

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EJECUCIÓN DE ANCLAJES
PASIVOS Y PERMANENTES EN UN SUELO ALUVIONAL**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ARNOLD ROBERTO MACEDO VALLADARES

Lima- Perú

2016

© 2016, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir El Informe de Competencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Macedo Valladares, Arnold Roberto

arnold_704@hotmail.com.

954791934 – 4867854

ÍNDICE

	Pág
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 JUSTIFICACIÓN	12
1.3 DEFINICIÓN DE UN SUELO ALUVIONAL	13
1.4 ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS DEL CONGLOMERADO DE LIMA	13
1.5 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN EN EXCAVACIONES PROFUNDAS	34
CAPÍTULO II: USO DE ANCLAJES PASIVOS COMO MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN	41
2.1 DEFINICIÓN DE ANCLAJES PASIVOS	41
2.2 APLICACIONES	41
2.2.1 Componentes de los anclajes pasivos	41
2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DE ANCLAJES PASIVOS	42
2.3.1 Equipos y materiales utilizados	46
CAPÍTULO III: USO DE ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES COMO MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN EN EXCAVACIONES	50
3.1 DEFINICIÓN DE ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES	50
3.2 APLICACIONES	50
3.2.1 Componentes de los anclajes activos permanentes	51

3.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DE ANCLAJES ACTIVOS	
PERMANENTES	52
3.3.1 Equipos y materiales utilizados	57
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE	
RESULTADOS DE AMBOS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN	
PARA UN DETERMINADO PROYECTO	61
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	61
4.2 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN	70
4.3 COSTOS Y RENTABILIDAD PARA AMBOS MÉTODOS	72
4.3.1 CURVA AVANCE	76
4.4 PROBLEMAS EN LA EJECUCIÓN DE CADA MÉTODO	85
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1 CONCLUSIONES	88
5.2 RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	91

RESUMEN

El desarrollo que en la actualidad está teniendo nuestro país en infraestructura vial contempla la ejecución de proyectos con grandes profundidades de excavaciones, tomando en cuenta esta situación es necesario el uso de métodos de estabilización de taludes económicos y seguros para el desarrollo de cada uno de estos proyectos. Es por ello que se necesita realizar un análisis de los diversos métodos de estabilización que se vienen utilizando actualmente en nuestro país para determinar que metodología presenta mejores resultados teniendