugio está del orden de 5 personas/m<sup>2</sup> y se dividen los espacios requeridos entre los dos andenes y el vestíbulo.

Tanto las zonas seguras como las rutas de evacuación deben señalizarse convenientemente. La identificación de estas zonas está recogida en los planos de evacuación.

En el caso de las estaciones del tramo 5, no se prevé riesgo de afectación directa por tsunami, debido a su localización lejos de la línea de costa, y de acuerdo con el documento Microzonificación ecológica económica de la Provincia Constitucional del Callao, Capítulo III - Caracterización del Escenario Físico, párrafo 3.7.3 Inundación por tsunami.

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN DASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



[13610]

O.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes

CONSORCIO  
NUEVO METRO DE LIMA



013211

O.4.3. Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA TIPO DE DOCUMENTO
------------------------	---

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

## O.4.3. ACCESIBILIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANDENES

### APÉNDICE 1. CÁLCULOS DE EVACUACIÓN

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



# ESTACIONES EVITAMIENTO, COLECTORA INDUSTRIAL Y LA CULTURA

## CARGA DE OCUPACIÓN ESTACIÓN TIPO 2 cañones 2,40m

### EVACUACIÓN DE ANDÉN

#### OCUPACIÓN EN ANDÉN MÁS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren  
 Frecuencia  
 Peak minute traffic  
 Carga máxima en hora punta  
 Carga máxima en hora punta\* (F=1,5)  
 Carga máxima en el minuto de hora punta\*  
 Carga de ocupación en andén más cargado

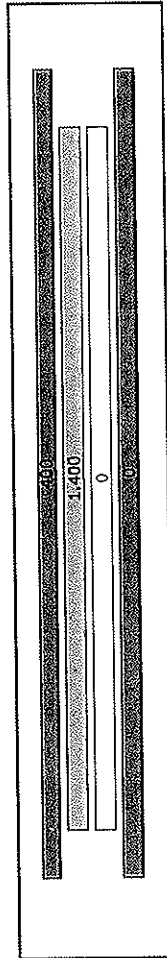
1.400 pax  
 50 min  
 0,017  
 3.182  
 4.773  
 80  
 1.800

#### OCUPACIÓN EN ANDÉN MENOS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren  
 Frecuencia  
 Peak minute traffic  
 Carga máxima en hora punta  
 Carga máxima en hora punta\* (F=1,5)  
 Carga máxima en el minuto de hora punta\*  
 Carga de ocupación en andén más cargado

pax  
 min

### DIAGRAMA DE CARGA



Andén A  
 Tren A  
 Tren B  
 Andén B

400 pax  
 1.400 pax  
 0 pax  
 0 pax

### GRÁFICO DE CARGA:

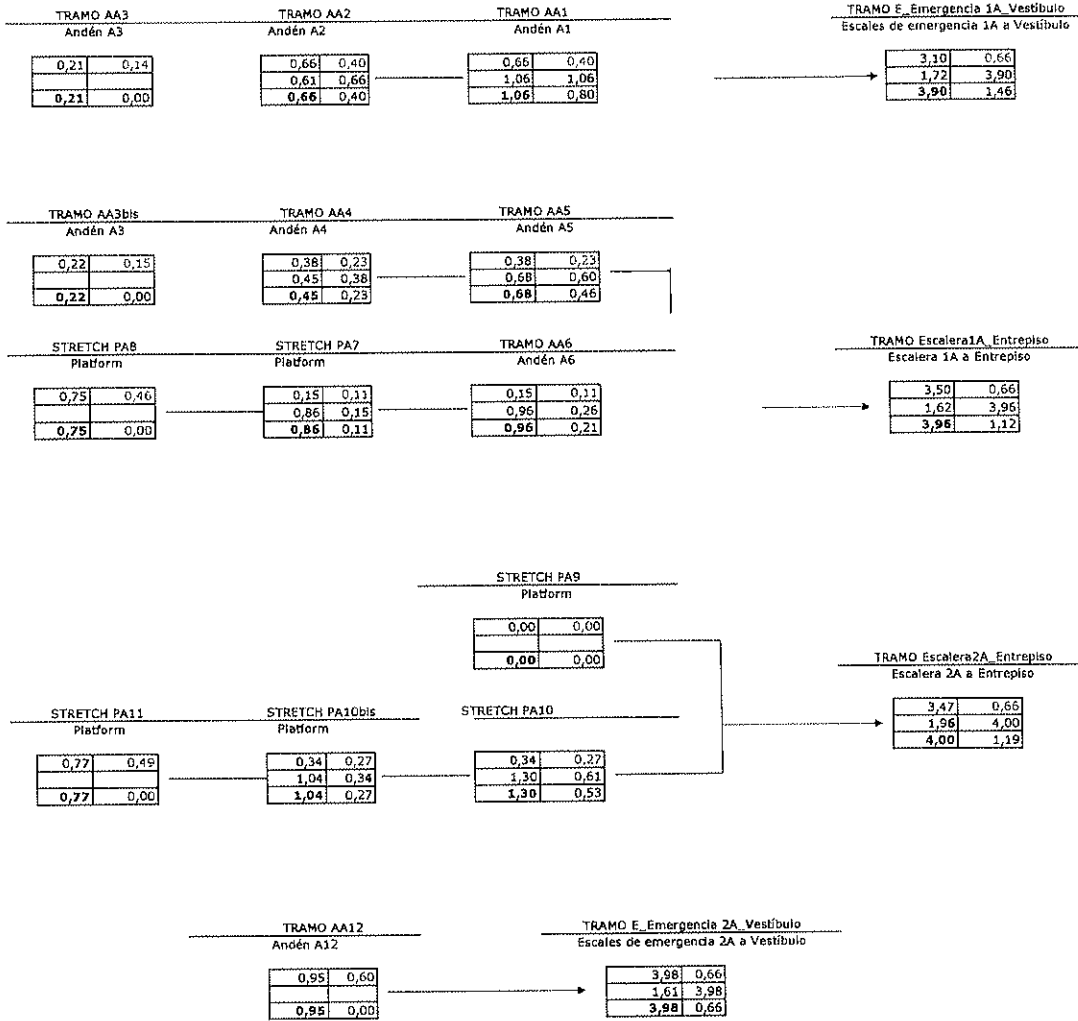
Andén A	Longitud:	Ancho:	Area:	Carga Total:	1.800 pax
AA1	48,16 m	3,2 m	48,16 m <sup>2</sup>	Carga AA1	140 pax
AA2	48,16 m	3,2 m	48,16 m <sup>2</sup>	Carga AA2	140 pax
AA3	45,90 m	8,5 m	45,90 m <sup>2</sup>	Carga AA3	133 pax
Aabis	49,30 m	8,5 m	49,30 m <sup>2</sup>	Carga AA3bis	143 pax
AA4	27,52 m	3,2 m	27,52 m <sup>2</sup>	Carga AA4	80 pax
AA5	34,00 m	3,2 m	34,00 m <sup>2</sup>	Carga AA5	80 pax
AA6	34,00 m	3,2 m	34,00 m <sup>2</sup>	Carga AA6	95 pax
AA7	55,04 m	8,5 m	55,04 m <sup>2</sup>	Carga AA7	95 pax
AA8	0,00 m	3,2 m	0,00 m <sup>2</sup>	Carga AA8	160 pax
AA9	42,50 m	3,2 m	42,50 m <sup>2</sup>	Carga AA9	0 pax
AA10	42,50 m	3,2 m	42,50 m <sup>2</sup>	Carga AA10	123 pax
AA10bis	42,50 m	8,5 m	42,50 m <sup>2</sup>	Carga AA10bis	123 pax
AA11	74,00 m	4 m	74,00 m <sup>2</sup>	Carga AA11	215 pax
AA12	91,20 m	4 m	91,20 m <sup>2</sup>	Carga AA12	265 pax
<b>TOTAL</b>	<b>135,00 m</b>		<b>619,80 m<sup>2</sup></b>		<b>1.800 pax</b>





**ESTACIÓN TIPO 2 cañones 2,40m**  
**TIEMPO DE EVACUACIÓN**

**ANDÉN A**



**LEYENDA:**

Tiempo de evacuación por capacidad de un tramo	Tiempo de evacuación por velocidad de un tramo
Tiempo acumulado 1	Tiempo acumulado 2
Tiempo de evacuación del último evacuado	Tiempo de evacuación del primer evacuado

Tiempo de evacuación por capacidad de un tramo: Carga del tramo/capacidad sección crítica

Tiempo de evacuación por velocidad de un tramo: Longitud del tramo/Velocidad de evacuación del tramo

Tiempo acumulado 1: tiempo de evacuación del último evacuado del tramo anterior más tiempo de evacuación por capacidad de un tramo

Tiempo acumulado 2: tiempo de evacuación del primer evacuado más tiempo de evacuación por capacidad del tramo

**TIEMPO DE EVACUACIÓN DE ANDÉN**      4,00    min

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

# ESTACION OVALO SANTA ANITA

## CARGA DE OCUPACIÓN ESTACIÓN 3 cañones 2,40 m

### EVACUACIÓN DE ANDÉN

#### OCUPACIÓN EN ANDÉN MÁS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren  
 Frecuencia  
 Peak minute traffic  
 Carga máxima en hora punta  
 Carga máxima en el minuto de hora punta\* (f=1,5)  
 Carga de ocupación en andén más cargado

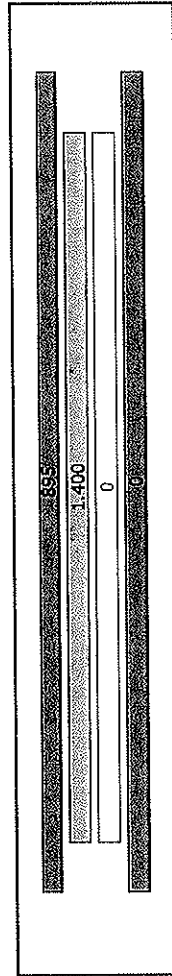
1.400 pax  
 150 min Frecuencia línea: 1,5 minutos. Frecuencia cálculo NFPA: máximo (dejamos pasar dos trenes , 5 minutos)  
 0.017  
 7.145  
 10.718  
 179  
 2.295

#### OCUPACIÓN EN ANDÉN MENOS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren  
 Frecuencia  
 Peak minute traffic  
 Carga máxima en hora punta  
 Carga máxima en el minuto de hora punta\* (f=1,5)  
 Carga de ocupación en andén más cargado

0 pax  
 min Frecuencia línea: 1,5 minutos. Frecuencia cálculo NFPA: máximo (dejamos pasar dos trenes , 5 minutos)

### DIAGRAMA DE CARGA



Andén A 895 pax  
 Tren A 1.400 pax  
 Tren B 0 pax  
 Andén B 0 pax

### GRÁFICO DE CARGA:

Andén A		Carga Total:		Carga Total:	
Longitud:	Ancho:	Area:	Carga AA1	Carga AA11	TOTAL
134,50 m	3,2 m	53,76 m <sup>2</sup>	210 pax	2.295 pax	134,50 m
	3,2 m	0,00 m <sup>2</sup>	Carga AA2	0 pax	
	8,2 m	53,30 m <sup>2</sup>	Carga AA3	208 pax	
	3,2 m	51,20 m <sup>2</sup>	Carga AA4	200 pax	
	3,2 m	86,40 m <sup>2</sup>	Carga AA5	337 pax	
	8,2 m	71,34 m <sup>2</sup>	Carga AA6	276 pax	
	3,2 m	24,00 m <sup>2</sup>	Carga AA7	94 pax	
	3,2 m	4,80 m <sup>2</sup>	Carga AA8	19 pax	
	8,2 m	82,00 m <sup>2</sup>	Carga AA9	320 pax	
	4 m	94,00 m <sup>2</sup>	Carga AA10	366 pax	
	4 m	68,00 m <sup>2</sup>	Carga AA11	265 pax	
		588,80 m <sup>2</sup>		2.295 pax	

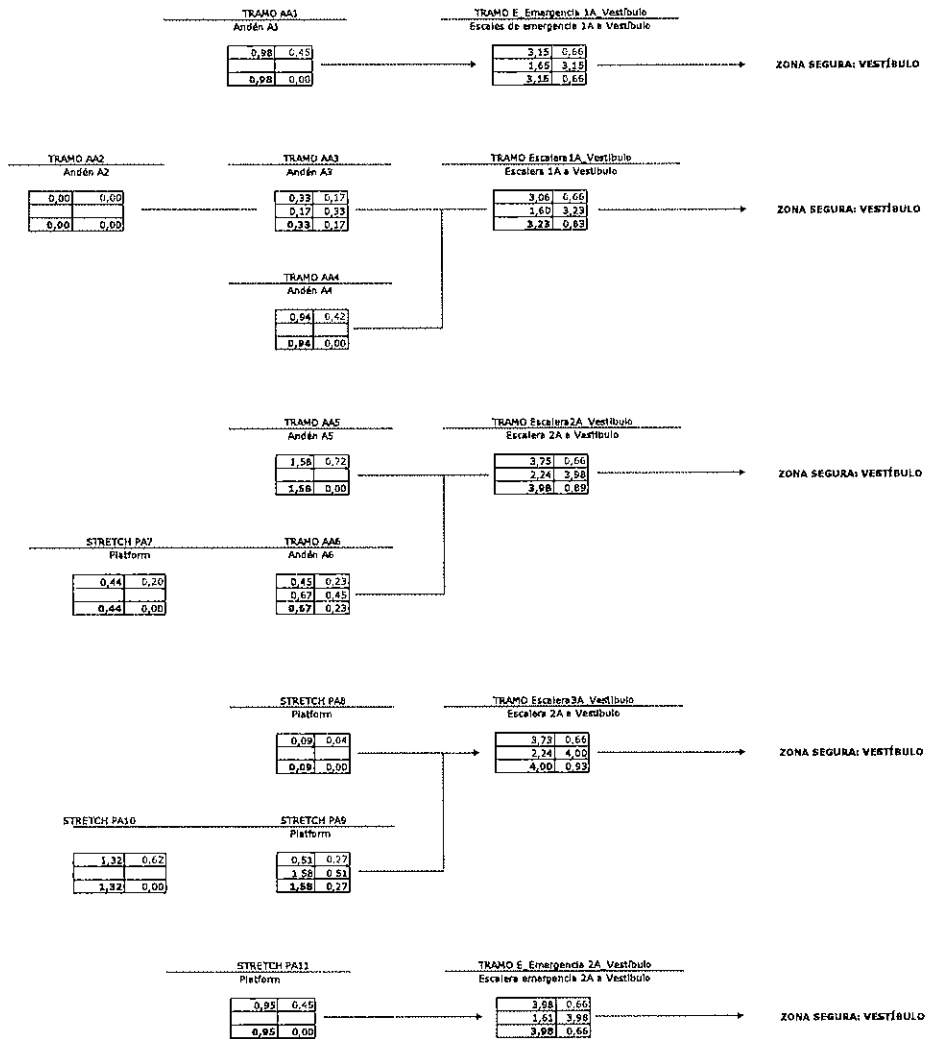
### GRÁFICO DE CARGA:

Andén B		Carga Total:		Carga Total:	
Longitud:	Ancho:	Area:	Carga AB1	Carga AB11	TOTAL
135,00 m	3,5 m	29,40 m <sup>2</sup>	0 pax	0 pax	135,00 m
	3,5 m	29,40 m <sup>2</sup>	Carga AB2	0 pax	
	8,5 m	55,25 m <sup>2</sup>	Carga AB3	0 pax	
	3,5 m	75,25 m <sup>2</sup>	Carga AB4	0 pax	
	3,5 m	75,25 m <sup>2</sup>	Carga AB5	0 pax	
	8,5 m	73,95 m <sup>2</sup>	Carga AB6	0 pax	
	3,5 m	15,75 m <sup>2</sup>	Carga AB7	0 pax	
	3,5 m	15,75 m <sup>2</sup>	Carga AB8	0 pax	
	6,5 m	85,00 m <sup>2</sup>	Carga AB9	0 pax	
	4 m	82,00 m <sup>2</sup>	Carga AB10	0 pax	
	4 m	82,00 m <sup>2</sup>	Carga AB11	0 pax	
		619,00 m <sup>2</sup>		0 pax	



ESTACIÓN 3 cañones 2,40m  
TIEMPO DE EVACUACIÓN

ANDÉN A



LEYENDA:

Tempo de evacuación por capacidad de un tramo	Tempo de evacuación por velocidad de un tramo
Tempo acumulado 1	Tempo acumulado 2
Tempo de evacuación del último evacuado	Tempo de evacuación del primer evacuado

- Tempo de evacuación por capacidad de un tramo: Carga del tramo/capacidad sección crítica
- Tempo de evacuación por velocidad de un tramo: Longitud del tramo/velocidad de evacuación del tramo
- Tempo acumulado 1: tiempo de evacuación del último evacuado del tramo anterior más tiempo de evacuación por velocidad
- Tempo acumulado 2: tiempo de evacuación del primer evacuado más tiempo de evacuación por capacidad del tramo

TIEMPO DE EVACUACIÓN DE ANDÉN	4,00 min
-------------------------------	----------

# ESTACIÓN MERCADO SANTA ANITA

## CARGA DE OCUPACIÓN ESTACIÓN TIPO 2 cañones 1,80

### EVACUACIÓN DE ANDÉN

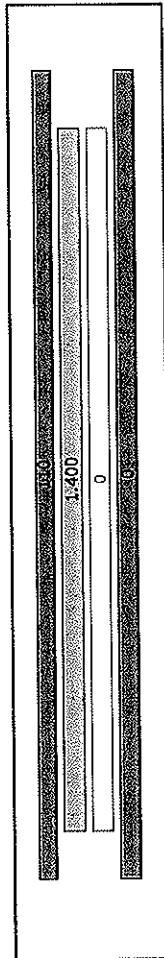
### OCUPACIÓN EN ANDÉN MÁS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren	1.400 pax
Frecuencia	15.00 min
Peak minute traffic	0.0177
Carga máxima en hora punta	865
Carga máxima en hora punta* (F=1,5)	1.298
Carga máxima en el minuto de hora punta*	22
Carga de ocupación en andén más cargado	1.510

### OCUPACIÓN EN ANDÉN MENOS CARGADO

Carga de Ocupación del Tren	pax
Frecuencia	min
Peak minute traffic	
Carga máxima en hora punta	
Carga máxima en hora punta* (F=1,5)	
Carga máxima en el minuto de hora punta*	
Carga de ocupación en andén más cargado	

### DIAGRAMA DE CARGA



Andén A 110 pax  
Tren A 1.400 pax  
Tren B 0 pax  
Andén B 0 pax

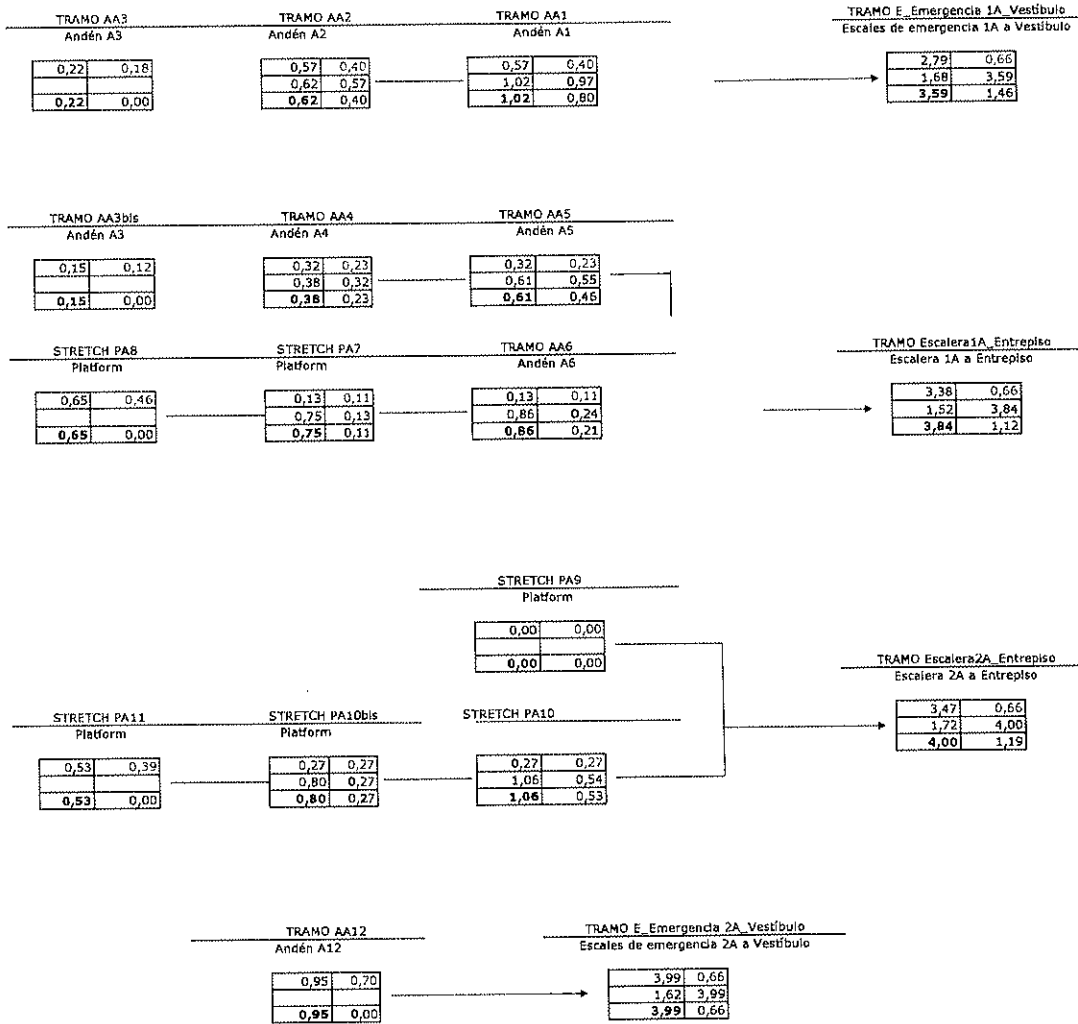
### GRÁFICO DE CARGA:

Andén A	Longitud:	Ancho:	Area:	Carga Total:
AA1	15,95 m	3,2 m	48,16 m <sup>2</sup>	121 pax
AA2	15,05 m	3,2 m	48,16 m <sup>2</sup>	121 pax
AA3	16,60 m	7,9 m	52,14 m <sup>2</sup>	131 pax
Aabis	4,80 m	7,9 m	36,34 m <sup>2</sup>	91 pax
AA4	8,60 m	3,2 m	27,52 m <sup>2</sup>	69 pax
AA5	8,60 m	3,2 m	27,52 m <sup>2</sup>	69 pax
AA6	4,00 m	7,9 m	31,60 m <sup>2</sup>	79 pax
AA7	4,00 m	7,9 m	31,60 m <sup>2</sup>	79 pax
AA8	17,20 m	3,2 m	55,04 m <sup>2</sup>	138 pax
AA9	9,00 m	3,2 m	0,00 m <sup>2</sup>	0 pax
AA10	5,00 m	7,9 m	39,50 m <sup>2</sup>	99 pax
AA10bis	5,00 m	7,9 m	39,50 m <sup>2</sup>	99 pax
AA11	14,80 m	4 m	59,20 m <sup>2</sup>	148 pax
AA12	26,50 m	4 m	106,00 m <sup>2</sup>	265 pax
<b>TOTAL</b>	<b>135,00 m</b>		<b>602,28 m<sup>2</sup></b>	<b>1.510 pax</b>



**ESTACIÓN TIPO 2 cañones 1,80**  
**TIEMPO DE EVACUACIÓN**

**ANDÉN A**



**LEYENDA:**

Tempo de evacuación por capacidad de un tramo	Tempo de evacuación por velocidad de un tramo
Tempo acumulado 1	Tempo acumulado 2
Tempo de evacuación del último evacuado	Tempo de evacuación del primer evacuado

Tempo de evacuación por capacidad de un tramo: Carga del tramo/capacidad sección crítica

Tempo de evacuación por velocidad de un tramo: Longitud del tramo/velocidad de evacuación del tramo

Tempo acumulado 1: tiempo de evacuación del último evacuado del tramo anterior más tiempo de evacuación por capacidad

Tempo acumulado 2: tiempo de evacuación del primer evacuado más tiempo de evacuación por capacidad del tramo

<b>TIEMPO DE EVACUACIÓN DE ANDÉN</b>	<b>4,00</b>	<b>min</b>
--------------------------------------	-------------	------------

[13617]

**O.4.3. Accesibilidad y dimensionamiento de los andenes**

**CONSORCIO**  
NUEVO METRO DE LIMA



013218

<b>O.4.3.</b> Nº DOCUMENTO	<b>O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA</b> TIPO DE DOCUMENTO
-------------------------------	--

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

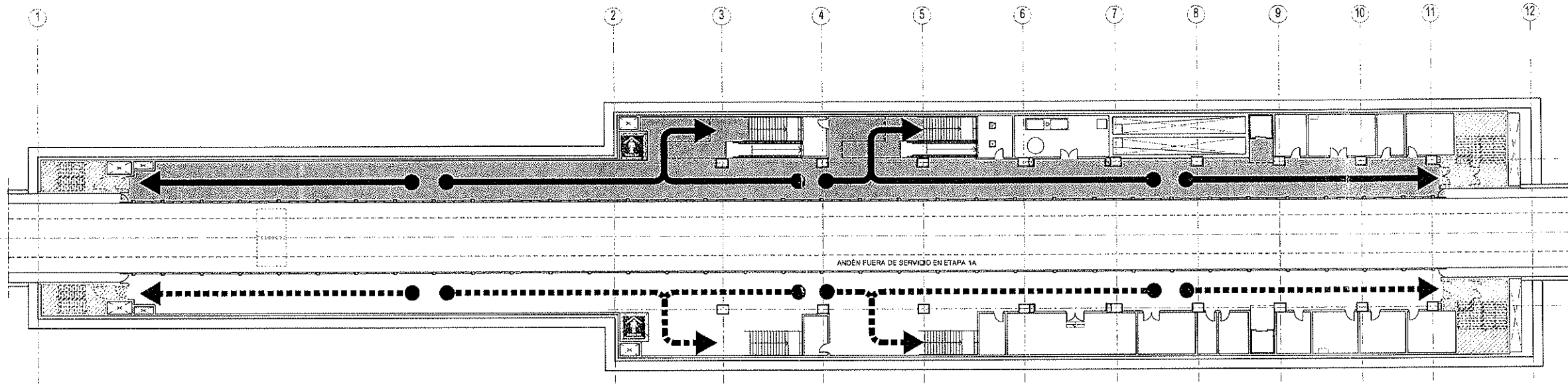
**O.4.3. ACCESIBILIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANDENES**

**APÈNDICE 2.PLANOS**

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL



CODIGO	ÍNDICE DE PLANOS	ESCALA A1	Nº PLANOS
PLOC-EST-FUN-EV-L2-20	Recorrido de evacuación. Estaciones L2. Estación 20- Evitamiento	1/250 - 1/500	2
PLOC-EST-FUN-EV-L2-21	Recorrido de evacuación. Estaciones L2. Estación 21- Ovalo Santa Anita	1/250 - 1/500	2
PLOC-EST-FUN-EV-L2-22	Recorrido de evacuación. Estaciones L2. Estación 22- Colectora Industrial	1/250 - 1/500	2
PLOC-EST-FUN-EV-L2-23	Recorrido de evacuación. Estaciones L2. Estación 23- La Cultura	1/250 - 1/500	2
PLOC-EST-FUN-EV-L2-24	Recorrido de evacuación. Estaciones L2. Estación 24- Mercado Santa Anita	1/250 - 1/500	2



PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

LEYENDA

- - - - -> RUTA DE EVACUACIÓN FUTURA
- - - - -> RUTA DE EVACUACIÓN
- ▨ ESCALERAS DE EMERGENCIA
- ▩ ÁREA SEGURA
- ⊠ ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL



Telefonos: 011 425 4166 y 425 4167 en la ciudad de Lima y 011 425 4166 y 425 4167 en la ciudad de Callao. Proyecto: Metro de Lima y Callao. Etapa 1A. Documento: 0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-20. Fecha: Febrero 2014.

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

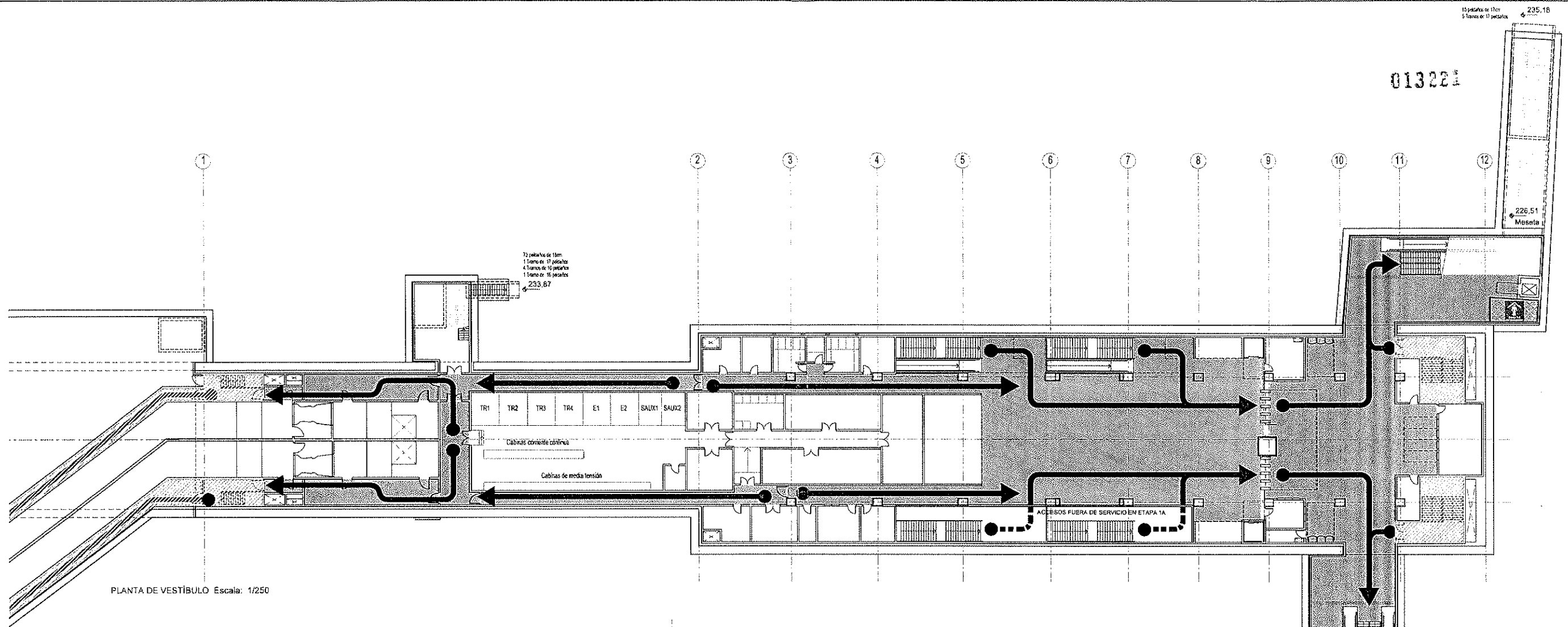
CONSULTORES  
**ayesa** | **euroestudios** | **2IT INGENIERIA**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO," ETAPA 1A

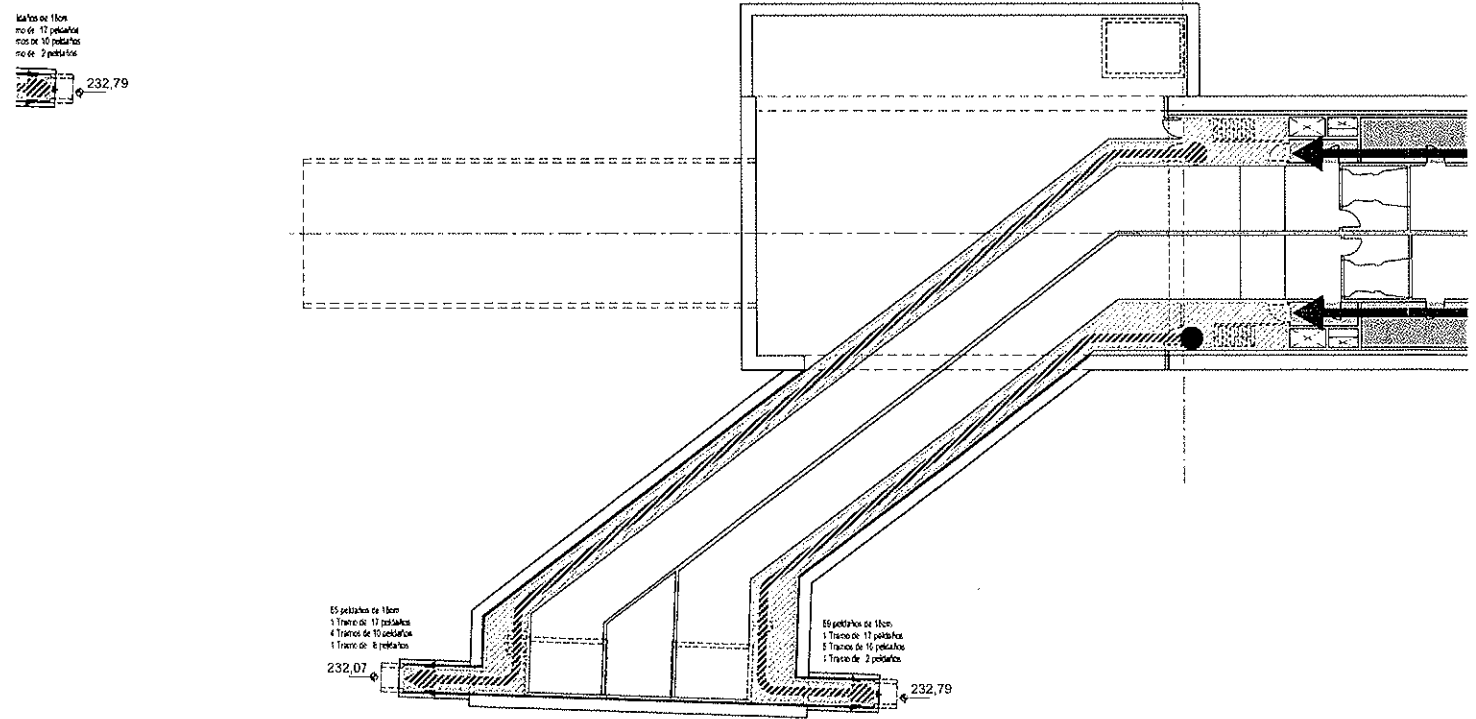
ESCALA (A1)	1/250	
ESCALA (A2)	1/500	
FECHA	FEBRERO 2014	

EVACUACIÓN ESTACIÓN EVITAMIENTO PLANTA DE ANDÉN		
PLANO N°	0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-20	HOJA 01 de 02
REVISIÓN		0





PLANTA DE VESTIBULO Escala: 1/250



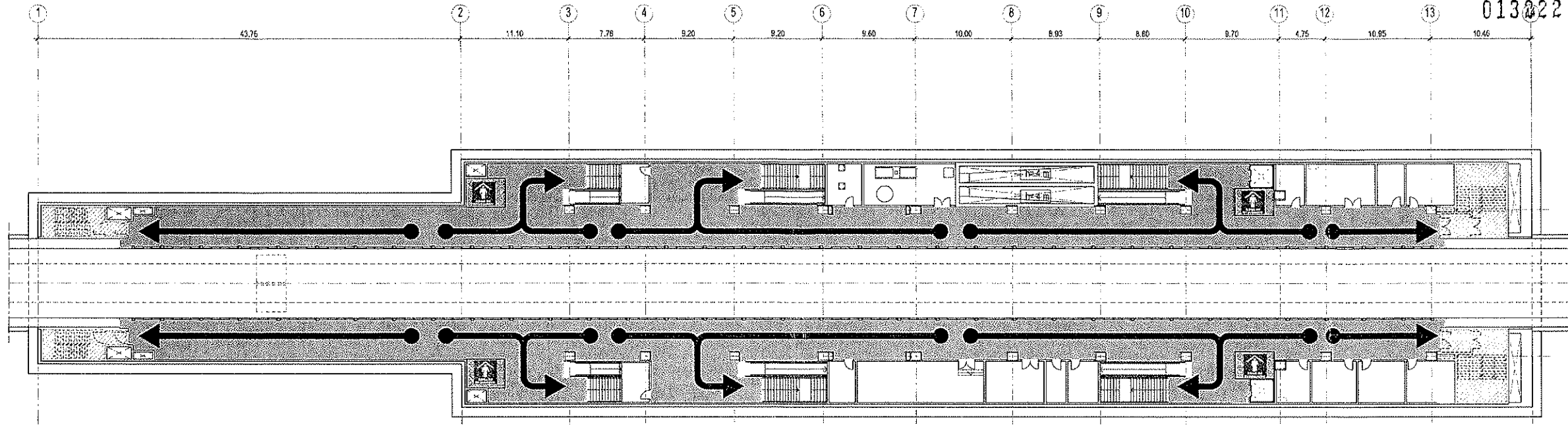
PLANTA DE VESTIBULO - CONTINUACION Escala: 1/250

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL


- LEYENDA
- RUTA DE EVACUACION FUTURA
  - ➔ RUTA DE EVACUACION
  - ▨ ESCALERAS DE EMERGENCIA
  - ▨ AREA SEGURA
  - ⊠ ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

25/02/2014 - 16:42  
 \\skv\c\l\l\l\25\_in\arquitectos\urbanismo\trabajos en realizacion\00\_proyectedelometrolima\08\_trabajo\200\_dg\_documentacion\grafica\04-04-plac-est-fun-ev-02\_1\0404-plac-est-fun-ev-20-p001-p002.dwg





013022



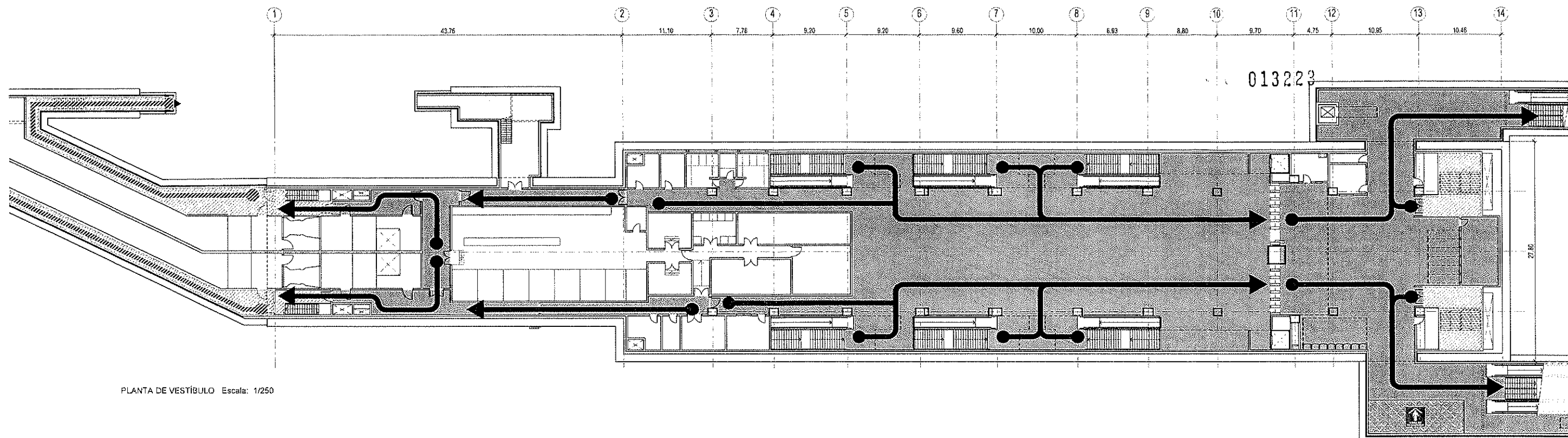
PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

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

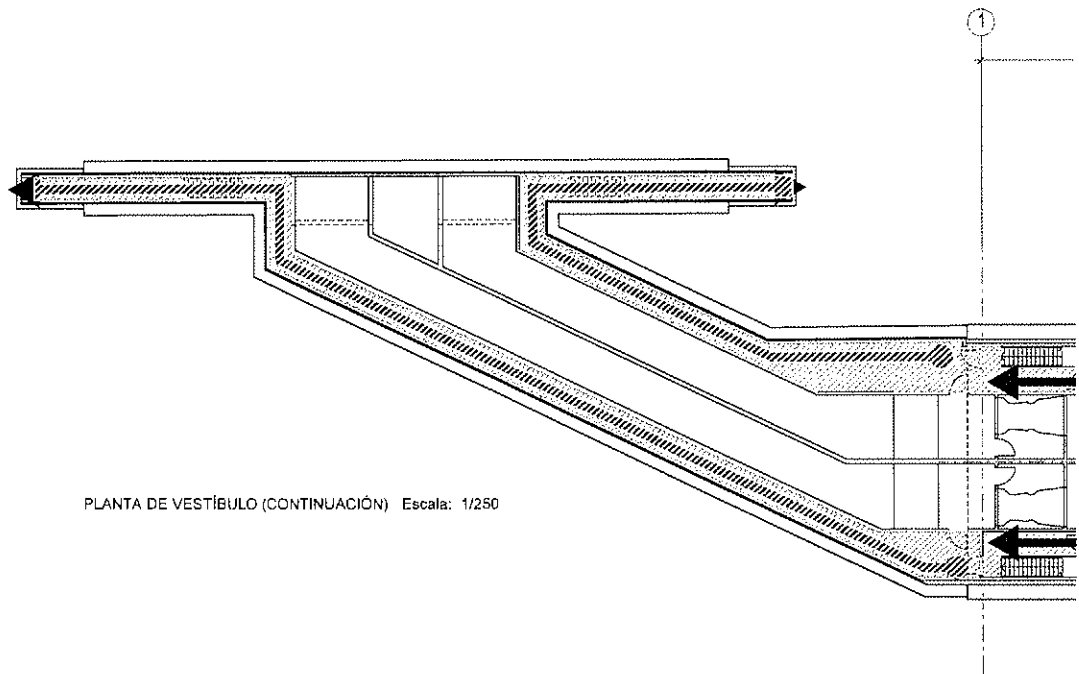
LEYENDA

-  RUTA DE EVACUACIÓN
-  ESCALERAS DE EMERGENCIA
-  ÁREA SEGURA
-  ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

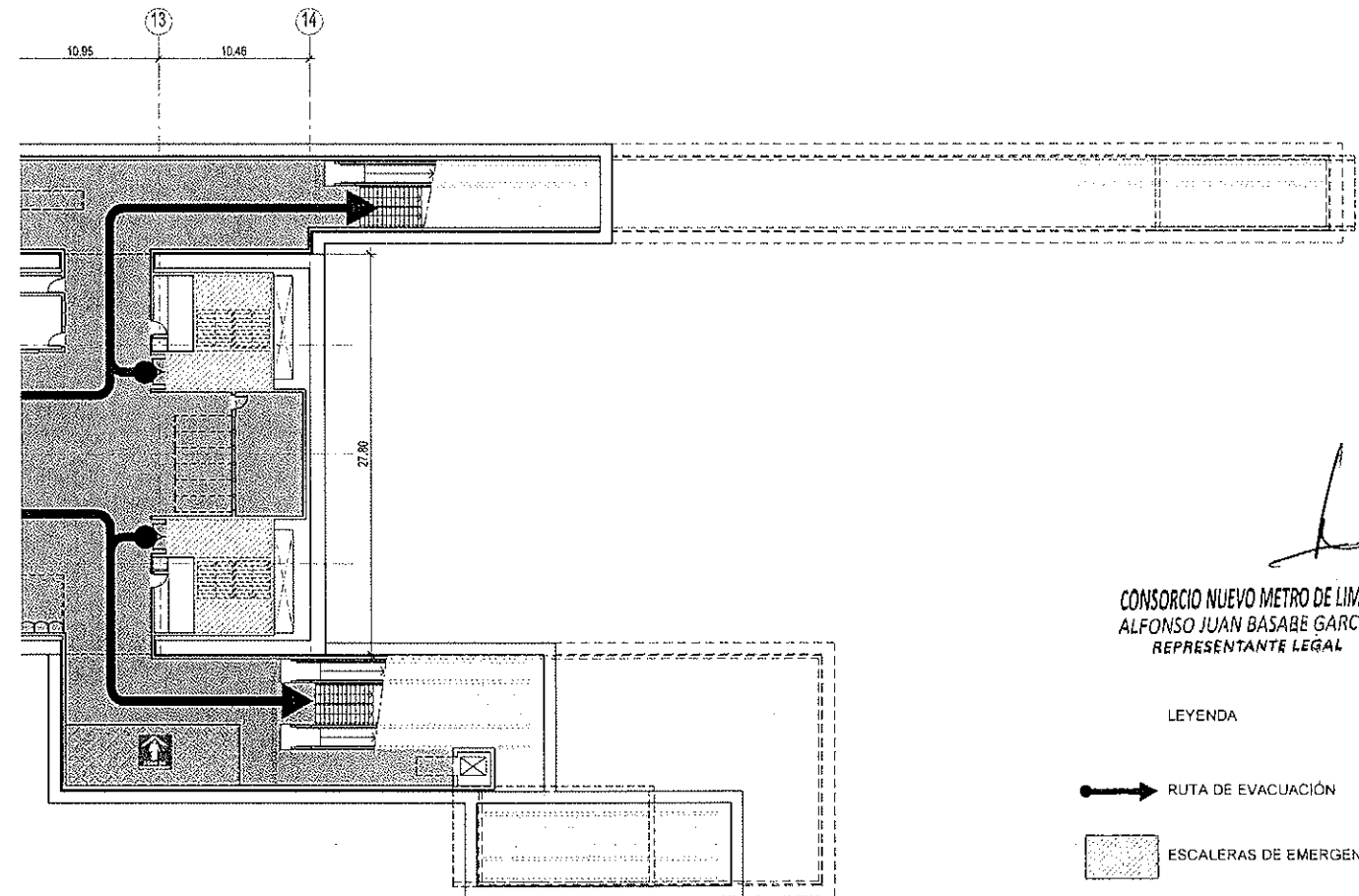
V:\diciembre\13621\25 arquitectura y urbanismo\02 trabajos en instalaciones\01 proyectos\metro lima\04 ploc-est-fun-ev-21-p001-p002.dwg - 25/02/2014 - 10:21



PLANTA DE VESTÍBULO Escala: 1/250



PLANTA DE VESTÍBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250



PLANTA DE VESTIBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

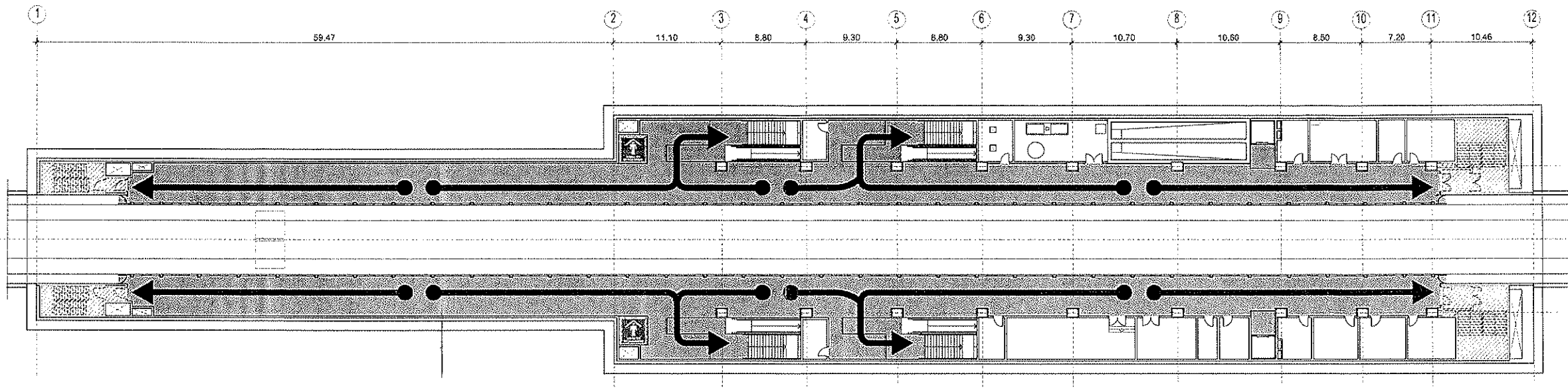
CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

LEYENDA

- RUTA DE EVACUACIÓN
- ESCALERAS DE EMERGENCIA
- ÁREA SEGURA
- ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

\\cd\adm\h\h\025 arquitectura y urbanismo\02 trabajos en realizacion\00 proyectos\metro Email18 trabajos\0200 csg documentación gráfica\04-pla-ploc-est-fun-ev-21-p001-p002.dwg - 25/02/2014 - 18:21





013224



PLANTA DE ANDÉN Escala: 1/250

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

LEYENDA

-  RUTA DE EVACUACIÓN
-  ESCALERAS DE EMERGENCIA
-  ÁREA SEGURA
-  ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

\\vikimol\huan\25\arquitectos y urbanismo\02 trabajos en realizacion\00 proyectos\metro lima\UR Lima\200 4g documentacion\graficos\0404-ploc-est-fun-ev-12\_1\0404-ploc-est-fun-ev-12\_1-1741 - 24022014 - 1741


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


**CONSORCIO**  
**NUEVO METRO DE LIMA**

CONSULTORES  



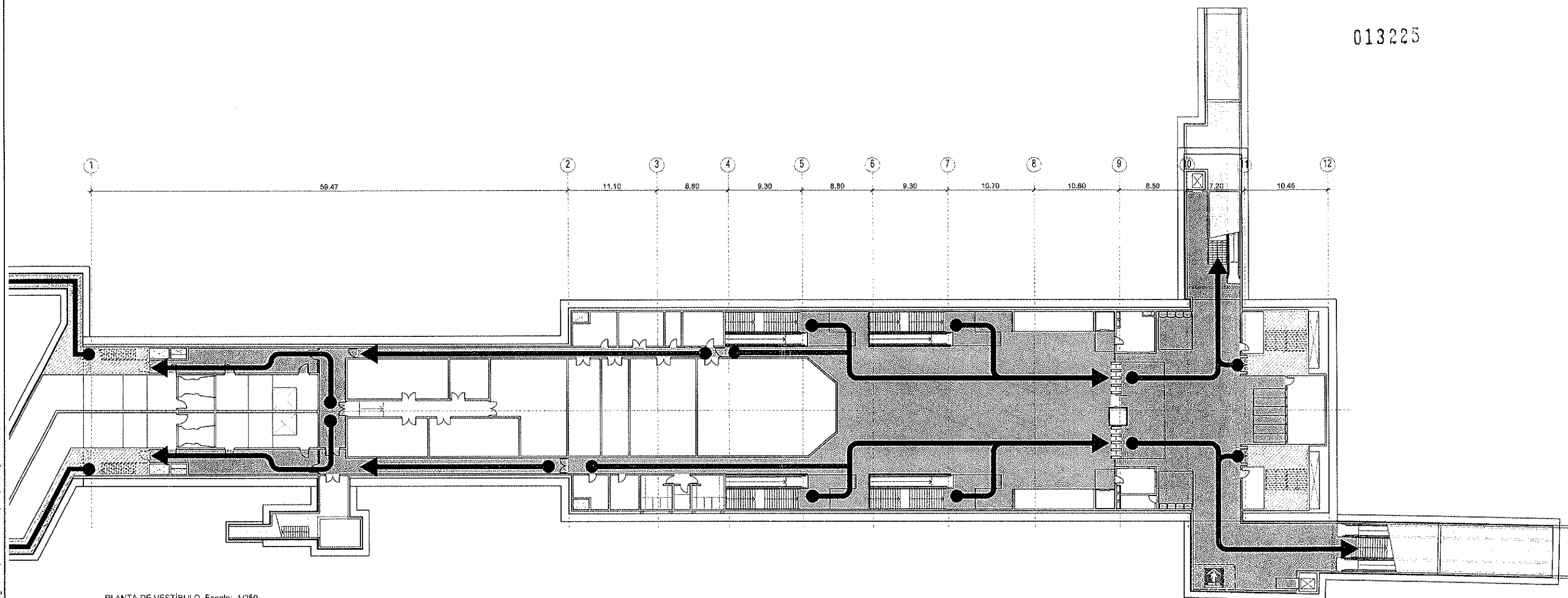

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT --  
 AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO."  
 ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A3)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

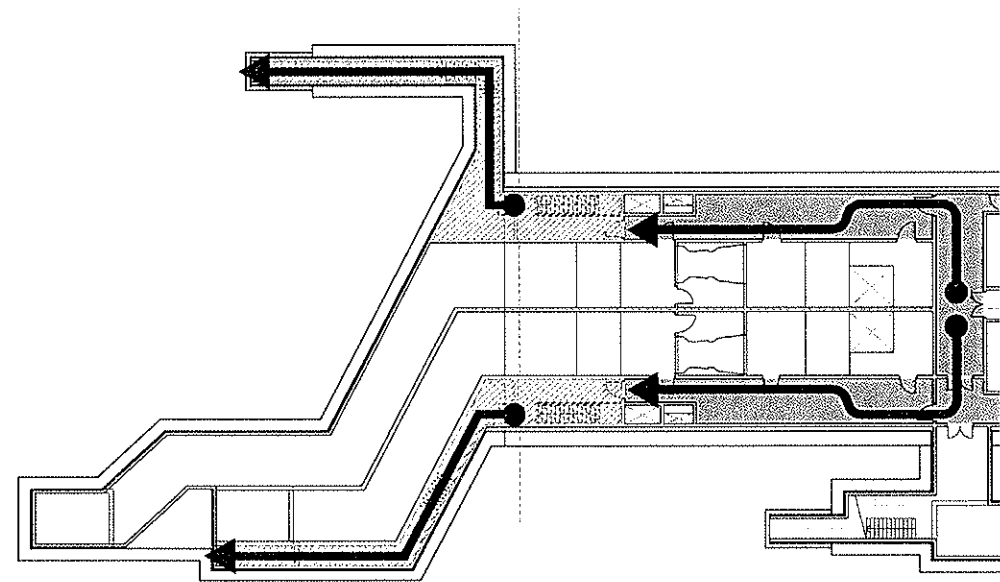


EVACUACIÓN		
ESTACIÓN COLECTORA INDUSTRIAL		
PLANTA DE ANDÉN		
PLANO N°	0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-22	HOJA
	01 de 02	REVISIÓN
		0


013225


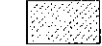




PLANTA DE VESTIBULO Escala: 1/250

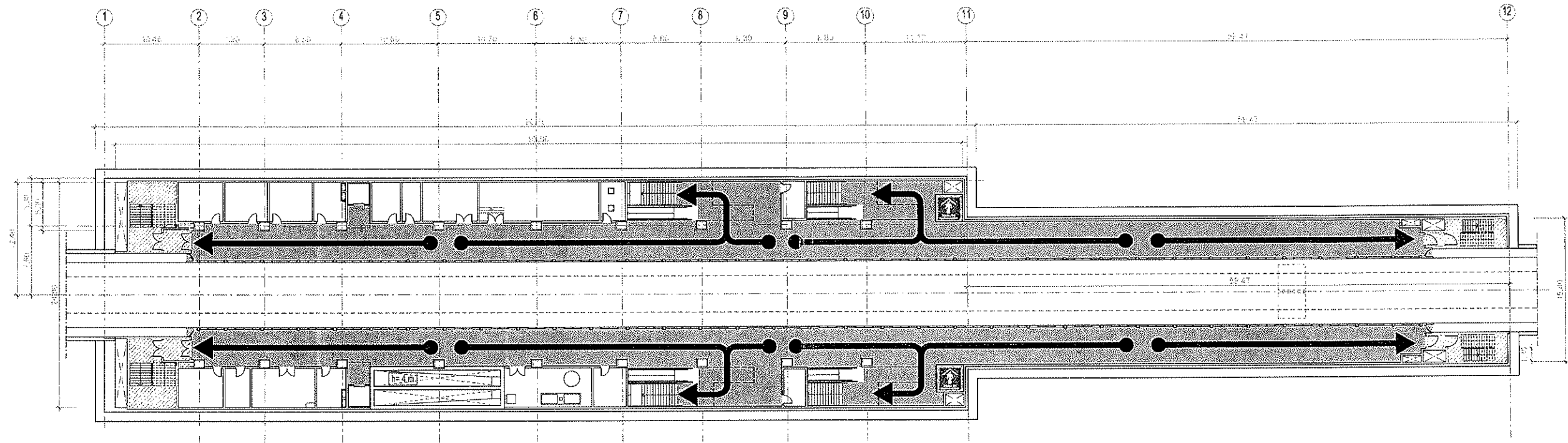


PLANTA DE VESTIBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

  
 CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL





- LEYENDA
-  RUTA DE EVACUACIÓN
  -  ESCALERAS DE EMERGENCIA
  -  ÁREA SEGURA
  -  ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

013226




PLANTA DE ANDÉN Escala 1/250

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

- LEYENDA
-  RUTA DE EVACUACIÓN
  -  ESCALERAS DE EMERGENCIA
  -  ÁREA SEGURA
  -  ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

I:\Servicio\13625 arquitecturas y urbanismo\02 trabajos en realizacion\00 proyectos\metro lima\08 trabajos\2014\documentación gráfica\0404-ploc-est-fun-ev-23-p001-p002.dwg 26/02/2014 18:26


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


**CONSORCIO**  
**NUEVO METRO DE LIMA**

CONSULTORES  



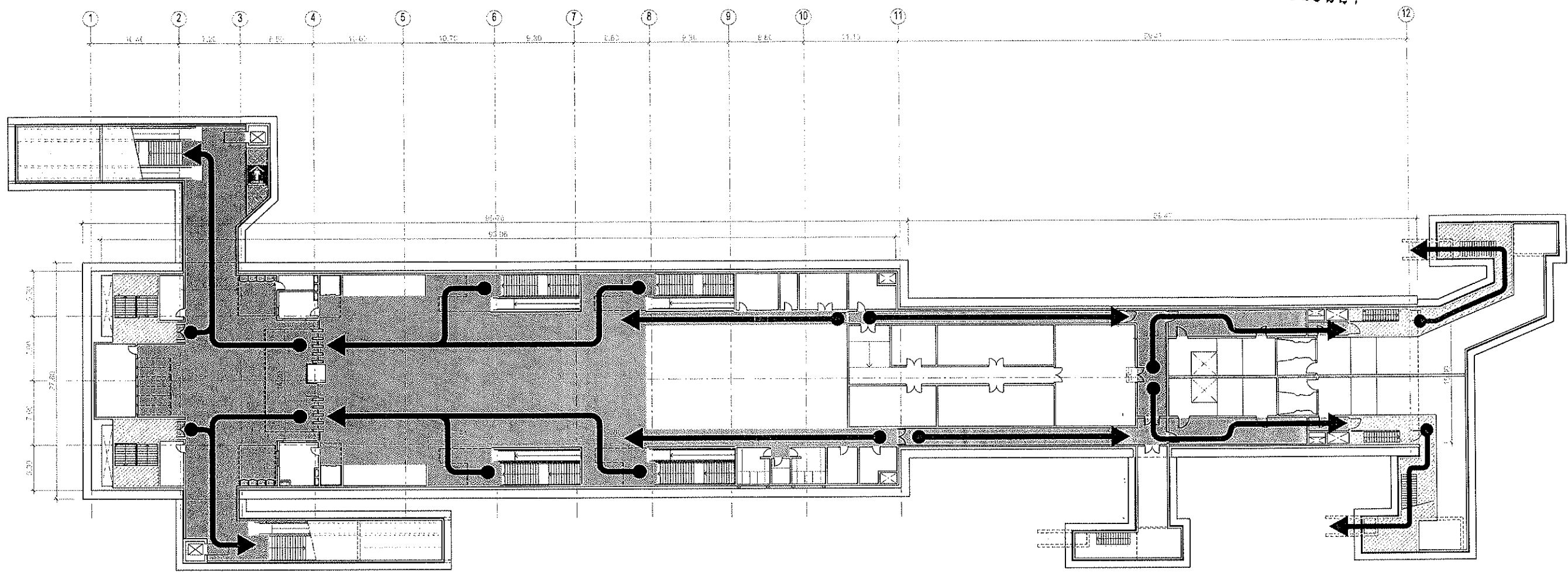

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A2)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

EVACUACIÓN ESTACIÓN LA CULTURA PLANTA DE ANDÉN	
PLANO N°	0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-23
HOJA	01 de 02
REVISIÓN	0







013227



PLANTA DE VESTÍBULO Escala 1/250

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

LEYENDA

-  RUTA DE EVACUACIÓN
-  ESCALERAS DE EMERGENCIA
-  ÁREA SEGURA
-  ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

I:\dibujos\2014\25-arquitectura y urbanismo\02-trabajos en maquetación\00-proyecto\metro lima\08-trabajo\00-dg-documentación gráfica\004-pla-est-lim-ev-23-p001-p002.dwg - 25/02/2014 - 18:26

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

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES

**ayesa**   

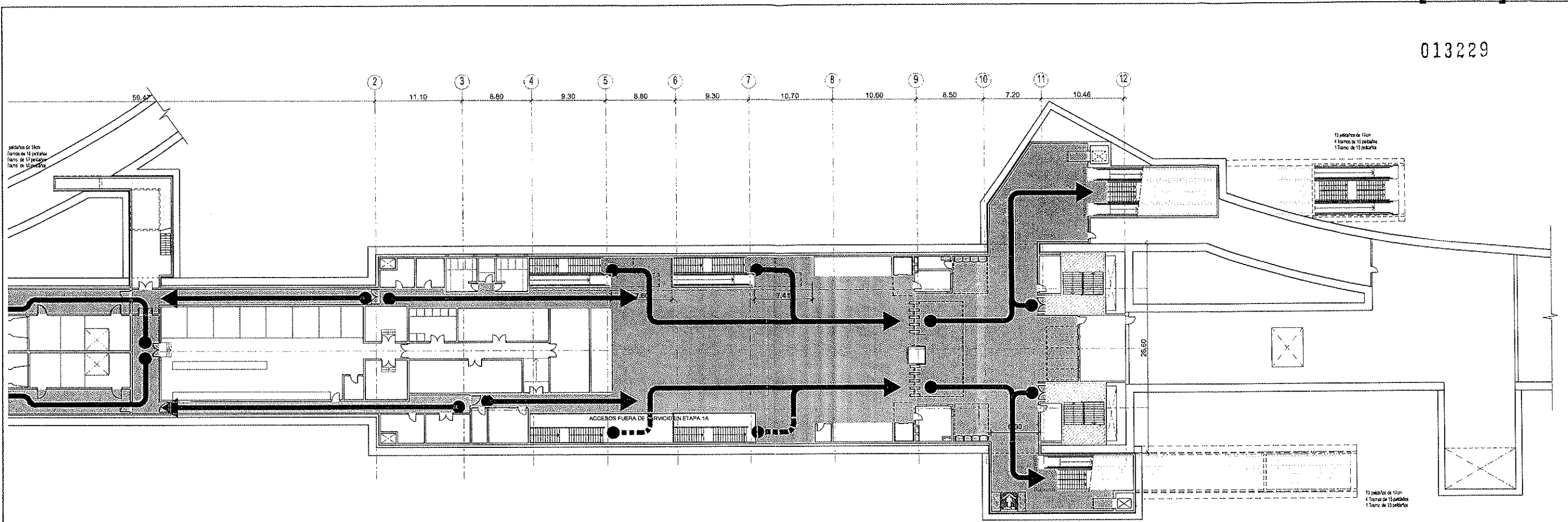
CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A):	1/250	0	25	5
ESCALA (A2):	1/500	0	5	10
FECHA:	FEBRERO 2014			

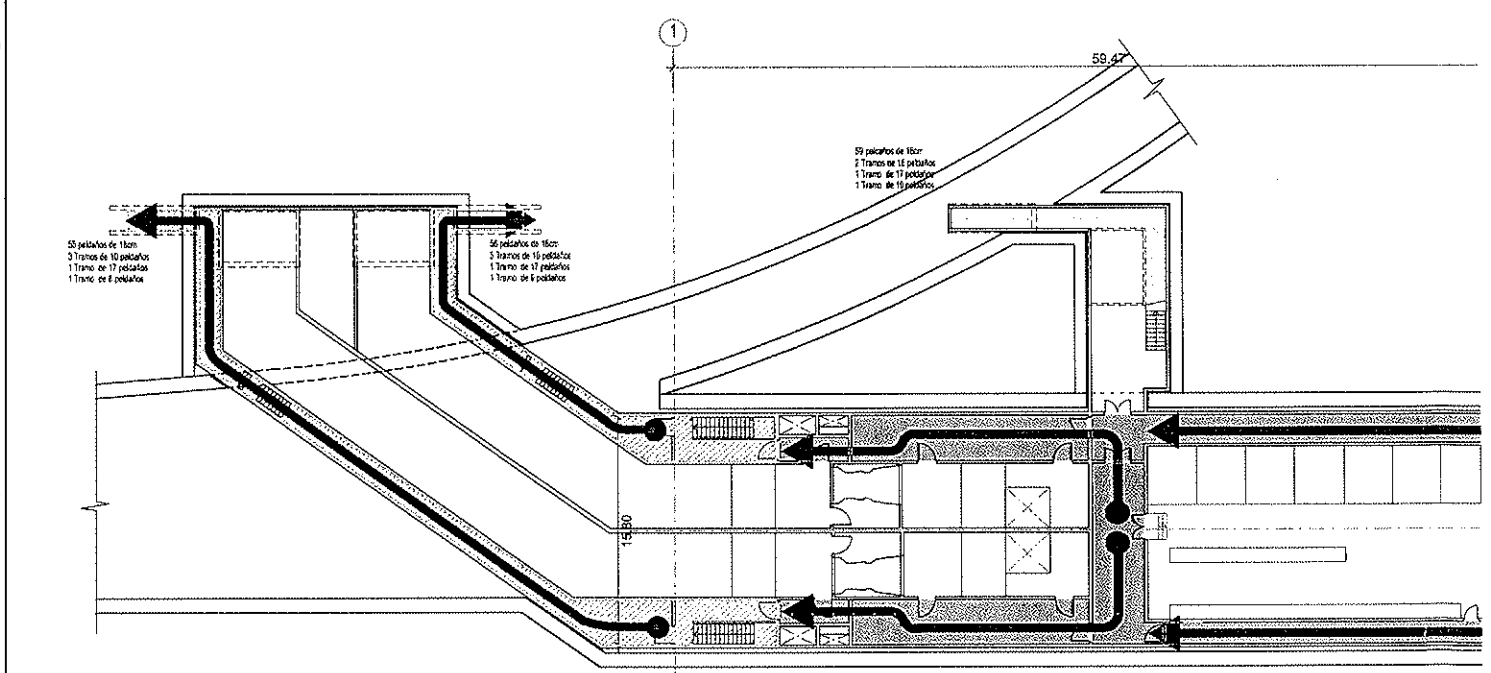
EVACUACIÓN		ESTACIÓN LA CULTURA		PLANTA DE VESTÍBULO	
PLANO N°:	0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-23	Hoja:	02 de 02	REVISIÓN:	0







PLANTA DE VESTIBULO Escala: 1/250



PLANTA DE VESTIBULO (CONTINUACIÓN) Escala: 1/250

CONSORCIO NUEVO METRO DE LIMA  
 ALFONSO JUAN BASABE GARCIA  
 REPRESENTANTE LEGAL

- LEYENDA
- RUTA DE EVACUACIÓN FUTURA
  - RUTA DE EVACUACIÓN
  - ESCALERAS DE EMERGENCIA
  - ÁREA SEGURA
  - ZONA DE RESGUARDO EN CASO DE SISMO

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

CONSORCIO  
 NUEVO METRO DE LIMA

CONSULTORES

**ayesa** **euroestudios** **2IT**

CONCESIÓN DEL PROYECTO "LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT - AV. GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO." ETAPA 1A

ESCALA (A1)	1/250
ESCALA (A2)	1/500
FECHA	FEBRERO 2014

EVACUACIÓN	
ESTACIÓN MERCADO SANTA ANITA	
PLANTA DE VESTIBULO	
PLANO N°	0404-PLOC-EST-FUN-EV-L2-24
HOJA	02 de 02
REVISIÓN	0

013230

O.4.3.  Nº DOCUMENTO	O) INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PRIMERA ETAPA  TIPO DE DOCUMENTO
----------------------------	--

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

## O.4.3. ACCESIBILIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANDENES

### APÉNDICE 3.SIMULACIONES DE FLUJO EN ESTACIÓN

Milán, 14/02/2014

Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto:  
“Construcción de la Línea n. 2 y la sede de la Av.  
Faucett-Gambetta de la red subterránea de Lima  
y Callao”

*Consultoría de Flujo Peatonal – Estación Evitamiento*



- Preparado por: Tiffanie Yamashita
- Verificado por: Elisabetta Bassi
- Aprobado por: Diego Deponte
- Fecha: 14/02/14
- Número de Servicio: 13P0151g
- Nombre de archivo: 13P0151g\_140214\_R\_Evitamiento\_Pedestrian\_Analysis\_rev0.docx
- Número de revisión: 00



## Índice

1.	Introducción.....	4
2.	Metodología.....	5
3.	Modelo Simulación Dinámica – Legion Spaceworks®.....	5
4.	Resultados de simulación.....	7
4.1	Densidad – Nivel de Servicios (NDS).....	7
4.2	Utilización del espacio.....	8
4.3	Velocidad del flujo.....	9
4.4	Tiempo de evacuación.....	9
5	Análisis Operacional de Evitamiento – Hora punta PM en días laborables.....	10
6	Análisis operacional de Evitamiento – Evacuación.....	16



## 1. Introducción

El objetivo principal de un análisis dinámico de simulación de flujo de peatones es una determinación cuantitativa de la criticidad del diseño funcional con el fin de proponer soluciones que sean capaces de garantizar un adecuado Nivel de Servicio, eficiencia de espacio, seguridad y comodidad a los usuarios.

Los espacios amplios y bien dimensionados, las rápidas conexiones peatonales a puntos de intereses (plataformas, accesos, intercambiadores, etc.), una circulación adecuada, zonas de espera y sistemas de orientación son algunos de los elementos de criticidad de la funcionalidad y calidad de la estación. A partir de estos puntos de vista, las estaciones de metro, así como otros principales nodos de intercambio de transporte representan proyectos complejos debido a la presencia contemporánea de todos estos factores.

Los patrones de demanda dentro de una estación de metro, sumamente variable, con picos muy concentrados alrededor de la llegada de los trenes, requieren de una herramienta analítica capaz de realizar una evaluación contemporánea de las interacciones entre los flujos peatonales y las áreas de espera, tránsito y servicios. La ejecución de las zonas peatonales es evaluada a través de un Nivel de Servicio basado en la densidad de las personas dentro de la instalación: proporcionando una lectura fácil destacando las áreas congestionadas y subutilizadas, lo que va a permitir a los diseñadores optimizar la distribución de los espacios internos.

Modelos estáticos, tradicionales, basados en el flujo - NDS – un ámbito específico, que no consideran el efecto de los flujos en conflicto y los resultados de estas interacciones en las distribuciones de espacio y los patrones de demanda de diferentes funciones, tales como, puertas de entrada, máquinas expendedoras de boletos, pasillos, escaleras y plataformas.

Todo esto resulta en espacios adecuados teóricamente, en términos de metros cuadrados, por los flujos y funciones previstas, pero donde existan criticidades, fenómenos de congestión y hacinamiento, lo que resultará en una comodidad menor para el usuario y en una eficiencia para la instalación.



## 2. Metodología

El proceso de simulación considera la interacción entre la demanda de origen/destino estimada, el destino y los elementos que definen la geometría del espacio, dividido en caminos (pasillos, escaleras, elevadores, escaleras mecánicas, etc.) y obstáculos (columnas, paredes, bancos, puertas, etc.).

La Trayectoria y velocidad se basan en la hipótesis de que cada categoría del usuario (pasajero interurbano, usuario ocasional, turista, niños, personas de tercera edad, personas con equipaje o cualquier otro elemento, discapacitados, etc. ) estén dispuestos a mantener una velocidad de desplazamiento definido y seguir el camino más corto; los obstáculos y conflictos con otros usuarios pueden resultar en una reducción de la velocidad y cambio de dirección; tal como se puede observar en situaciones reales.

Los resultados de estas simulaciones incluyen tres resultados principales:

- Análisis de densidad (uso de espacios y colas);
- Ocupación del espacio;
- Velocidad del desplazamiento

Estas salidas son la base de las propuestas de optimización, las cuales finalmente serán probadas en un nuevo proceso de simulación. Esta simulación considera tanto la hora punta como una situación de emergencia y evacuación.

## 3. Modelo Simulación Dinámica – Legion Spaceworks®

El Programa informático Legion Spaceworks® es de mucha utilidad para todos los tipos de estudios analíticos de flujo de peatones en entornos complejos con un pico de flujo peatonal importante y complejo. Actualmente, es la herramienta de simulación peatonal disponible más avanzada, utilizada en la industria de la ingeniería de transporte para examinar estaciones de tren y de metro, aeropuertos y edificios complejos, como los edificios de gran altura y estadios.

El software fue y será utilizado para los Juegos Olímpicos en Sídney, Atenas y Londres, y para el Campeonato Mundial de Fútbol de 2010 y 2014.

Entre los usuarios más importantes de este Programa Informático, en el área del transporte, están el metro de Londres, SNCF, Metro de Madrid, Cross London Rail Links, Network Rail, Mass Transit Railway Corporation (Hong Kong) y muchos otros.



El objetivo principal del análisis del flujo de peatones es prever y evaluar las características del proyecto y las especificidades del diseño medidas de acuerdo con los parámetros físicos y psicológicos que se mencionan a continuación:

- Los Parámetros Físicos se miden de acuerdo con las personas que transitan en una zona determinada, la densidad de población, la longitud de los segmentos de trayecto a pie, los tiempos de viaje, etc.;
- Los Parámetros Psicológicos se miden de acuerdo con la "insatisfacción" que es definido por tres elementos principales como la Frustración (libertad para moverse), Molestia (retraso debido a la congestión) e inconveniencias (Reducción de la relación de persona a espacio).

Basado en los parámetros anteriores y características, la capacidad espacial y ejecución del proyecto pueden ser medidos, por lo tanto, la salida comprende una serie de indicadores de aspectos críticos que deben abordarse medidas correctivas y de mitigación apropiadas.

Siendo aún más importante, Legion puede simular y analizar todas las situaciones de evacuación. Es una herramienta esencial para los consultores en el campo del diseño de seguridad contra incendios y gestión de edificios, para lo cual permite simular, probar y proporcionar pruebas para apoyar el diseño y las medidas destinadas a mejorar el diseño de peatones. Los objetivos clave del análisis de la evacuación a medida son:

- Evaluar los límites y potenciales del arreglo arquitectónico;
- Definir las rutas de escape de incendios adecuadas para garantizar una evacuación segura;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y estrategia del sistema de detección de incendios;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y la estrategia del sistema adecuado contra incendios;
- Verificar el cumplimiento de los códigos y normas de construcción locales;
- Identificar las medidas de mitigación y plan de implementación a largo plazo, y,
- Costo preliminar / beneficio y análisis de ingeniería de valor.

Los resultados de las simulaciones se pueden analizar gráficamente en 2D, así como en animaciones en 3D, mapas de rendimiento codificados por colores, informes estadísticos y gráficos, todos los cuales son excelentes para compartir los resultados con las audiencias técnicas y no técnicas. En cuanto a la situación de evacuación, la salida más importante son los patrones de movimiento y los diseños de utilización de espacio, la evacuación por escaleras a través del cual se evalúa la capacidad de rendimiento y diseño, el mapeo de densidad acumulativa (principalmente los embotellamientos), el cálculo del tiempo de la evacuación y el diseño, el análisis comparativo de las vías de evacuación de incendios.





## 4. Resultados de simulación

Los esquemas de diseño han sido probados según las geometrías propuestas y capacidades resultantes para verificar la funcionalidad del plano de la estación. Para entender mejor los resultados del modelo, se considera necesaria una breve exposición del significado de estos resultados.

### 4.1 Densidad – Nivel de Servicios (NDS)

Los recorridos de los usuarios incluye el camino más corto desde el origen hasta el destino. La presencia de tantas personas en el mismo camino crea bandas de destinos diferentes, que se puede reconocer fácilmente a través de un mapeo de personas por metro cuadrado: esta medida define el NDS de esa área. Los NDS (desde A, el mejor, hasta F el peor) definen el espacio ocupado, la comodidad personal y la facilidad de desplazamiento. A continuación, se presenta una breve descripción de los niveles NDS:

- NDS A – excelente nivel de servicio, libre flujo peatonal, sin retraso y excelente comodidad;
- NDS B – alto nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos extremadamente pequeños y comodidad muy alta;
- NDS C – buen nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos aceptables y buena comodidad;
- NDS D – suficiente nivel de servicio, flujo peatonal inestable, los retrasos aumentan pero siguen siendo aceptables por periodos cortos y comodidad suficiente;
- NDS E – nivel de servicio crítico, flujo peatonal extremadamente inestable, retrasos inaceptables y comodidad insuficiente; y,
- NDS F – nivel de servicio inaceptable, los flujos peatonales opuestos se mezclan y los retrasos son extremos; el sistema no ya no está operando correctamente; absolutamente incómodo para los usuarios.

Según estas definiciones, los parámetros numéricos definen los límites de cada nivel. Estos parámetros varían según el uso del área considerada, porque la reacción a la densidad cambia según el contexto (espacio abierto, lugares de espera, corredores, boleterías, etc.) y el estado de los usuarios (en movimiento, en espera, en la cola).

El siguiente esquema ilustra los diferentes Niveles de Servicio:

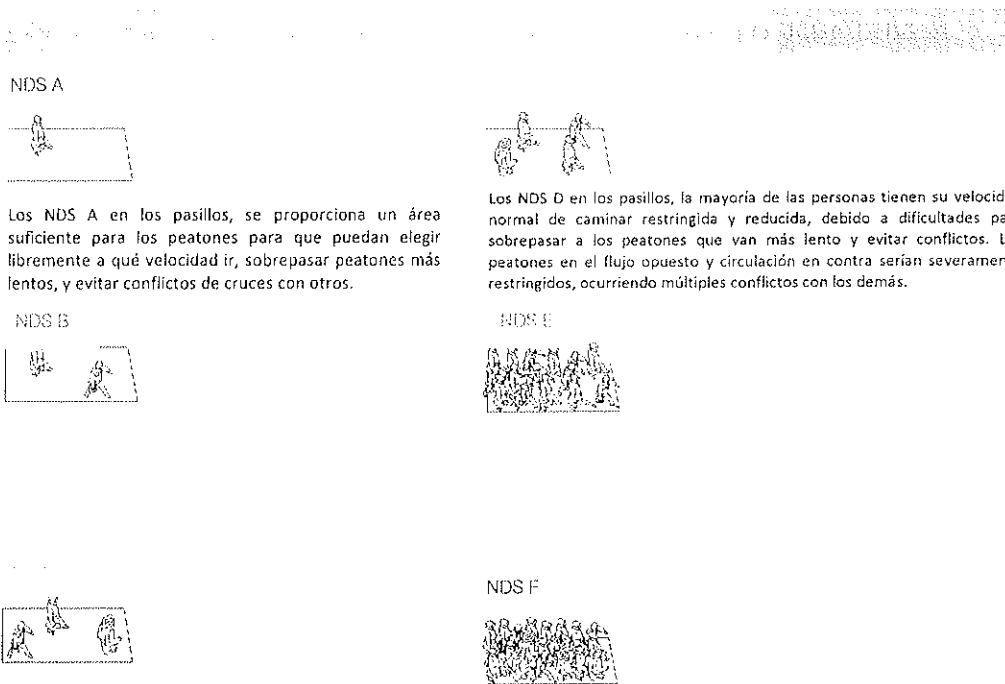


Figura 1 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en los Pasillos

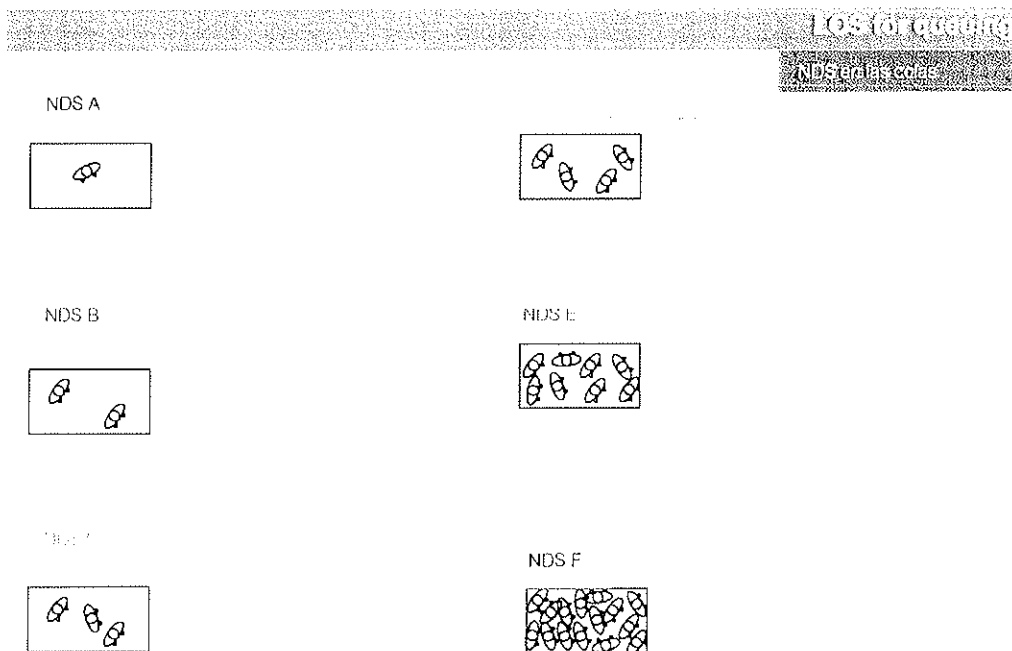


Figura 2 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en las colas



## 4.2 Utilización del espacio

El mapa utilización del espacio muestra la frecuencia del paso peatonal dentro de un espacio dado. Mayor información sobre el flujo peatonal proviene del análisis de la utilización del espacio de áreas transitadas, como los corredores.

Este parámetro es calculado mediante definiciones acumulativas de los recorridos de los usuarios, definiendo, así, a través de una escala cualitativa, las áreas más utilizadas y las partes poco utilizadas de las instalaciones. Además, esta escala depende del tiempo, y es posible observar cuánto tiempo se utiliza o no cada área: la escala cromática usada para visualizar este parámetro cambia después de que cada usuario pasa por el área.

Los mapas de salida son extremadamente útiles para entender qué partes de las instalaciones son infra- o sobredimensionadas, el uso de entradas, el desequilibrio del uso de espacio y los conflictos de flujo.

## 4.3 Velocidad del flujo

El último elemento importante para evaluar los flujos peatonales es su velocidad. Las diferentes velocidades son representadas en mapas mediante una escala de color que muestra en qué áreas la circulación se torna más difícil y lenta debido a la sobrepoblación o geometría de la estructura.

## 4.4 Tiempo de evacuación

Un escenario específico será evaluado para garantizar que, siguiendo las regulaciones locales NFPA 130 Edición 2014, la estructura proporcionará rutas y espacios adecuados para la evacuación de todos los usuarios. Un mapa de escala a color resultará de la simulación indicando, para cada punto de las instalaciones, el tiempo necesario para que el usuario llegue hasta el área segura más cercana en condiciones de evacuación. Las regulaciones locales requieren que ningún punto de la estación debe estar más lejos de 6 minutos de las áreas seguras.



## 5 Análisis Operacional de Evitamiento – Hora punta PM en días laborables

Javier Prado consiste en una estación situada en la parte central del L2, ubicada entre la estación terminal de Ate y la Central. Dos accesos desde la calle estarán en el Este de la estación, junto con las máquinas expendedoras de boletos y los sistemas principales de entradas.

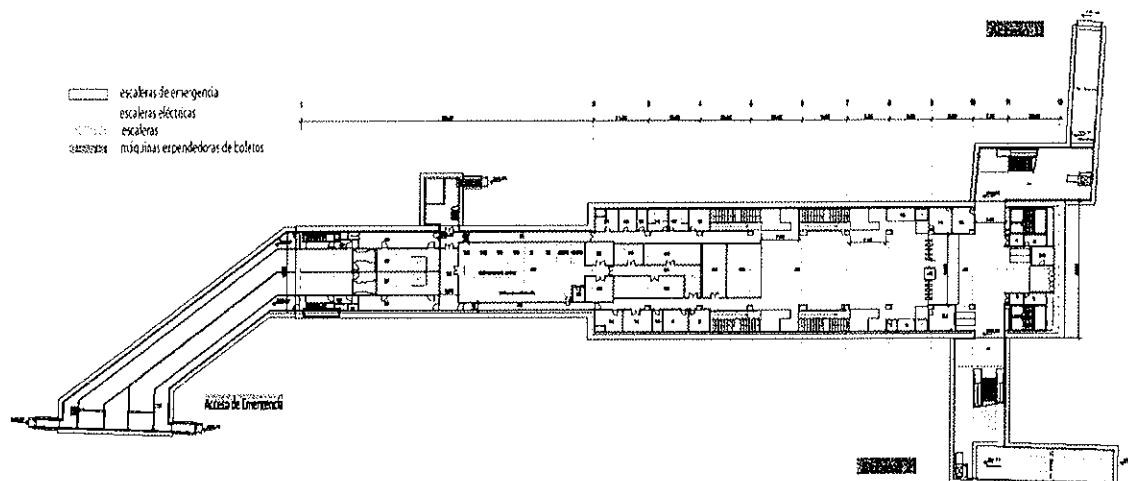


Figure 3 | Mapa del vestíbulo de la estación Evitamiento

En la parte central de la estación habrá tres grupos de escaleras y escaleras mecánicas a cada lado, que conducen a dos andenes situados en el nivel inferior. La parte occidental del vestíbulo está dedicada a las áreas técnicas restringidas al público y las salidas de emergencia.

En lo que respecta a la demanda de movilidad, el Escenario de Proyecto 2047 proporcionado indica el momento más crítico del día PM hora punta (3,786 pasajeros contra los 2,942 pasajeros de la AM hora punta). Los pasajeros pronosticados para Evitamiento II se resumen a 3,786 en la hora más congestionada, que fue seleccionada para la evaluación operacional. La dirección Oeste será la más concurrida, con 256 pasajeros descendiendo y 2,500 abordando. Para un total aproximado de 2,756 pasajeros durante la hora pico PM. En la dirección opuesta (Oeste a Este) estarán 911 pasajeros descendiendo y 119 abordando. Para tener margen de seguridad hemos agregado 953 pasajeros.

Todos estos usuarios serán descritos como *pasajeros que viajan diariamente* en el modelo.

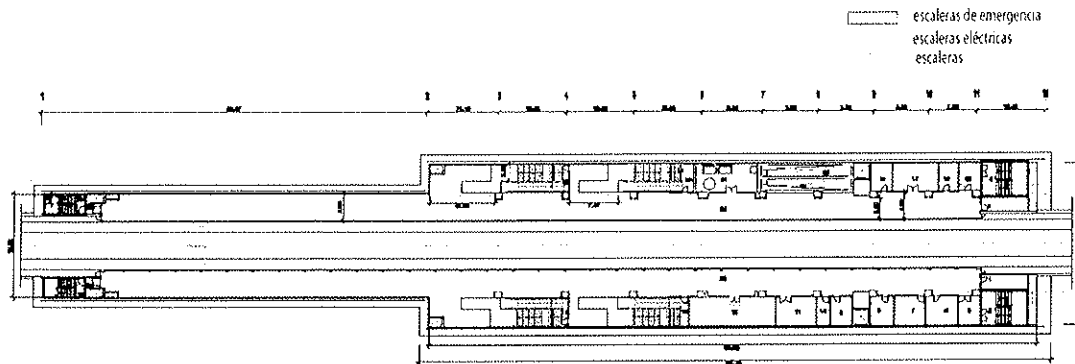


Figura 4 | Mapa del andén en la estación de Evitamiento

Para crear modelos de la estación Evitamiento, se han realizado una serie de suposiciones con respecto a los componentes de la movilidad peatonal diferente, tales como las escaleras fijas, las escaleras mecánicas y los torniquetes:

- para los accesos desde la calle a la estación, hay una escalera mecánica por dirección en el acceso 2 y una escalera mecánica para subir para el acceso 1; ambos accesos tienen 2 conjuntos de escaleras;
- todas las escaleras son bidireccionales;
- hay 10 torniquetes de los cuales 5 son para el ingreso y 5 para la salida; y,
- el andén está vinculada a el vestíbulo mediante 4 escaleras y 4 escaleras mecánicas (2 de subida y 2 de bajada) de acuerdo a la dirección.

Además, se supone que el acceso #1 y #2 atraen y generan respectivamente el 40% y 60% de la demanda descrita anteriormente. Los resultados de la simulación peatonal de la estación para la hora punta en los días laborables PM muestran una funcionalidad peatonal general adecuada de la estación tanto en la planta como en el andén.

Concretamente, los mapas de utilización del espacio (Figura 5 y 6) incluidos aquí ilustran claramente el alto nivel de utilización de la porción general de la estación relacionada a el andén este (la dirección a la estación Central), como resultado directo de la proximidad de la estación al final de la línea.

La gradación de color de rojo a azul a negro representa y distingue en gran medida las áreas usadas de las no usadas en absoluto. Cabe destacar que las áreas rojas en estos mapas no son necesariamente alarmantes para los flujos peatonales, ya que los mapas de utilización del espacio solo dan una idea acerca de las áreas más usadas (frecuencia de tránsito) y un alto flujo que no es necesario y directamente proporcional al Nivel de Servicio (NDS) siempre que el espacio disponible se ajuste a los flujos previstos.

Comparando esos mapas con las figuras 7 y 8 es posible concluir que no hay criticidades en las áreas de alto flujo en la estación.

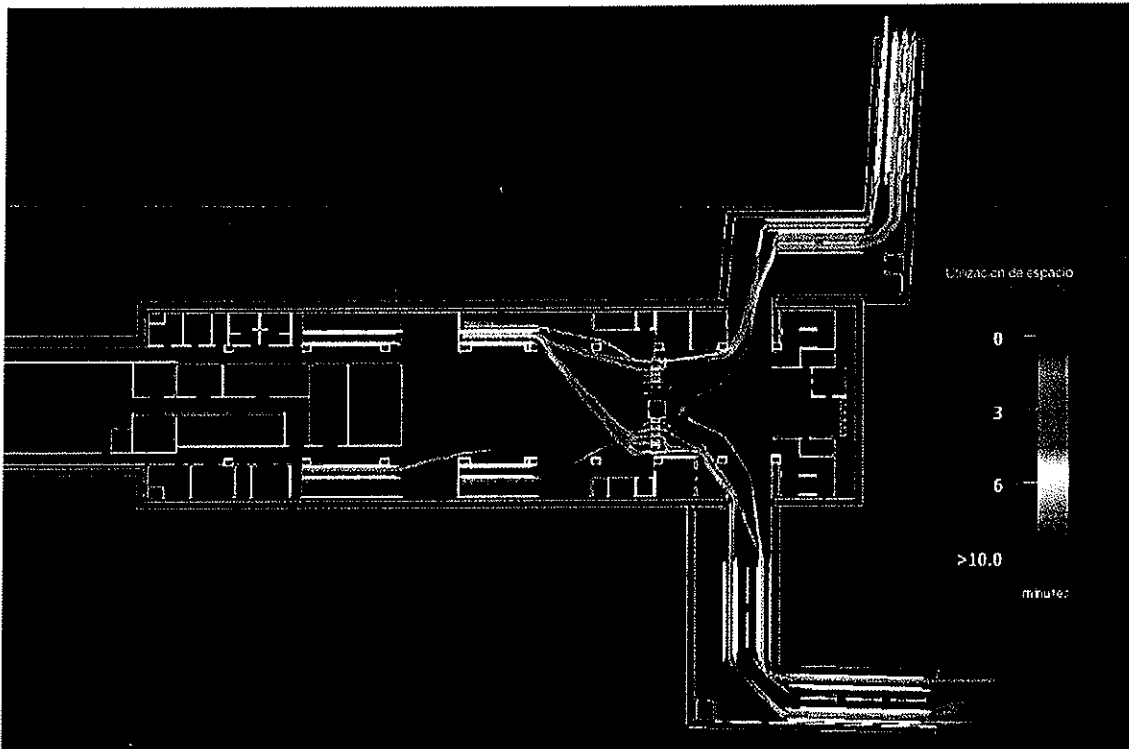


Figura 5 | Mapa de utilización de espacio en el vestíbulo

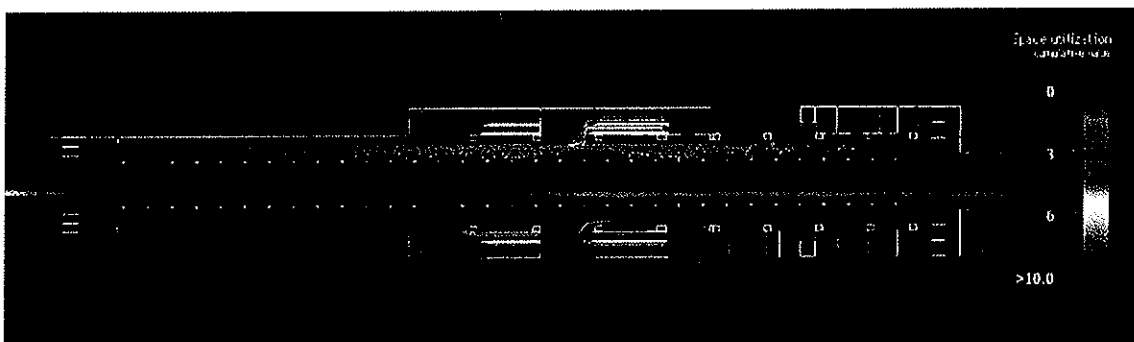


Figura 6 | Mapa de utilización de espacio en el andén

El análisis de densidad peatonal, que es el nivel de densidad experimentado a través del tiempo dentro de una unidad de espacio, es mejor usarlo para medir el funcionamiento del rendimiento de la estación y resaltar las áreas donde podrían haber grandes problemas de congestión.

Los mapas de densidad promedio acumulada para los pasillos (Figura 7 y 8) verifican la densidad promedio dentro de una unidad de espacio y muestra que todos los espacios usados de la estación tienen un buen nivel de servicio (de A a C) y que no hay amontonamientos anormales en los pasillos.

Tenga en cuenta que las escaleras y las escaleras mecánicas no deben ser consideradas en estos mapas puesto que no son definidas como pasillos.

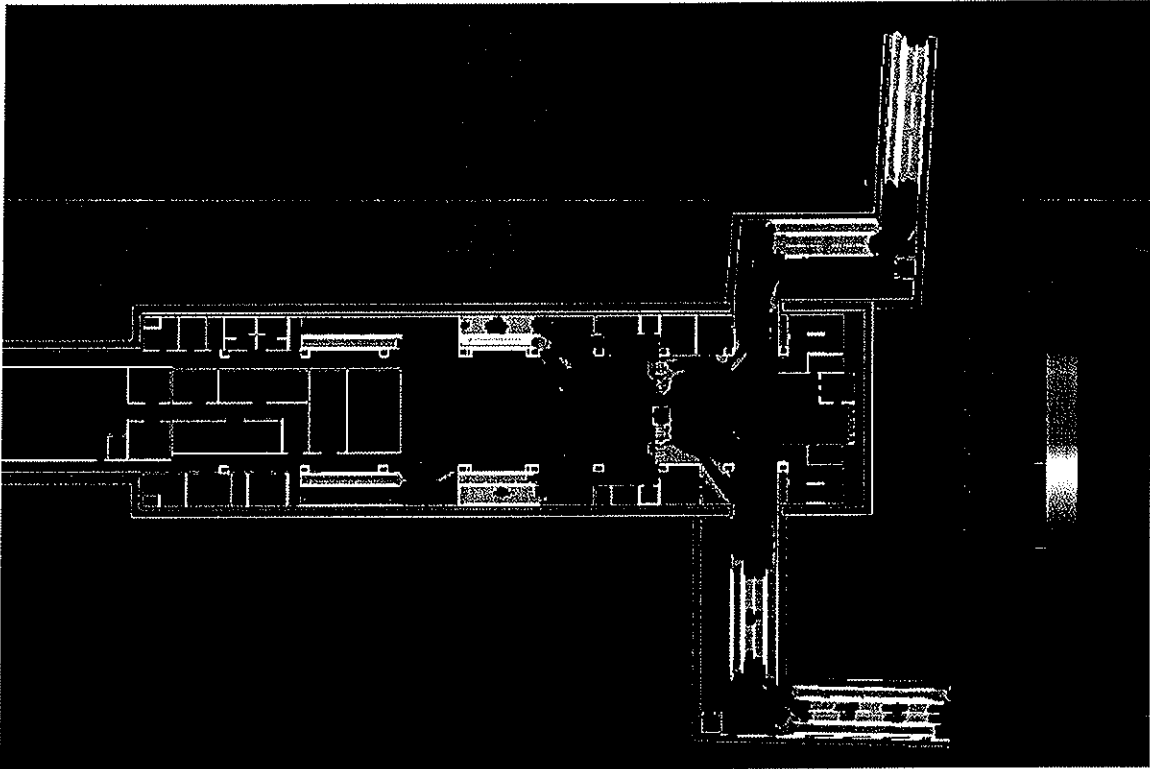


Figura 7 | Mapa de densidad promedio acumulada de los pasillos en el vestíbulo



Figura 8 | Densidad promedio acumulada de los pasillos en el andén

El mapa de densidad promedio acumulada para las colas de espera representan el nivel de servicio en las áreas de espera tales como, en frente de los torniquetes y el área de embarque/desembarque de escaleras y escaleras mecánicas.

Tanto en el vestíbulo como en el andén, la fila de espera en frente de los torniquetes y las áreas de embarque/desembarque de escaleras y escaleras mecánicas es muy buena.

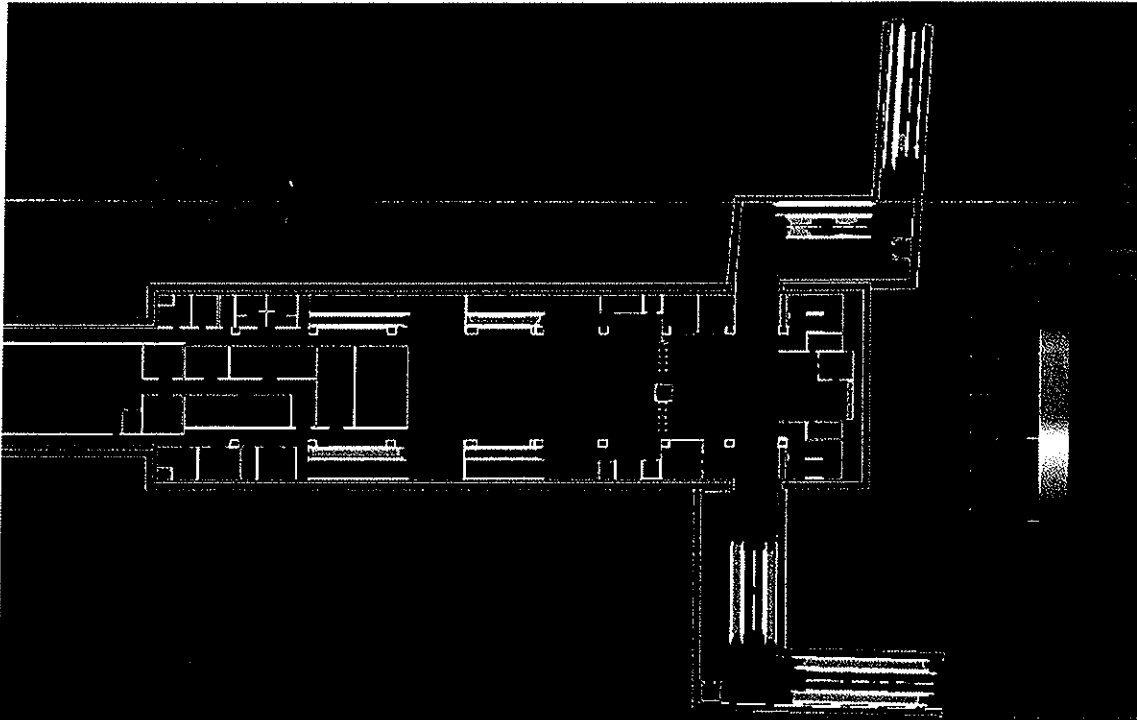


Figura 9 | Mapa de densidad promedio acumulada de las colas en el vestíbulo

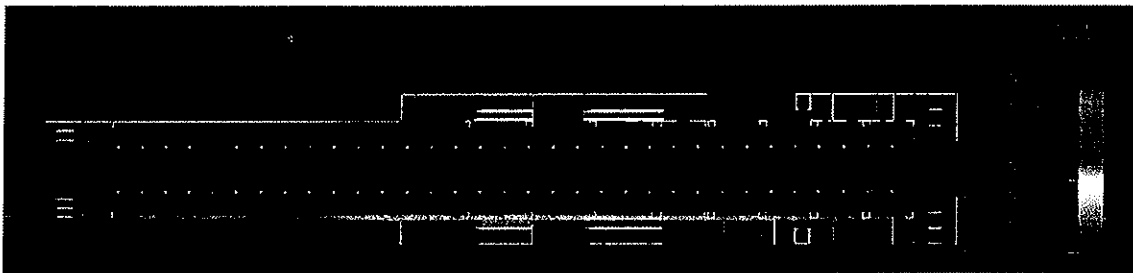


Figura 10 | Mapa de densidad promedio acumulada de las colas en el andén

Los mapas de velocidad promedio acumulada son interesantes ya que representan la velocidad de viaje promedio del pasajero. Estos confirman el resultado de los mapas de densidad promedio acumulada para los pasillos y las filas de espera y es posible para señalar a las personas que demoran en el área de densidad alta.



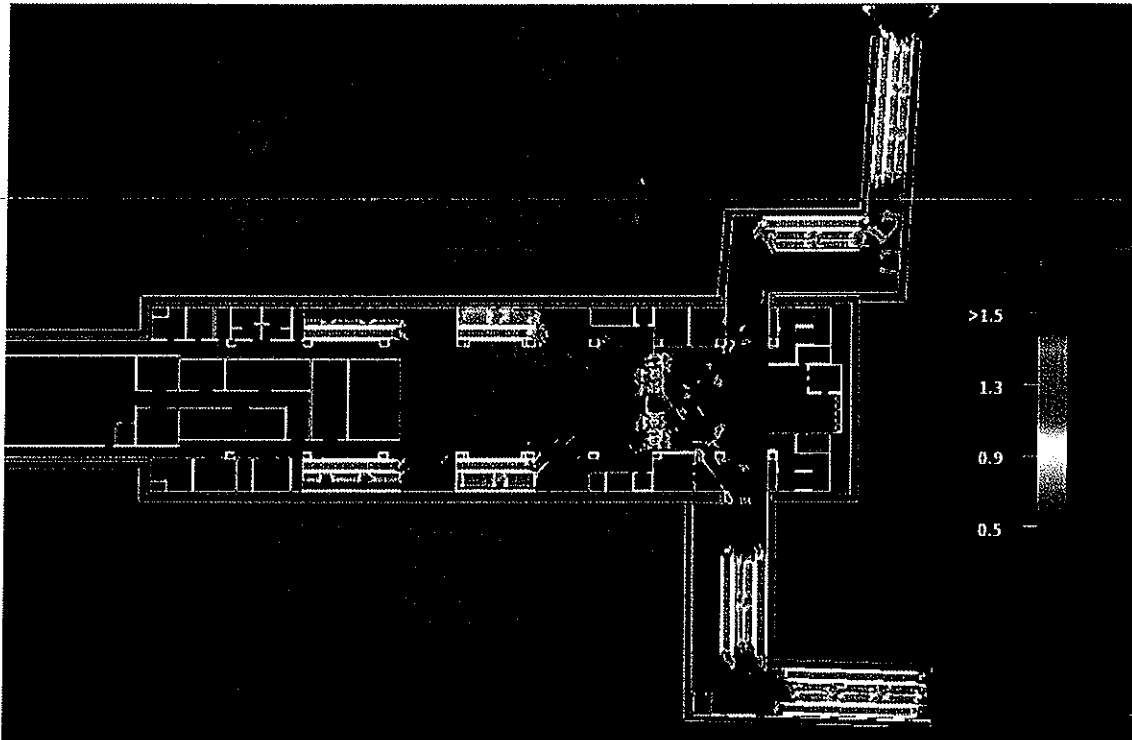


Figura 11 | Mapa de velocidad promedio acumulada del vestíbulo



Figura 12 | Velocidad promedio acumulada en el andén



## 6 Análisis operacional de Evitamiento – Evacuación

Las características del escenario de evacuación son obligatorias por las normas de seguridad NFPA 130, edición 2014; el escenario más crítico en este caso es el PM hora pico donde se espera que más pasajeros estén esperando en el andén para subir a los trenes.

Las plataformas están en el nivel más profundo y representan la parte más crítica de la estación para ser evacuada. Durante la PM hora punta, hay 2,500 pasajeros abordando los trenes en dirección oeste y 119 en dirección este.

Un intervalo de 5 minutos entre trenes es usado en este escenario para simular interrupciones en el servicio y la acumulación de pasajeros en el andén. Un aumento repentino de 1.5 se aplica al minuto pico.

Esto resulta en 313 pasajeros esperando en el andén con dirección oeste y 15 en el andén con dirección este. Finalmente, en cada plataforma habrá 1,400 personas saliendo de los trenes subterráneos. El número total de personas para evacuar es por lo tanto 1,713 del andén con dirección oeste y 1,415 de la otra dirección. En los escenarios de evacuación, los parámetros de comportamiento de los usuarios son modificados para simular confusión, pánico, condiciones de visibilidad dificultosa y pérdida de conciencia.

Cabe resaltar que en el escenario de evacuación, todas las escaleras mecánicas que funcionan en la dirección opuesta a la evacuación son detenidas y funcionan como escaleras. Además, en cada plataforma, se asume que una escalera mecánica en la dirección a la evacuación está averiada y funciona como una escalera fija.

Los siguientes mapas representan el tiempo de evacuación de todos los usuarios desde el andén hasta la salida incluyendo (vía) la plataforma subterránea. La normativa de las normas de seguridad NFPA 130 requiere:

- capacidad de salida suficiente para evacuar la carga de ocupantes del andén desde el andén de la estación en 4 minutos o menos.
- un diseño de la estación que permita la evacuación desde el punto más remoto en el andén hasta un punto de seguridad en 6 minutos o menos.

Los resultados de la simulación de la evacuación (Figura 13 y 14) muestran que el diseño propuesto para la estación de Evitamiento cumple con los requerimientos de evacuación de la Norma NFPA 130, 2014 Edition.

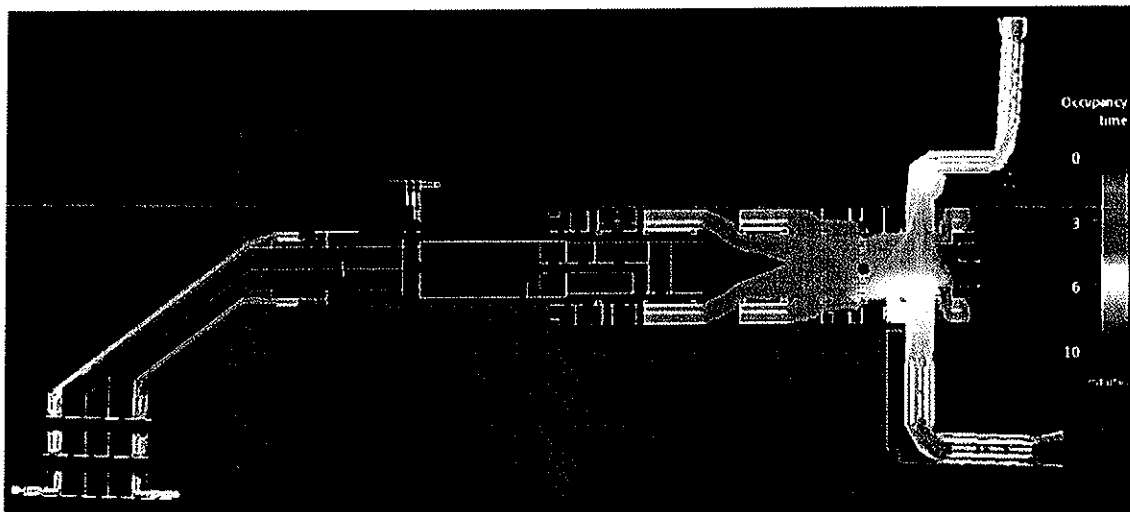


Figura 13 | Tiempo de evacuación en el vestíbulo

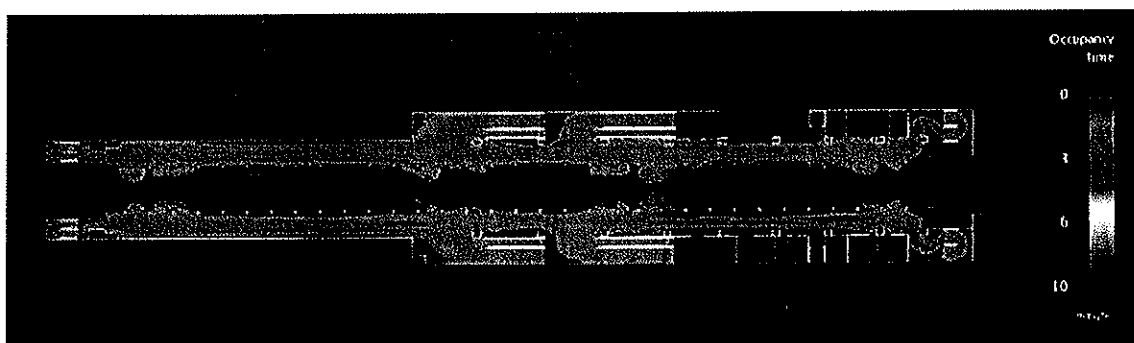


Figura 14 | Tiempo de evacuación en el andén

Milán, 14/02/2014

Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto:  
“Construcción de la Línea n. 2 y la sede de la Av.  
Faucett-Gambeta de la red subterránea de Lima y  
Callao”

*Consultoría de flujos peatonales – Estación La Alborada*



- Preparado por: Tiffanie Yamashita
- Verificado por: Elisabetta Bassi
- Aprobado por: Diego Deponte
- Fecha: 14/02/14
- Número de servicio: 13P0151g
- Número del archivo: 13P0151g\_140214\_R\_La\_Alborada\_Pedestrian\_Analysis\_rev0.docx
- Número de revisión: 00



## Índice

1.	Introducción.....	4
2.	Metodología.....	5
3.	Modelo Simulación Dinámica– Legion Spaceworks® .....	5
4.	Resultados de Simulación.....	7
4.1	Densidad – Nivel de Servicio (NDS) .....	7
4.2	Utilización del espacio.....	9
4.3	Velocidad de flujo.....	9
4.3	Tiempo de evacuación.....	9
5	Análisis Operacional de La Alborada – Hora punta AM en días laborables .....	10
6	Análisis Operacional de La Alborada – Evacuación .....	16



## 1. Introducción

El objetivo principal de un análisis dinámico de simulación de flujo de peatones es una determinación cuantitativa de la criticidad del diseño funcional con el fin de proponer soluciones que sean capaces de garantizar un adecuado Nivel de Servicio, eficiencia de espacio, seguridad y comodidad a los usuarios.

Los espacios bien dimensionados, las rápidas conexiones peatonales a puntos de interés (plataformas, accesos, intercambiadores, etc.), una circulación adecuada, zonas de espera y sistemas de orientación son algunos de los elementos críticos de la funcionalidad y calidad de la estación. A partir de estos puntos de vista, las estaciones de metro, así como otros nodos de intercambio de transporte claves representan proyectos complejos debido a la presencia contemporánea de todos estos factores.

Los patrones de demanda dentro de una estación de metro, sumamente variable con picos muy concentrados alrededor de la llegada de los trenes, requieren de una herramienta analítica capaz de realizar una evaluación contemporánea de las interacciones entre los flujos peatonales y las áreas de espera, tránsito y servicio. La ejecución de las zonas peatonales es evaluada a través de un Nivel de Servicio basado en la densidad de las personas dentro de la instalación: proporcionando una lectura fácil destacando las áreas congestionadas y subutilizadas, lo que va a permitir a los diseñadores optimizar la distribución de los espacios internos.

Modelos estáticos, tradicionales, basados en el flujo - NDS – un ámbito específico, que no considera el efecto de los flujos en conflicto y los resultados de estas interacciones en las distribuciones de espacio y los patrones de demanda de diferentes funciones, tales como, puertas de entrada, máquinas expendedoras de boletos, pasillos, escaleras y plataformas.

Esto resulta en espacios teóricamente adecuados, en términos de metros cuadrados, para los flujos y funciones estimados, pero donde existen criticidades, fenómeno de congestión y saturación, resulta en una menor comodidad para el usuario y la eficiencia de la instalación.



## 2. Metodología

El proceso de simulación considera la interacción entre la demanda de origen/destino estimada, el destino y los elementos que definen la geometría del espacio, dividido en caminos (pasillos, escaleras, elevadores, escaleras mecánicas, etc.) y obstáculos (columnas, paredes, bancos, puertas, etc.).

La trayectoria y velocidad se basan en la hipótesis de que cada categoría del usuario (pasajero interurbano, usuario ocasional, turista, niños, personas de tercera edad, personas con equipaje o cualquier otro elemento, discapacitados, etc.) esté dispuesta a mantener una velocidad de desplazamiento definida y seguir el camino más corto; los obstáculos y conflictos con otros usuarios pueden resultar en una reducción de la velocidad y cambio de dirección; tal como se puede observar en situaciones reales.

Los resultados de estas simulaciones incluyen tres resultados principales:

- Análisis de densidad (uso de espacios y colas);
- Ocupación del espacio;
- Velocidad del desplazamiento

Estas salidas son la base de las propuestas de optimización, las cuales finalmente serán probadas en un nuevo proceso de simulación. Esta simulación considera tanto la hora punta como una situación de emergencia y evacuación.

## 3. Modelo Simulación Dinámica– Legion Spaceworks®

El software Legion Spaceworks® es de mucha utilidad para todos los tipos de estudios analíticos de flujo de peatones en entornos complejos con un pico de flujo peatonal importante y complejo. Actualmente, es la herramienta de simulación peatonal disponible más avanzada, utilizada en la industria de la ingeniería de transporte para examinar estaciones de tren y de metro, aeropuertos y edificios complejos, como los edificios de gran altura y estadios.

El software fue y será utilizado para los Juegos Olímpicos en Sídney, Atenas y Londres, y para el Campeonato Mundial de Fútbol de 2010 y 2014.

Entre los usuarios más importantes de este software, en el área de transporte, están el metro de Londres, SNCF, Metro de Madrid, Cross London Rail Links, Network Rail, Mass Transit Railway Corporation (Hong Kong) y muchos otros.

El objetivo principal del análisis del flujo de peatones es prever y evaluar las características del proyecto y las características específicas del proyecto y las especificidades del diseño medidas de acuerdo con los parámetros físicos y psicológicos que se mencionan a continuación:





- Los Parámetros Físicos se miden de acuerdo con las personas que transitan en una zona determinada, la densidad de población, la longitud de los segmentos de trayecto a pie, los tiempos de viaje, etc.;
- Los Parámetros Psicológicos se miden de acuerdo con la "insatisfacción" que es definida por tres elementos principales como la Frustración (libertad para moverse), Molestia (retraso debido a la congestión) e Inconveniencia (Reducción de la relación de persona a espacio).

Basado en los parámetros anteriores y las características, la capacidad espacial y la ejecución del proyecto pueden ser medidas, por lo tanto, la salida comprende una serie de indicadores de aspectos críticos que deben abordarse con medidas correctivas y de mitigación apropiadas.

Siendo aún más importante, Legion puede simular y analizar todas las situaciones de evacuación. Es una herramienta esencial para los consultores en el campo del diseño de seguridad contra incendios y gestión de edificios, para lo cual permite simular, probar y proporcionar pruebas para apoyar el arreglo peatonal específico y las medidas destinadas a mejorar el diseño de peatones. Los objetivos claves del análisis de la evacuación a medida son:

- Evaluar los límites y potenciales del arreglo arquitectónico;
- Definir las rutas de escape de incendios adecuadas para garantizar una evacuación segura;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y estrategia del sistema de detección de incendios;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y la estrategia del sistema adecuado contra incendios;
- Verificar el cumplimiento de los códigos y normas de construcción locales;
- Identificar las medidas de mitigación y plan de implementación a largo plazo, y,
- Costo preliminar / beneficio y análisis de ingeniería de valor.

Los resultados de las simulaciones se pueden analizar gráficamente en 2D, así como en animaciones en 3D, mapas de rendimiento codificados por colores, informes estadísticos y gráficos, todos los cuales son excelentes para compartir los resultados con las audiencias técnicas y no técnicas. En cuanto al escenario de evacuación, las salidas más importantes son los patrones de movimiento y los diseños de utilización de espacio, la evacuación por escaleras a través de la capacidad de evaluación y mapeo, el mapeo de densidad acumulativa (principalmente los embotellamientos), el cálculo del tiempo de la evacuación y el mapeo, el análisis comparativo de las vías de evacuación de incendios.



## 4. Resultados de Simulación

Los esquemas de diseño han sido probados según las geometrías propuestas y capacidades resultantes para verificar la funcionalidad del plano de la estación. Para entender mejor los resultados del modelo, se considera necesaria una breve exposición del significado de estos resultados.

### 4.1 Densidad – Nivel de Servicio (NDS)

Los recorridos de los usuarios incluyen el camino más corto desde el origen hasta el destino. La presencia de tantas personas en el mismo camino crea bandas de destinos diferentes, que se pueden reconocer fácilmente a través de un mapeo de personas por metro cuadrado: esta medida define el NDS de esa área. Los NDS (desde A, el mejor, hasta F el peor) definen el espacio ocupado, la comodidad personal y la facilidad de desplazamiento. A continuación, se presenta una breve descripción de los niveles NDS:

- NDS A – excelente nivel de servicio, libre flujo peatonal, sin retraso y excelente comodidad;
- NDS B – alto nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos extremadamente pequeños y comodidad muy alta;
- NDS C – buen nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos aceptables y buena comodidad;
- NDS D – suficiente nivel de servicio, flujo peatonal inestable, los retrasos aumentan pero siguen siendo aceptables por periodos cortos y comodidad suficiente;
- NDS E – nivel de servicio crítico, flujo peatonal extremadamente inestable, retrasos inaceptables y comodidad insuficiente; y,
- NDS F – nivel de servicio inaceptable, los flujos peatonales opuestos se mezclan y los retrasos son extremos; el sistema no ya no está operando correctamente; absolutamente incómodo para los usuarios.

Según estas definiciones, los parámetros numéricos definen los límites de cada nivel. Estos parámetros varían según el uso del área considerada, porque la reacción a la densidad cambia según el contexto (espacio abierto, lugares de espera, corredores, boleterías, etc.) y el estado de los usuarios (en movimiento, en espera, en la cola).

El siguiente esquema ilustra los diferentes Niveles de Servicio:

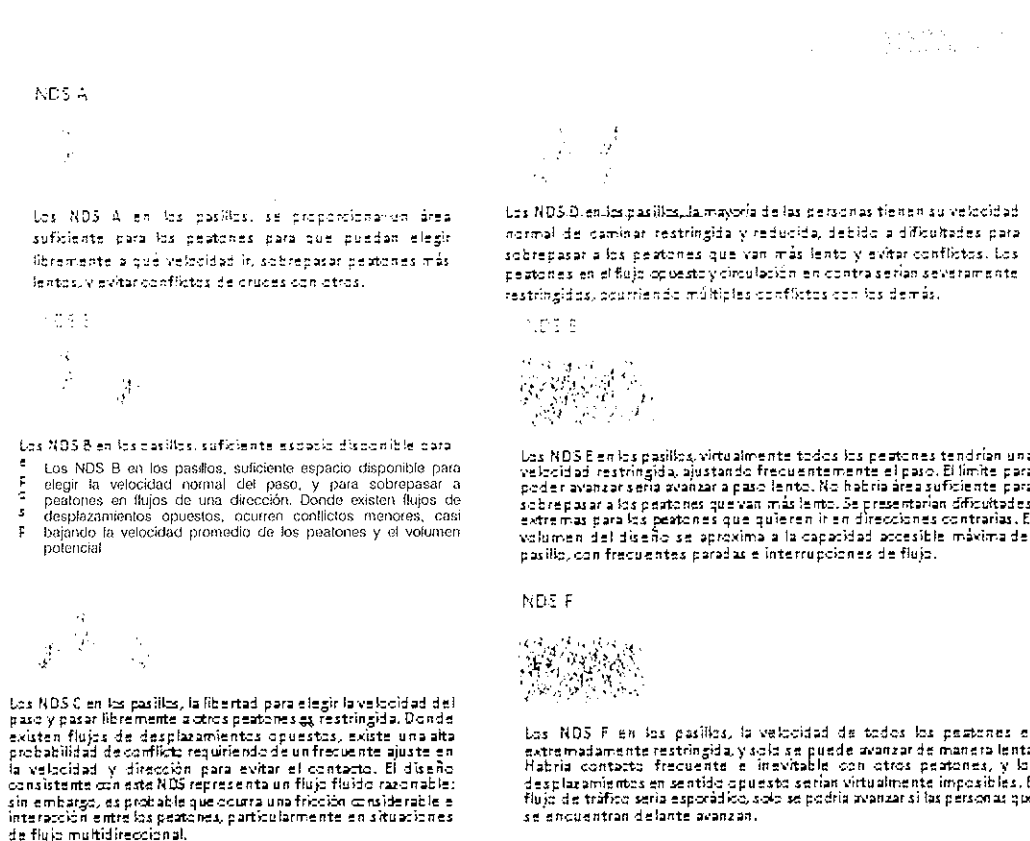


Figura 1 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en los Pasillos

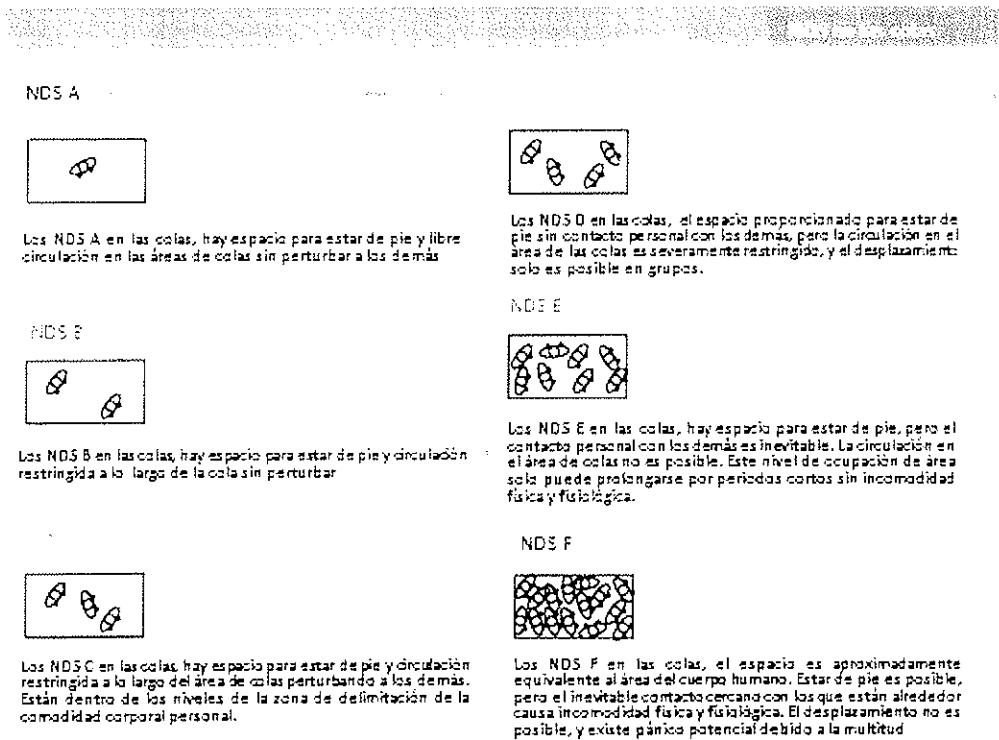


Figura 1 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en las colas



## 4.2 Utilización del espacio

El mapeo de la utilización del espacio muestra la frecuencia del paso peatonal dentro de un espacio dado. Mayor información sobre el flujo peatonal proviene del análisis de la utilización del espacio de áreas transitadas, como los corredores.

Este parámetro es calculado mediante definiciones acumulativas de los recorridos de los usuarios, definiendo, así, a través de una escala cualitativa, las áreas más utilizadas y las partes poco utilizadas de las instalaciones. Además, esta escala depende del tiempo, y es posible observar cuánto tiempo se utiliza o no cada área: la escala cromática usada para visualizar este parámetro cambia después de que cada usuario pasa por el área.

Los mapas de salida son extremadamente útiles para entender qué partes de las instalaciones son infra- o sobredimensionadas, el uso de entradas, el desequilibrio del uso de espacio y los conflictos de flujo.

## 4.3 Velocidad de flujo

El último elemento importante para evaluar los flujos peatonales es su velocidad. Las diferentes velocidades son representadas en mapas mediante una escala de color que muestra en qué áreas la circulación se torna más difícil y lenta debido a la sobrepoblación o geometría de la estructura.

## 4.3 Tiempo de evacuación

Un escenario específico será evaluado para garantizar que, siguiendo las regulaciones locales NFPA 130 Edición 2014, la estructura proporcionará rutas y espacios adecuados para la evacuación de todos los usuarios. Un mapa de escala a color resultará de la simulación indicando, para cada punto de las instalaciones, el tiempo necesario para que el usuario llegue hasta el área segura más cercana en condiciones de evacuación. Las regulaciones locales requieren que ningún punto de la estación debe estar más lejos de 6 minutos de las áreas seguras.



## 5 Análisis Operacional de La Alborada – Hora punta AM en días laborables

La Alborada consiste en una estación tipológica situada en la parte central del L2, a pocas paradas de la Estación Central. En la parte oriental de la estación habrá dos accesos desde la calle, junto con las máquinas expendedoras de boletos y el sistema de puertas principal.

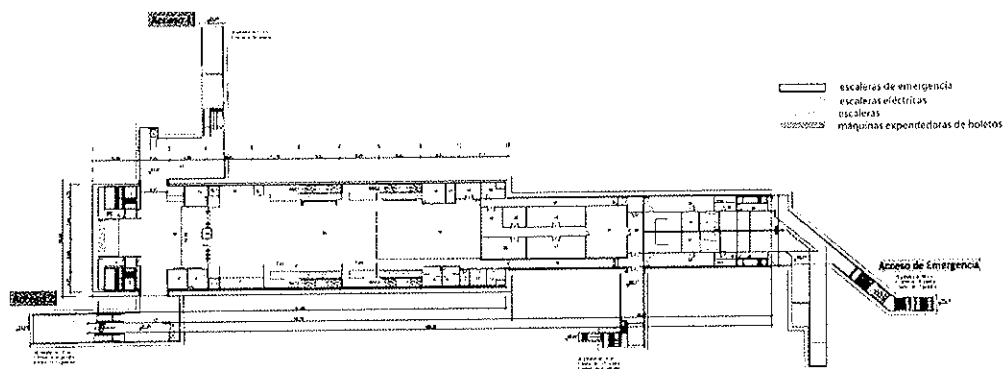


Figura 2 | Mapa del vestíbulo de la estación La Alborada

En la parte central de la estación habrá dos grupos de escaleras y escaleras mecánicas a cada lado, que conducen a dos plataformas situadas en el nivel inferior. La parte oriental del vestíbulo está dedicada a las áreas técnicas restringidas al público y las salidas de emergencia.

En lo que respecta a la demanda de movilidad, el Escenario de Proyecto 2047 proporcionado indica el momento más crítico del día es la hora punta AM (3,233 pasajeros contra los 1,474 pasajeros de la hora punta PM). Los pasajeros pronosticados para La Alborada se resumen a 3,233 en la hora más congestionada. La dirección oeste será la más concurrida, con 2,412 pasajeros descendiendo y 15 abordando, con un total aproximado de 2,427 pasajeros durante la hora punta AM. Para tener margen de seguridad hemos agregado 150 pasajeros extras abordando en la dirección oeste, en conclusión un total de 2,577 pasajeros.

En la dirección opuesta habrá 544 pasajeros abordando y 262 descendiendo, con un total de 806 pasajeros. Todos estos usuarios serán descritos como *pasajeros que viajan diariamente* en el modelo.

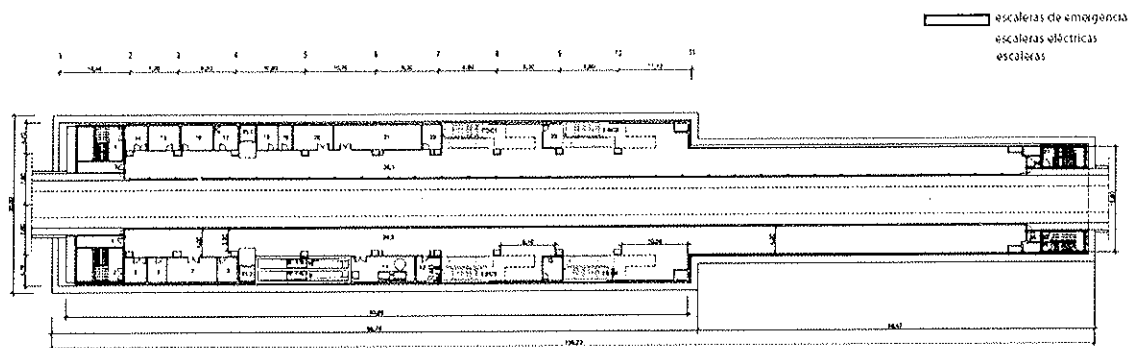


Figura 3 | Mapa del andén de la estación La Alborada

Para crear modelos de la estación La Alborada, se han realizado una serie de suposiciones con respecto a los componentes de la movilidad peatonal diferente, tales como las escaleras fijas, las escaleras eléctricas y los torniquetes:

- para los accesos desde la calle a la estación, hay una escalera mecánica por dirección para el acceso 2 y una escalera mecánica para subir para el acceso 1;
- todas las escaleras son bidireccionales;
- hay 10 torniquetes de los cuales 4 son para el ingreso y 6 para la salida; y,
- el andén está vinculada a el vestíbulo mediante 4 escaleras y 4 escaleras eléctricas (2 de bajada y 2 de subida) de acuerdo a la dirección.

Además, para recalcar el sistema general, se supone que el acceso #01 y el acceso #02 atraen y generan respectivamente el 30% y 70% de la demanda descrita anteriormente. Los resultados de la simulación peatonal de la estación para la hora punta AM en días laborables muestran una funcionalidad peatonal general adecuada de la estación tanto en la planta como en el andén.

Concretamente, los mapas de utilización del espacio (Figura 5 y 6) incluidos aquí ilustran claramente el alto nivel de utilización de la porción general de la estación relacionada al andén oeste (la dirección desde la Estación Central), como resultado directo de la presión de movilidad alta viniendo de esa dirección.

La gradación de color de rojo a azul a negro representa y distingue en gran medida las áreas usadas de las no usadas en absoluto. Cabe destacar que las áreas rojas en estos mapas no son necesariamente alarmantes para los flujos peatonales, ya que los mapas de utilización del espacio solo dan una idea acerca de las áreas más usadas (frecuencia de tránsito) y un alto flujo no es necesaria y directamente proporcional al Nivel de Servicio (NDS) siempre que el espacio disponible se ajuste a los flujos previstos.

Comparando esos mapas con las figuras 7 y 8 es posible concluir que no hay criticidades operativas en la estación.

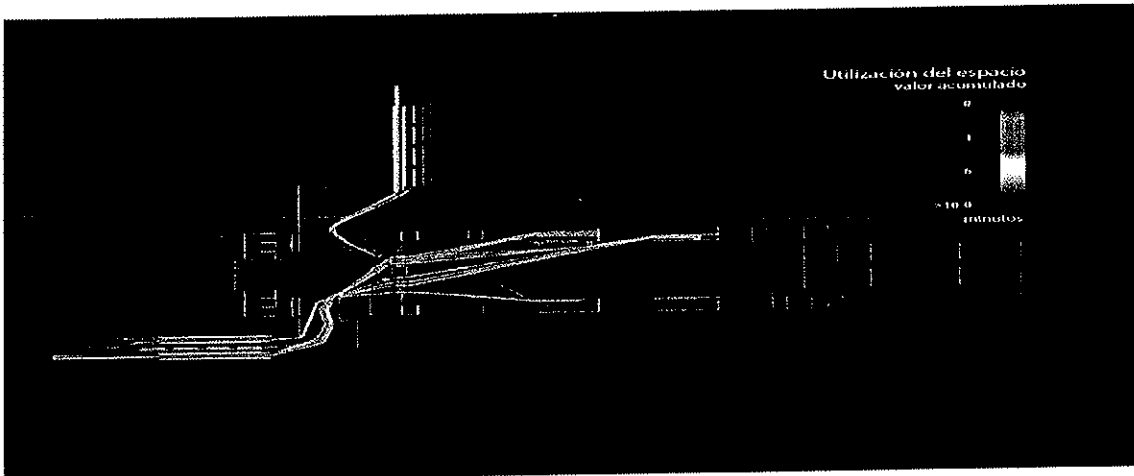


Figura 4 | Mapa de utilización del espacio en el vestíbulo

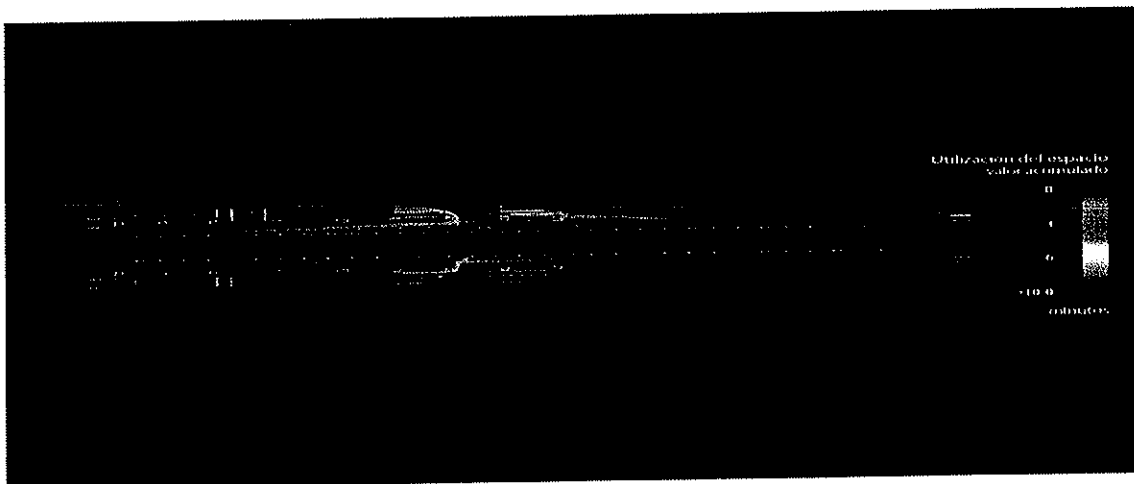


Figura 5 | Mapa del mapa de utilización del espacio en el andén

El análisis de densidad peatonal, que es el nivel de densidad experimentado a través del tiempo dentro de una unidad de espacio, es mejor usarlo para medir el funcionamiento del rendimiento de la estación y resaltar las áreas donde podría haber grandes problemas de congestión. Los mapas de densidad promedio acumulativa para los pasillos (Figura 7 y 8) verifican la densidad promedio dentro de una unidad de espacio y muestra que todos los espacios usados de la estación tienen un buen nivel de servicio (A y B) y que no hay amontonamientos críticos en los pasillos.

Tenga en cuenta que las escaleras y las escaleras eléctricas no deben ser consideradas en estos mapas puesto que no son definidas como pasillos.

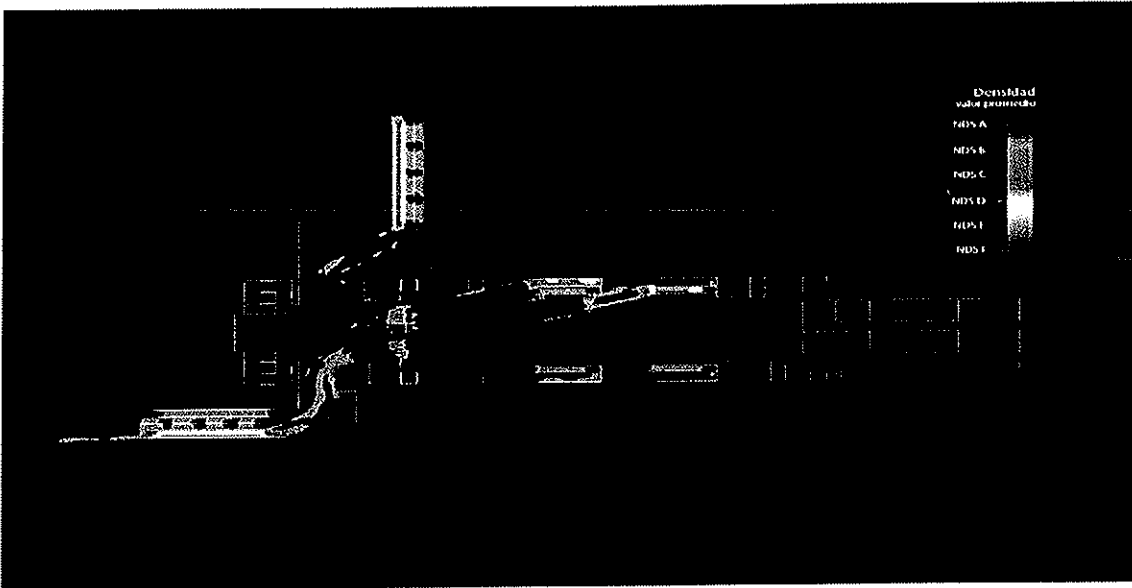


Figura 6 | Mapa de densidad promedio acumulativa de los pasillos en el vestíbulo

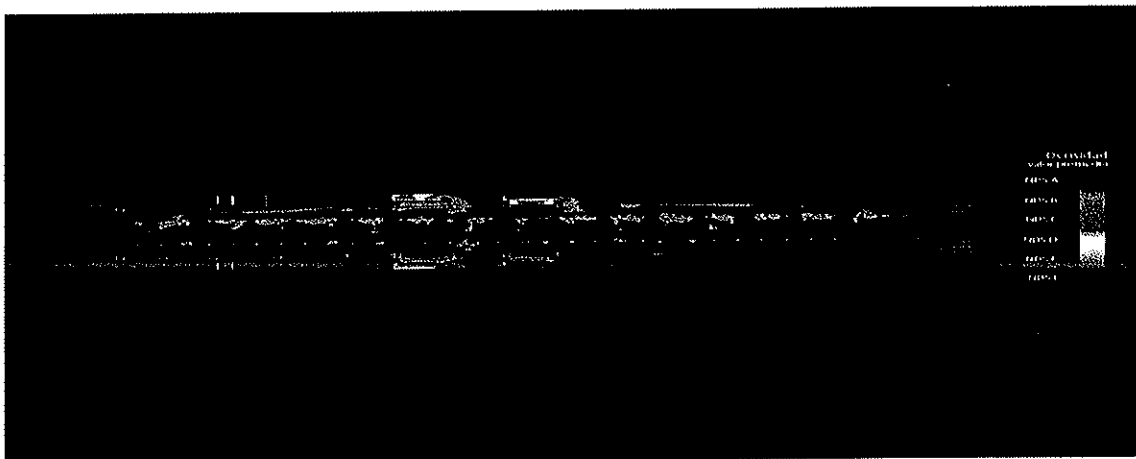


Figura 7 | Densidad promedio acumulativa de los pasillos en el andén

El mapa de densidad promedio acumulativa para las colas representan el nivel de servicio en las áreas de espera tales como, en frente de los torniquetes y el área de embarque/desembarque de escaleras y escaleras eléctricas.

Ya sea en el vestíbulo como en el andén, la cola en frente de los torniquetes y las áreas de embarque/desembarque de escaleras y escaleras eléctricas es muy buena.



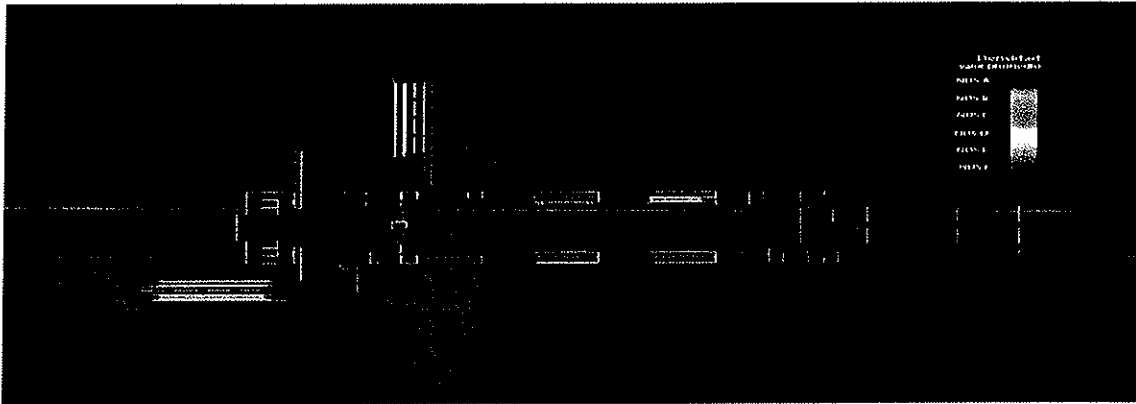


Figura 8 | Mapa de densidad promedio acumulativa de la cola en el vestíbulo

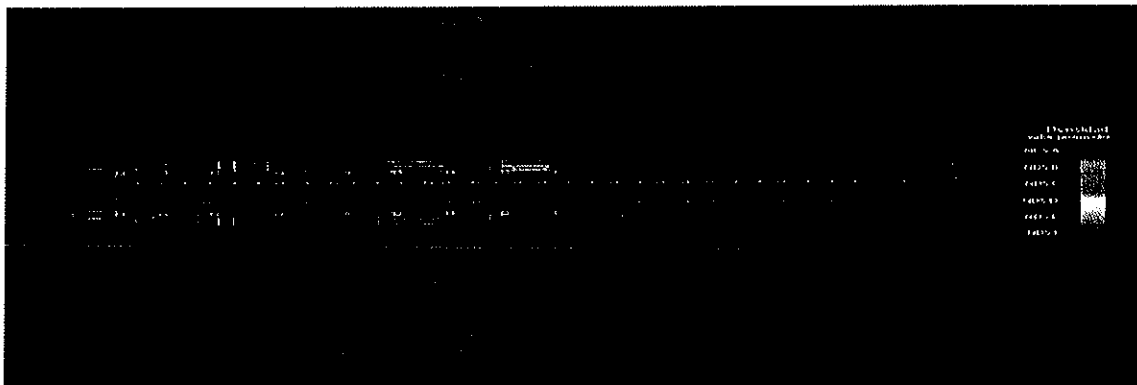


Figura 9 | Densidad promedio acumulativa de la cola en el andén

Los mapas de velocidad promedio acumulativa son interesantes ya que representan la velocidad de viaje promedio del pasajero. Estos confirman el resultado de los mapas de densidad promedio acumulativa para los pasillos y las filas de espera y es posible para señalar a las personas que demoran en el área de densidad alta.

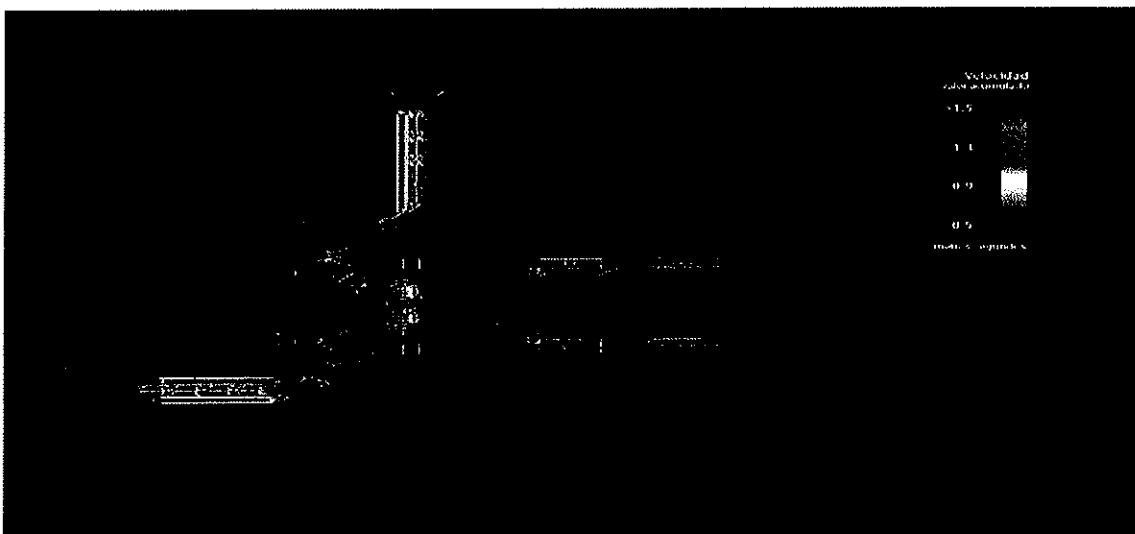


Figura 10 | Mapa de velocidad promedio acumulativa del vestíbulo

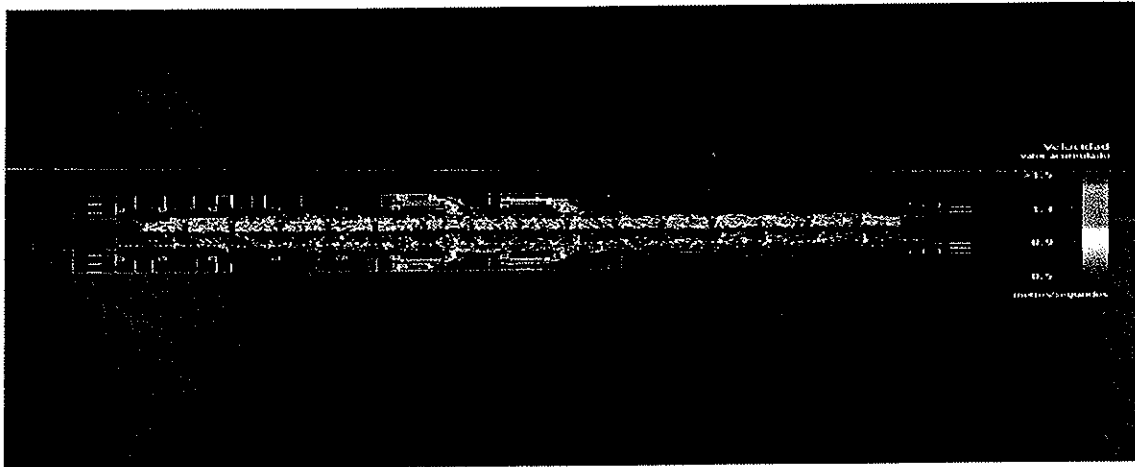


Figura 11 | Velocidad promedio acumulativa en el andén



## 6 Análisis Operacional de La Alborada – Evacuación

Las características del escenario de evacuación son obligatorias por las normas de seguridad NFPA 130, edición 2014; el escenario más crítico en este caso es la hora punta PM, porque la estación está localizada en la parte central de la ciudad y el tráfico PM en general se origina en los lugares de trabajo situados en el centro de la ciudad y va a las zonas residenciales. Como consecuencia de esto, se espera que más pasajeros estén esperando en el andén para subir a los trenes.

Las plataformas están en el nivel más profundo y representan la parte más crítica de la estación para ser evacuada. Durante la hora punta PM, hay 98 pasajeros abordando los trenes en dirección oeste y 865 en dirección este.

Un intervalo de 5 minutos entre trenes es usado en este escenario para simular interrupciones en el servicio y la acumulación de pasajeros en el andén. Se aplica un aumento repentino de 1.5 al minuto pico.

Esto resulta en 12 pasajeros esperando en el andén con dirección oeste y 108 en el andén con dirección este. Finalmente, en cada plataforma habrá 1,400 personas saliendo de los trenes subterráneos. El número total de personas para evacuar es por lo tanto 1,412 del andén con dirección oeste y 1,508 de la otra dirección. En los escenarios de evacuación, los parámetros de comportamiento de los usuarios son modificados para simular confusión, pánico, condiciones de visibilidad dificultosa y pérdida de conciencia.

Cabe resaltar que en el escenario de evacuación, todas las escaleras eléctricas que funcionan en la dirección opuesta a la evacuación son detenidas y funcionan como escaleras. Además, en cada andén, se asume que una escalera mecánica en la dirección a la evacuación está averiada y funciona como una escalera fija.

Los siguientes mapas representan el tiempo de evacuación de todos los usuarios desde el andén hasta la salida incluyendo (vía) la plataforma subterránea. La normativa de las normas de seguridad NFPA 130 requiere:

- capacidad de salida suficiente para evacuar la carga de ocupantes de la plataforma desde el andén de la estación en 4 minutos o menos.
- un diseño de la estación que permita la evacuación desde el punto más remoto en el andén hasta un punto de seguridad en 6 minutos o menos.

Los resultados de la simulación de la evacuación (Figura 13 y 14) muestran que el diseño propuesto para la estación de La Alborada cumple con los requerimientos de evacuación de la Norma NFPA 130, 2014 Edition.

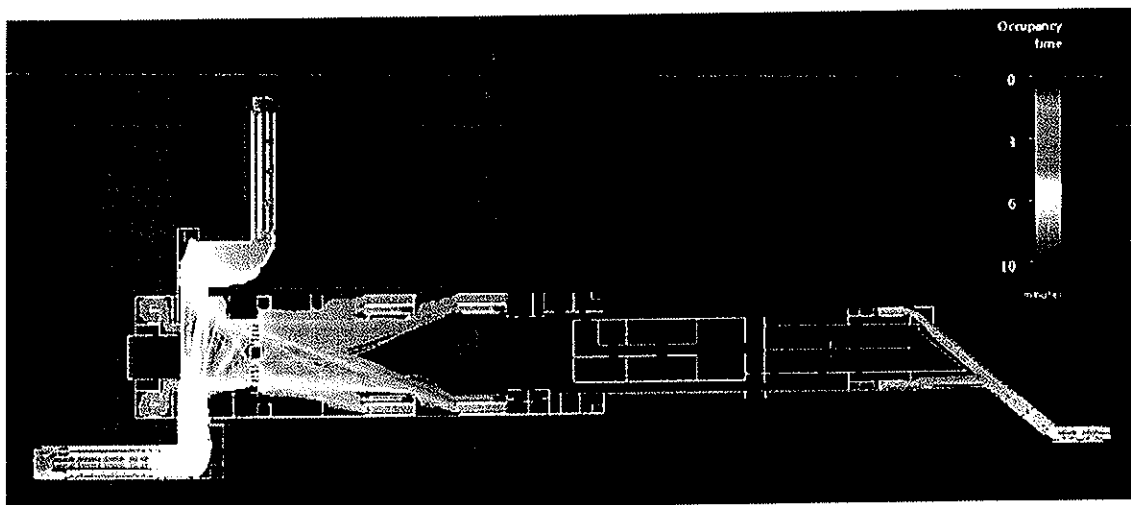


Figura 12 | Tiempo de evacuación en el vestíbulo

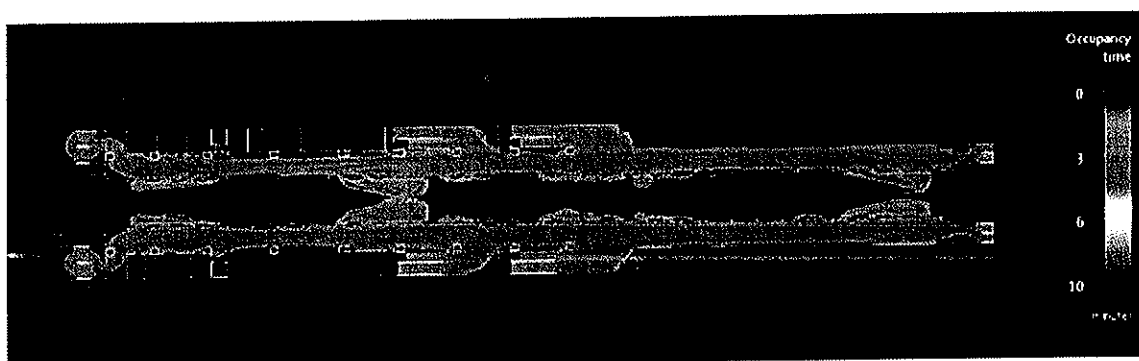


Figura 13 | Tiempo de evacuación en el andén



Milán, 14/02/2014

Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto:  
"Construcción de la Línea n. 2 y la sede de la Av.  
Faucett-Gambetta de la red subterránea de Lima  
y Callao"

*Consultoría de flujos peatonales– Estación Juan Pablo II*



- Preparado por: Tiffanie Yamashita
- Verificado por: Elisabetta Bassi
- Aprobado por: Diego Deponte
- Fecha: 14/02/14
- Número de servicio: 13P0151g
- Nombre del archivo: 13P0151g\_140214\_R\_Juan\_Pablo\_II\_Pedestrian\_Analysis\_rev0.docx
- Número de revisión: 00



## Índice

1.	Introducción .....	4
2.	Metodología.....	5
3.	Modelo Simulación Dinámica– Legion Spaceworks® .....	5
4.	Resultados de Simulación.....	7
4.1	Densidad – Nivel de Servicios (NDS).....	7
4.2	Utilización del espacio.....	9
4.3	Velocidad de flujo.....	9
4.3	Tiempo de evacuación.....	9
5	Análisis Operacional de Juan Pablo II – Hora punta PM en días laborables .....	10
6	Análisis Operacional de Juan Pablo II – Evacuación .....	16



## 1. Introducción

El objetivo principal de un análisis dinámico de simulación de flujo de peatones es una determinación cuantitativa de la criticidad del diseño funcional con el fin de proponer soluciones que sean capaces de garantizar un adecuado Nivel de Servicio, eficiencia de espacio, seguridad y comodidad a los usuarios.

Los espacios bien dimensionados, las rápidas conexiones peatonales a puntos de interés (plataformas, accesos, intercambiadores, etc.), una circulación adecuada, zonas de espera y sistemas de orientación son algunos de los elementos críticos de la funcionalidad y calidad de la estación. A partir de estos puntos de vista, las estaciones de metro, así como otros nodos de intercambio de transporte claves representan proyectos complejos debido a la presencia contemporánea de todos estos factores.

Los patrones de demanda dentro de una estación de metro, sumamente variable con picos muy concentrados alrededor de la llegada de los trenes, requieren de una herramienta analítica capaz de realizar una evaluación contemporánea de las interacciones entre los flujos peatonales y las áreas de espera, tránsito y servicio. La ejecución de las zonas peatonales es evaluada a través de un Nivel de Servicio basado en la densidad de las personas dentro de la instalación: proporcionando una lectura fácil destacando las áreas congestionadas y subutilizadas, lo que va a permitir a los diseñadores optimizar la distribución de los espacios internos.

Modelos estáticos, tradicionales, basados en el flujo - NDS – un ámbito específico, que no considera el efecto de los flujos en conflicto y los resultados de estas interacciones en las distribuciones de espacio y los patrones de demanda de diferentes funciones, tales como, puertas de entrada, máquinas expendedoras de boletos, pasillos, escaleras y plataformas.

Esto resulta en espacios teóricamente adecuados, en términos de metros cuadrados, para los flujos y funciones estimados, pero donde existen criticidades, fenómeno de congestión y saturación, resulta en una menor comodidad para el usuario y la eficiencia de la instalación.





## 2. Metodología

El proceso de simulación considera la interacción entre la demanda de origen/destino estimada, el destino y los elementos que definen la geometría del espacio, dividido en caminos (pasillos, escaleras, elevadores, escaleras mecánicas, etc.) y obstáculos (columnas, paredes, bancos, puertas, etc.).

La trayectoria y velocidad se basan en la hipótesis de que cada categoría del usuario (pasajero interurbano, usuario ocasional, turista, niños, personas de tercera edad, personas con equipaje o cualquier otro elemento, discapacitados, etc.) esté dispuesta a mantener una velocidad de desplazamiento definida y seguir el camino más corto; los obstáculos y conflictos con otros usuarios pueden resultar en una reducción de la velocidad y cambio de dirección; tal como se puede observar en situaciones reales.

Los resultados de estas simulaciones incluyen tres resultados principales:

- Análisis de densidad (uso de espacios y colas);
- Ocupación del espacio;
- Velocidad del desplazamiento

Estas salidas son la base de las propuestas de optimización, las cuales finalmente serán probadas en un nuevo proceso de simulación. Esta simulación considera tanto la hora punta como una situación de emergencia y evacuación.

## 3. Modelo Simulación Dinámica– Legion Spaceworks®

El software Legion Spaceworks® es de mucha utilidad para todos los tipos de estudios analíticos de flujo de peatones en entornos complejos con un pico de flujo peatonal importante y complejo. Actualmente, es la herramienta de simulación peatonal disponible más avanzada, utilizada en la industria de la ingeniería de transporte para examinar estaciones de tren y de metro, aeropuertos y edificios complejos, como los edificios de gran altura y estadios.

El software fue y será utilizado para los Juegos Olímpicos en Sídney, Atenas y Londres, y para el Campeonato Mundial de Fútbol de 2010 y 2014.

Entre los usuarios más importantes de este software, en el área de transporte, están el metro de Londres, SNCF, Metro de Madrid, Cross London Rail Links, Network Rail, Mass Transit Railway Corporation (Hong Kong) y muchos otros.

El objetivo principal del análisis del flujo de peatones es prever y evaluar las características del proyecto y las características específicas del proyecto y las especificidades del diseño medidas de acuerdo con los parámetros físicos y psicológicos que se mencionan a continuación:



- Los Parámetros Físicos se miden de acuerdo con las personas que transitan en una zona determinada, la densidad de población, la longitud de los segmentos de trayecto a pie, los tiempos de viaje, etc.;
- Los Parámetros Psicológicos se miden de acuerdo con la "insatisfacción" que es definida por tres elementos principales como la Frustración (libertad para moverse), Molestia (retraso debido a la congestión) e Inconveniencia (Reducción de la relación de persona a espacio).

Basado en los parámetros anteriores y las características, la capacidad espacial y la ejecución del proyecto pueden ser medidas, por lo tanto, la salida comprende una serie de indicadores de aspectos críticos que deben abordarse con medidas correctivas y de mitigación apropiadas.

Siendo aún más importante, Legion puede simular y analizar todas las situaciones de evacuación. Es una herramienta esencial para los consultores en el campo del diseño de seguridad contra incendios y gestión de edificios, para lo cual permite simular, probar y proporcionar pruebas para apoyar el arreglo peatonal específico y las medidas destinadas a mejorar el diseño de peatones. Los objetivos claves del análisis de la evacuación a medida son:

- Evaluar los límites y potenciales del arreglo arquitectónico;
- Definir las rutas de escape de incendios adecuadas para garantizar una evacuación segura;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y estrategia del sistema de detección de incendios;
- Asesoramiento en la apropiada definición de la planificación y la estrategia del sistema adecuado contra incendios;
- Verificar el cumplimiento de los códigos y normas de construcción locales;
- Identificar las medidas de mitigación y plan de implementación a largo plazo, y,
- Costo preliminar / beneficio y análisis de ingeniería de valor.

Los resultados de las simulaciones se pueden analizar gráficamente en 2D, así como en animaciones en 3D, mapas de rendimiento codificados por colores, informes estadísticos y gráficos, todos los cuales son excelentes para compartir los resultados con las audiencias técnicas y no técnicas. En cuanto al escenario de evacuación, las salidas más importantes son los patrones de movimiento y los diseños de utilización de espacio, la evacuación por escaleras a través de la capacidad de evaluación y mapeo, el mapeo de densidad acumulativa (principalmente los embotellamientos), el cálculo del tiempo de la evacuación y el mapeo, el análisis comparativo de las vías de evacuación de incendios.



## 4. Resultados de Simulación

Los esquemas de diseño han sido probados según las geometrías propuestas y capacidades resultantes para verificar la funcionalidad del plano de la estación. Para entender mejor los resultados del modelo, se considera necesaria una breve exposición del significado de estos resultados.

### 4.1 Densidad – Nivel de Servicios (NDS)

Los recorridos de los usuarios incluyen el camino más corto desde el origen hasta el destino. La presencia de tantas personas en el mismo camino crea bandas de destinos diferentes, que se pueden reconocer fácilmente a través de un mapeo de personas por metro cuadrado: esta medida define el NDS de esa área. Los NDS (desde A, el mejor, hasta F el peor) definen la ocupación del espacio, la comodidad personal y la facilidad de desplazamiento. A continuación, se presenta una breve descripción de los niveles NDS:

- NDS A – excelente nivel de servicio, libre flujo peatonal, sin retraso y excelente comodidad;
- NDS B – alto nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos extremadamente pequeños y comodidad muy alta;
- NDS C – buen nivel de servicio, flujo peatonal estable, retrasos aceptables y buena comodidad;
- NDS D – suficiente nivel de servicio, flujo peatonal inestable, los retrasos aumentan pero siguen siendo aceptables por periodos cortos y comodidad suficiente;
- NDS E – nivel de servicio crítico, flujo peatonal extremadamente inestable, retrasos inaceptables y comodidad insuficiente; y,
- NDS F – nivel de servicio inaceptable, los flujos peatonales opuestos se mezclan y los retrasos son extremos; el sistema no ya no está operando correctamente; absolutamente incómodo para los usuarios.

Según estas definiciones, los parámetros numéricos definen los límites de cada nivel. Estos parámetros varían según el uso del área considerada, porque la reacción a la densidad cambia según el contexto (espacio abierto, lugares de espera, corredores, boleterías, etc.) y el estado de los usuarios (en movimiento, en espera, en la cola).

El siguiente esquema ilustra los diferentes Niveles de Servicio:

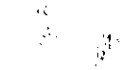


NDS A



Los NDS A en los pasillos, se proporciona un área suficiente para los peatones para que puedan elegir libremente a que velocidad ir, sobrepasar peatones más lentos, y evitar conflictos de cruces con otros.

NDS B



Los NDS B en los pasillos, suficiente espacio disponible para elegir la velocidad normal del paso, y para sobrepasar a peatones en flujos de una dirección. Donde existen flujos de desplazamientos opuestos, ocurren conflictos menores, casi bajando la velocidad promedio de los peatones y el volumen potencial.



Los NDS C en los pasillos, la libertad para elegir la velocidad del paso y pasar libremente a otros peatones es restringida. Donde existen flujos de desplazamientos opuestos, existe una alta probabilidad de conflicto requiriendo de un frecuente ajuste en la velocidad y dirección para evitar el contacto. El diseño consistente con este NDS representa un flujo fluido razonable; sin embargo, es probable que ocurra una fricción considerable e interacción entre los peatones, particularmente en situaciones de flujo multidireccional.



Los NDS D en los pasillos, la mayoría de las personas tienen su velocidad normal de caminar restringida y reducida, debido a dificultades para sobrepasar a los peatones que van más lento y evitar conflictos. Los peatones en el flujo opuesto y circulación en contra serían severamente restringidos, ocurriendo múltiples conflictos con los demás.

NDS E



Los NDS E en los pasillos, virtualmente todos los peatones tendrían una velocidad restringida, ajustando frecuentemente el paso. El límite para poder avanzar sería avanzar a paso lento. No habría área suficiente para sobrepasar a los peatones que van más lento. Se presentarían dificultades extremas para los peatones que quieren ir en direcciones contrarias. El volumen del diseño se aproxima a la capacidad accesible máxima del pasillo, con frecuentes paradas e interrupciones de flujo.

NDS F



Los NDS F en los pasillos, la velocidad de todos los peatones es extremadamente restringida, y solo se puede avanzar de manera lenta. Habría contacto frecuente e inevitable con otros peatones, y los desplazamientos en sentido opuesto serían virtualmente imposibles. El flujo de tráfico sería esporádico, solo se podría avanzar si las personas que se encuentran delante avanzan.

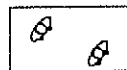
Figura 1 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en los Pasillos

NDS A

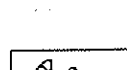


Los NDS A en las colas, hay espacio para estar de pie y libre circulación en las áreas de colas sin perturbar a los demás.

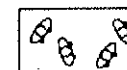
NDS B



Los NDS B en las colas, hay espacio para estar de pie y circulación restringida a lo largo de la cola sin perturbar.

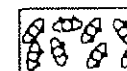


Los NDS C en las colas, hay espacio para estar de pie y circulación restringida a lo largo del área de colas perturbando a los demás. Están dentro de los niveles de la zona de delimitación de la comodidad corporal personal.



Los NDS D en las colas, el espacio proporcionado para estar de pie sin contacto personal con los demás, pero la circulación en el área de las colas es severamente restringida, y el desplazamiento solo es posible en grupos.

NDS E



Los NDS E en las colas, hay espacio para estar de pie, pero el contacto personal con los demás es inevitable. La circulación en el área de colas no es posible. Este nivel de ocupación de área solo puede prolongarse por periodos cortos sin incomodidad física y fisiológica.

NDS F



Los NDS F en las colas, el espacio es aproximadamente equivalente al área del cuerpo humano. Estar de pie es posible, pero el inevitable contacto cercano con los que están alrededor causa incomodidad física y fisiológica. El desplazamiento no es posible, y existe pánico potencial debido a la multitud.



Figura 1 | Los Niveles de Servicio de Fruin (NDS) en las colas

## 4.2 Utilización del espacio

El mapeo de la utilización del espacio muestra la frecuencia del paso peatonal dentro de un espacio dado. Mayor información sobre el flujo peatonal proviene del análisis de la utilización del espacio de áreas transitadas, como los corredores.

Este parámetro es calculado mediante definiciones acumulativas de los recorridos de los usuarios, definiendo, así, a través de una escala cualitativa, las áreas más utilizadas y las partes poco utilizadas de las instalaciones. Además, esta escala depende del tiempo, y es posible observar cuánto tiempo se utiliza o no cada área: la escala cromática usada para visualizar este parámetro cambia después de que cada usuario pasa por el área.

Los mapas de salida son extremadamente útiles para entender qué partes de las instalaciones son infra- o sobredimensionadas, el uso de entradas, el desequilibrio del uso de espacio y los conflictos de flujo.

## 4.3 Velocidad de flujo

El último elemento importante para evaluar los flujos peatonales es su velocidad. Las diferentes velocidades son representadas en mapas mediante una escala de color que muestra en qué áreas la circulación se torna más difícil y lenta debido a la sobrepoblación o geometría de la estructura.

## 4.3 Tiempo de evacuación

Un escenario específico será evaluado para garantizar que, siguiendo las regulaciones locales NFPA 130 Edición 2014, la estructura proporcionará rutas y espacios adecuados para la evacuación de todos los usuarios. Un mapa de escala a color resultará de la simulación indicando, para cada punto de las instalaciones, el tiempo necesario para que el usuario llegue hasta el área segura más cercana en condiciones de evacuación. Las regulaciones locales requieren que ningún punto de la estación debe estar más lejos de 6 minutos de las áreas seguras.



## 5 Análisis Operacional de Juan Pablo II – Hora punta PM en días laborables

Juan Pablo II consiste en una estación tipológica situada en la parte occidental del L2, a pocas paradas del Puerto de Callao. En la parte oriental de la estación habrá cuatro accesos desde la calle (dos en el lado norte y dos en el lado sur) junto con las máquinas expendedoras de boletos y el sistema de puertas principal.

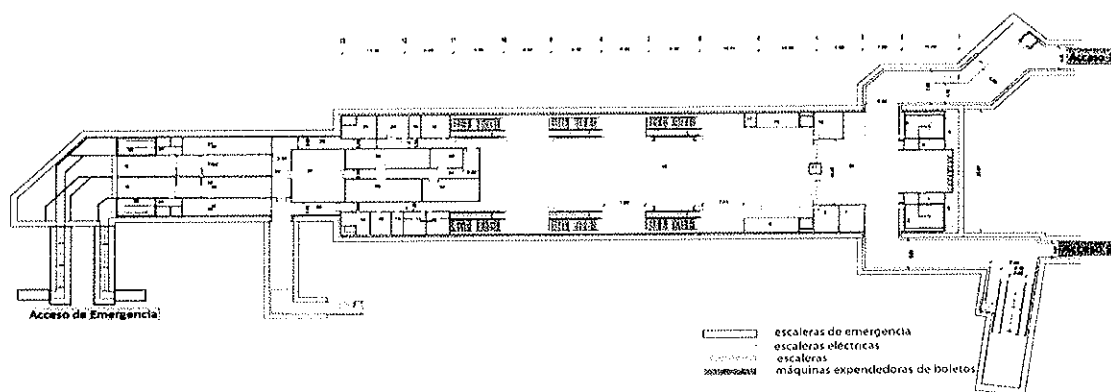


Figura 2 | Mapa del vestíbulo de la estación Juan Pablo II

En la parte central de la estación habrá tres grupos de escaleras y escaleras mecánicas a cada lado, que conducen a dos plataformas situadas en el nivel inferior. La parte occidental del vestíbulo está dedicada a las áreas técnicas restringidas al público y las salidas de emergencia.

En lo que respecta a la demanda de movilidad, el Escenario de Proyecto 2047 proporcionado indica el momento más crítico del día en la hora punta PM (8,040 pasajeros contra los 6,120 pasajeros de la hora punta AM). Los pasajeros pronosticados para Juan Pablo II se resumen a 8,040 en la hora más congestionada. La dirección este será la más concurrida, con 5,802 pasajeros abordando y 0 descendiendo. En la dirección opuesta estarán 0 pasajeros abordando y 2,238 descendiendo. Para tener margen de seguridad hemos agregado 180 pasajeros extras descendiendo en la dirección este y 160 pasajeros abordando en la dirección oeste. Todos estos usuarios serán descritos como *pasajeros que viajan diariamente* en el modelo.

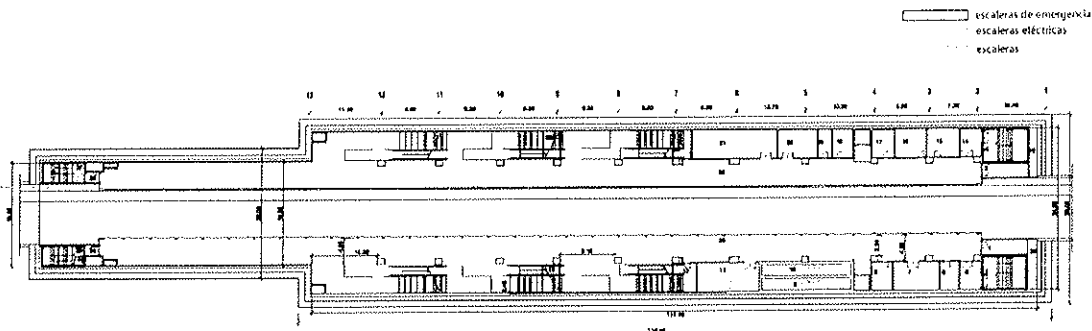


Figura 3 | Mapa del andén de la estación Juan Pablo II

Para crear modelos de la estación Juan Pablo II, se han realizado una serie de suposiciones con respecto a los componentes de la movilidad peatonal diferente, tales como las escaleras fijas, las escaleras mecánicas y los torniquetes:

- para los accesos desde la calle a la estación, hay una escalera mecánica por dirección para el acceso sur y una escalera mecánica para subir para el acceso norte;
- todas las escaleras son bidireccionales;
- hay 9 torniquetes de los cuales 6 son para el ingreso y 3 para la salida; y,
- el andén está vinculada al vestíbulo mediante 6 escaleras y 6 escaleras mecánicas (3 de bajada y 3 de subida) de acuerdo a la dirección.

Además, se supone que el acceso norte y sur atraen y generan respectivamente el 50% de la demanda descrita anteriormente. Los resultados de la simulación peatonal de la estación para la hora punta PM en días laborables muestran una funcionalidad peatonal general adecuada de la estación tanto en la planta como en el andén.

Concretamente, los mapas de utilización del espacio (Figura 5 y 6) incluidos aquí ilustran claramente el alto nivel de utilización de la porción general de la estación relacionada a el andén este (la dirección desde el Puerto de Callao), como resultado directo de la proximidad de la estación al final de la línea.

La gradación de color de rojo a azul a negro representa y distingue en gran medida las áreas usadas de las no usadas en absoluto. Cabe destacar que las áreas rojas en estos mapas no son necesariamente alarmantes para los flujos peatonales, ya que los mapas de utilización del espacio solo dan una idea acerca de las áreas más usadas (frecuencia de tránsito) y un alto flujo no es necesaria y directamente proporcional al Nivel de Servicio (NDS) siempre que el espacio disponible se ajuste a los flujos previstos.

Comparando esos mapas con las figuras 7 y 8 es posible concluir que no hay criticidades en las áreas de alto flujo en la estación.

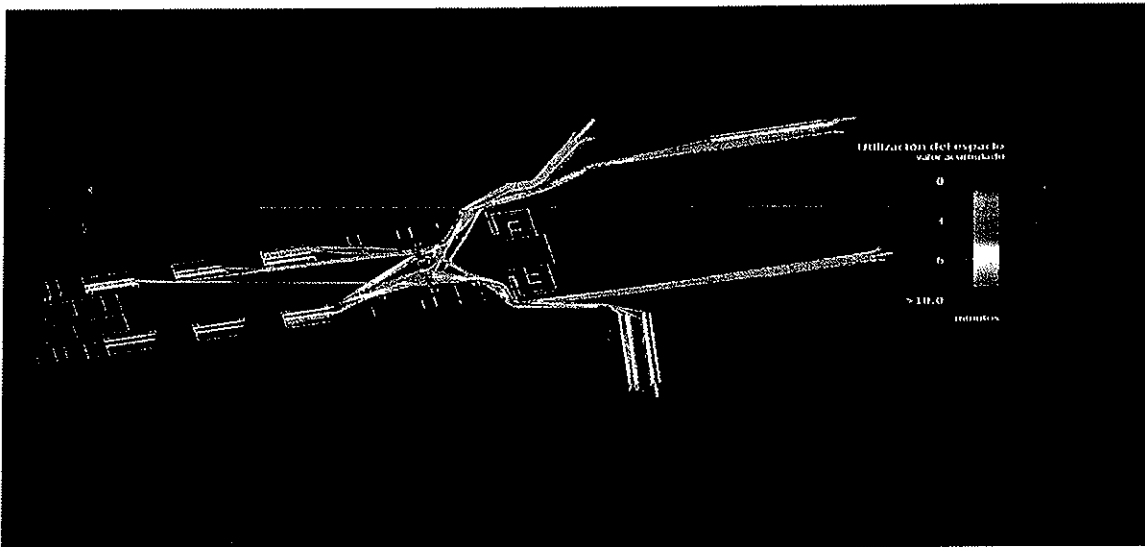


Figura 4 | Mapa de utilización del espacio en el vestíbulo

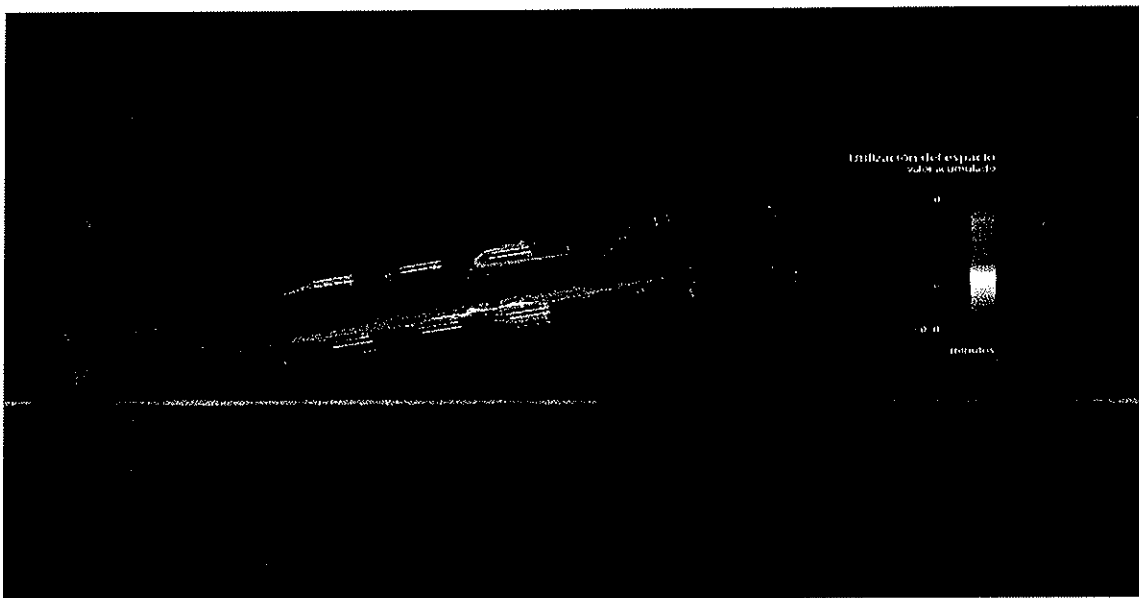


Figura 5 | Mapa del mapa de utilización del espacio en el andén

El análisis de densidad peatonal, que es el nivel de densidad experimentado a través del tiempo dentro de una unidad de espacio, es mejor usarlo para medir el funcionamiento del rendimiento de la estación y resaltar las áreas donde podría haber grandes problemas de congestión. Los mapas de densidad promedio acumulativa para los pasillos (Figura 7 y 8) verifican la densidad promedio dentro de una unidad de espacio y muestra que todos los espacios usados de la estación tienen un buen nivel de servicio (A y B) y que no hay amontonamientos críticos en los pasillos.

Tenga en cuenta que las escaleras y las escaleras mecánicas no deben ser consideradas en estos mapas puesto que no son definidas como pasillos.



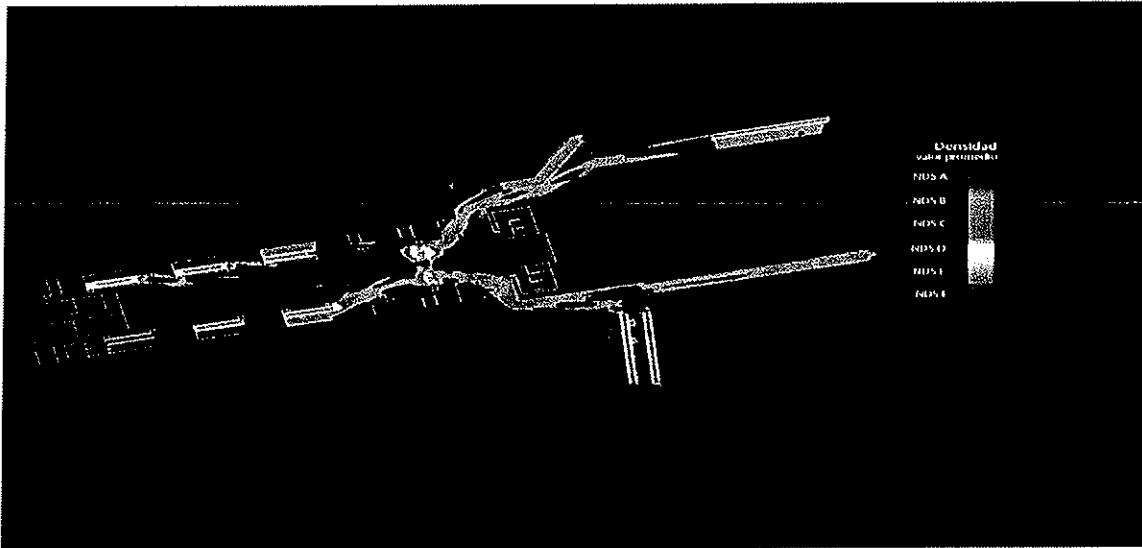


Figura 6 | Mapa de densidad promedio acumulativa de los pasillos en el vestíbulo

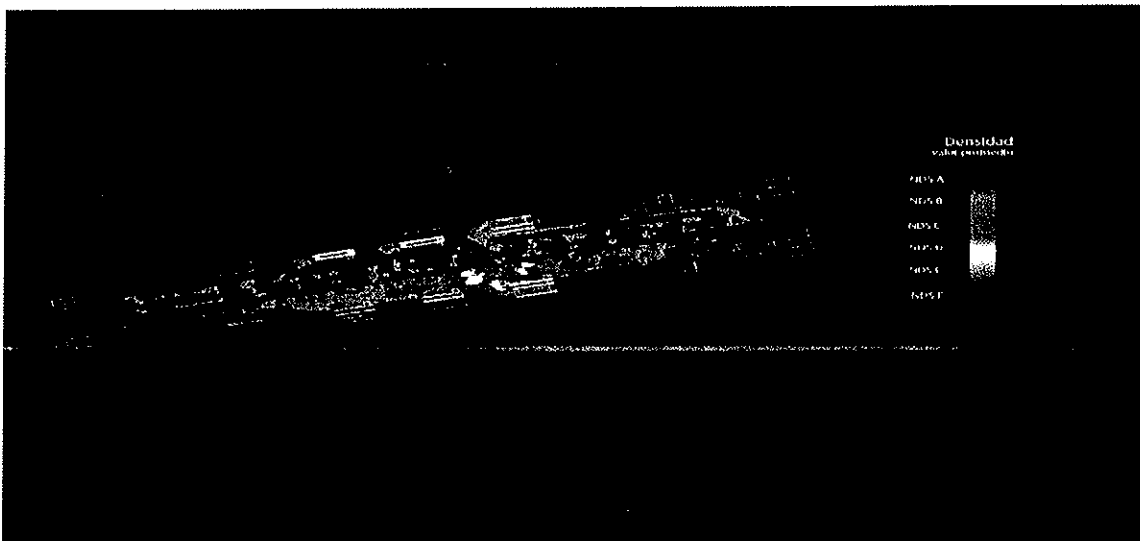


Figure 7 | Densidad promedio acumulativa de los pasillos en el andén

El mapa de densidad promedio acumulativa para las colas representan el nivel de servicio en las áreas de espera tales como, en frente de los torniquetes y el área de embarque/desembarque de escaleras y escaleras mecánicas.

Ya sea en el vestíbulo como en el andén, la cola en frente de los torniquetes y las áreas de embarque/desembarque de escaleras y escaleras mecánicas es muy buena.

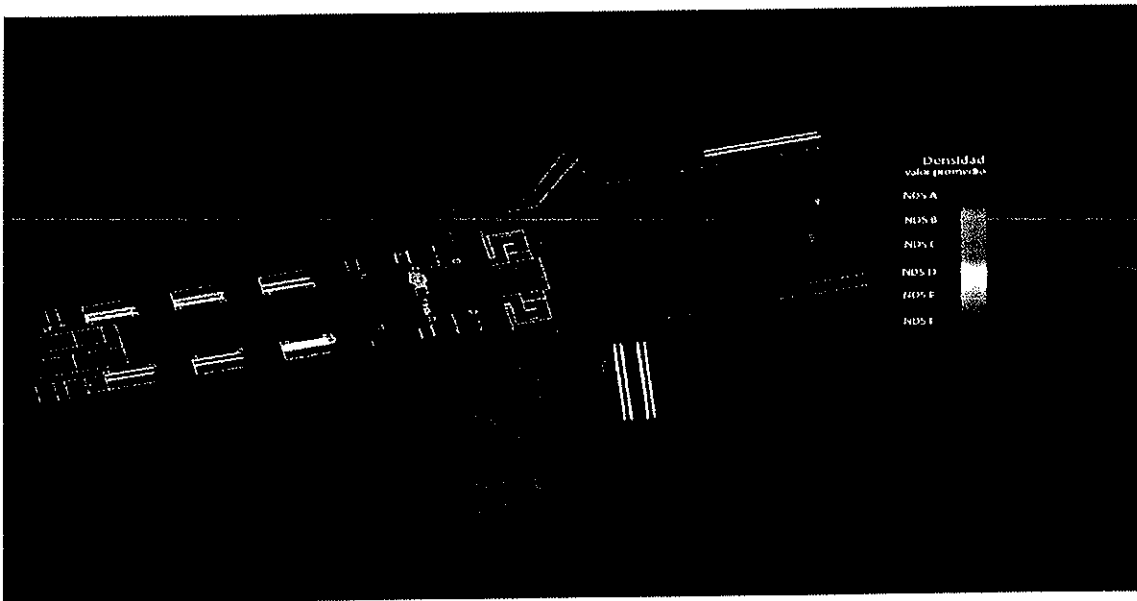


Figura 8 | Mapa de densidad promedio acumulativa de la cola en el vestíbulo

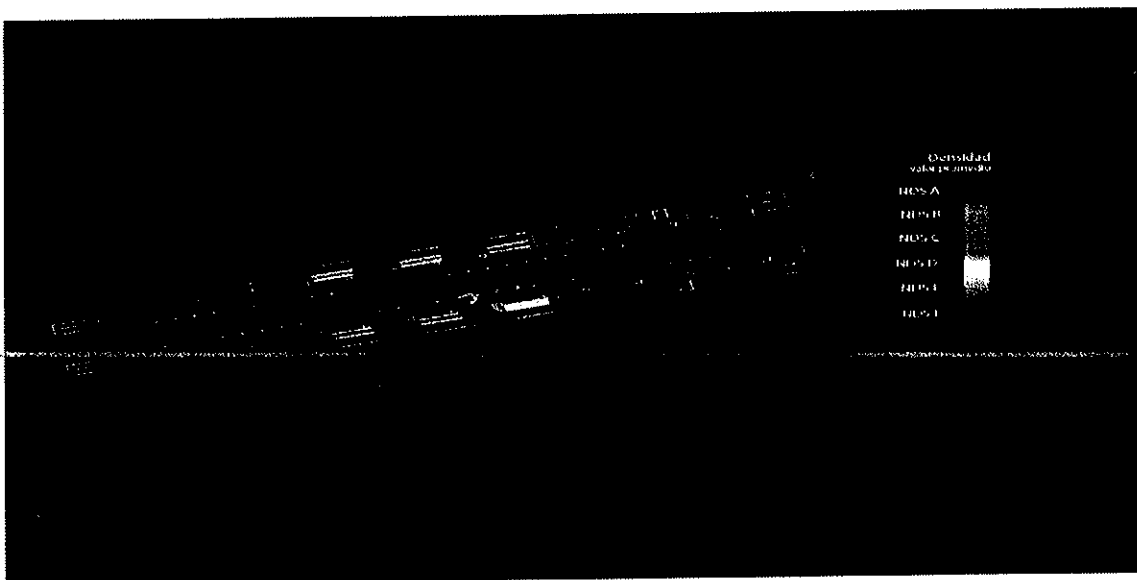


Figura 9 | Densidad promedio acumulativa de la cola en el andén

Los mapas de velocidad promedio acumulativa son interesantes ya que representan la velocidad de viaje promedio del pasajero. Estos confirman el resultado de los mapas de densidad promedio acumulativa para los pasillos y las colas y es posible para señalar a las personas que demoran en el área de densidad alta.

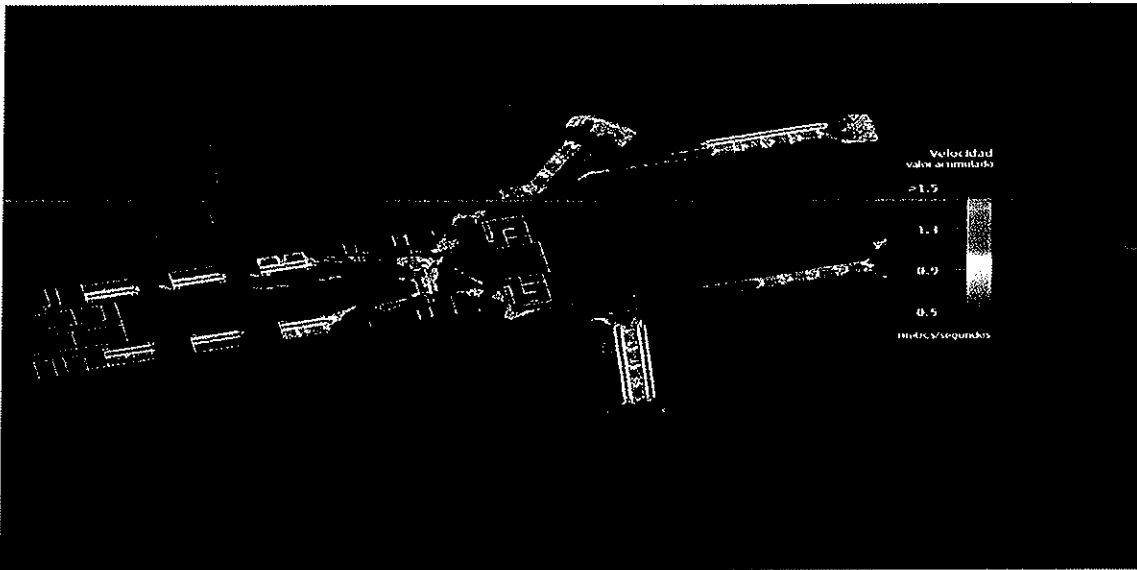


Figura 10 | Mapa de velocidad promedio acumulativa del vestíbulo

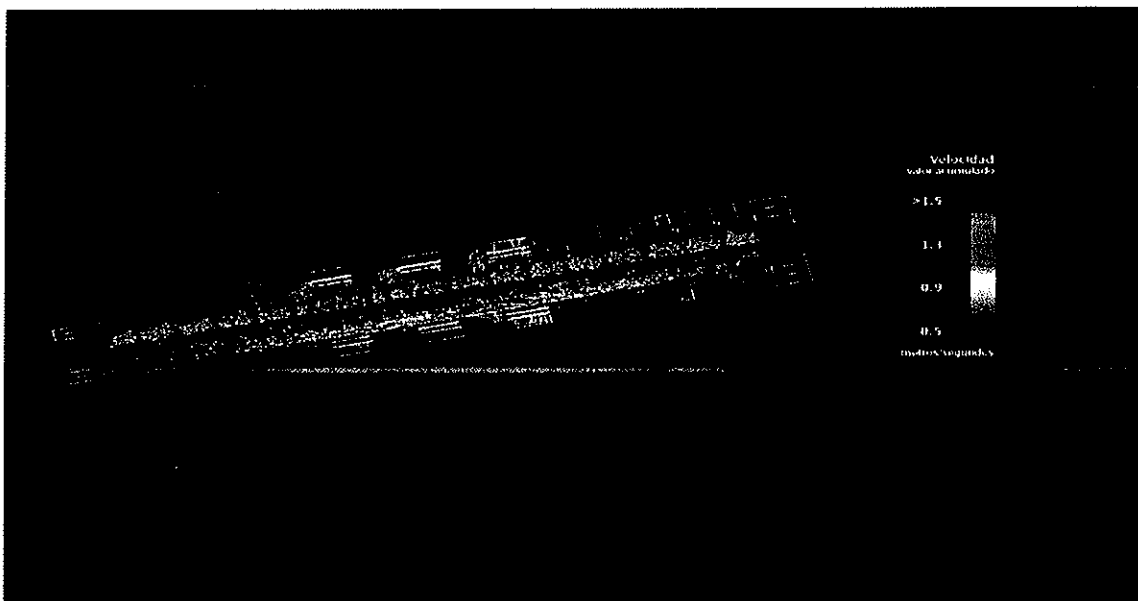


Figura 11 | Velocidad promedio acumulativa en el andén



## 6 Análisis Operacional de Juan Pablo II – Evacuación

Las características del escenario de evacuación son obligatorias por las normas de seguridad NFPA 130, edición 2014; el escenario más crítico en este caso es la hora punta PM donde se espera que más pasajeros estén esperando en el andén para subir a los trenes.

Las plataformas están en el nivel más profundo y representan la parte más crítica de la estación para ser evacuada. Durante la hora punta PM, hay 160 pasajeros abordando los trenes en dirección oeste y 5,082 en dirección este.

Un intervalo de 5 minutos entre trenes es usado en este escenario para simular interrupciones en el servicio y la acumulación de pasajeros en el andén. Se aplica un aumento repentino de 1.5 al minuto pico.

Esto resulta en 20 pasajeros esperando en el andén con dirección oeste y 725 en el andén con dirección este. Finalmente, en cada plataforma habrá 1,400 personas saliendo de los trenes subterráneos. El número total de personas para evacuar es por lo tanto 1,420 del andén con dirección oeste y 2,125 de la otra dirección. En los escenarios de evacuación, los parámetros de comportamiento de los usuarios son modificados para simular confusión, pánico, condiciones de visibilidad dificultosa y pérdida de conciencia.

Cabe resaltar que en el escenario de evacuación, todas las escaleras mecánicas que funcionan en la dirección opuesta a la evacuación son detenidas y funcionan como escaleras. Además, en cada plataforma, se asume que una escalera mecánica en la dirección a la evacuación está averiada y funciona como una escalera fija.

Los siguientes mapas representan el tiempo de evacuación de todos los usuarios desde el andén hasta la salida incluyendo (vía) el vestíbulo. La normativa de las normas de seguridad NFPA 130 requiere:

- capacidad de salida suficiente para evacuar la carga de ocupantes de la plataforma desde el andén de la estación en 4 minutos o menos.
- un diseño de la estación que permita la evacuación desde el punto más remoto en el andén hasta un punto de seguridad en 6 minutos o menos.

Los resultados de la simulación de la evacuación (Figura 13 y 14) muestran que el diseño propuesto para la estación de Juan Pablo II cumple con los requerimientos de evacuación de la Norma NFPA 130, 2014 Edition.

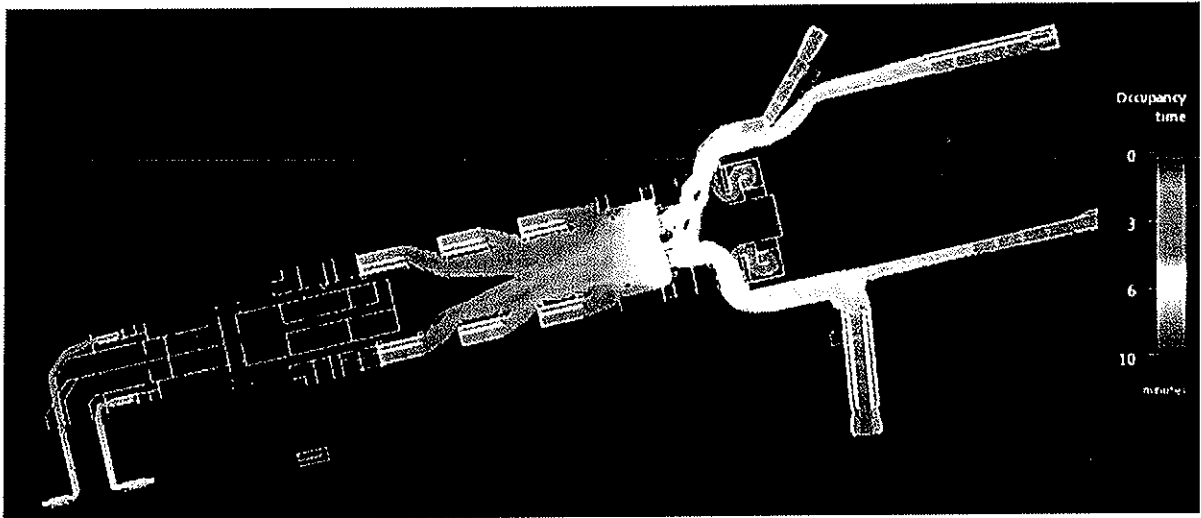


Figura 12 | Tiempo de evacuación en el vestíbulo

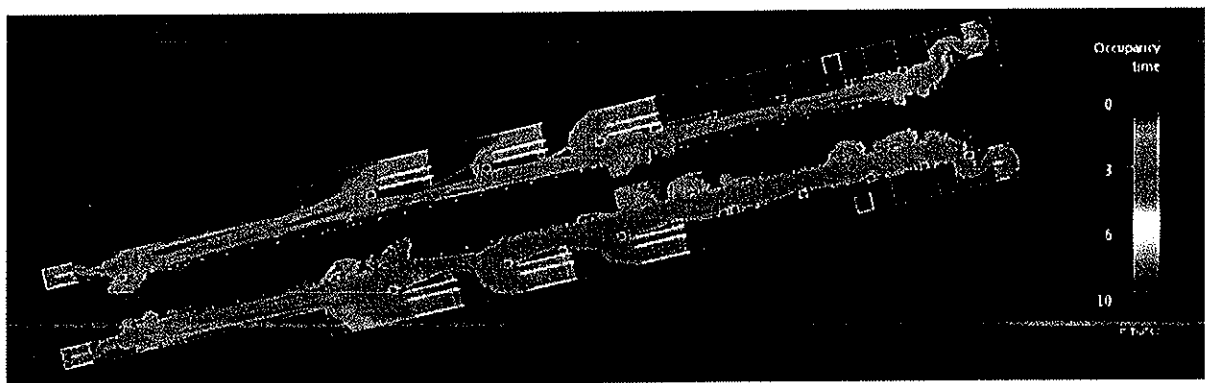


Figura 13 | Tiempo de evacuación en el andén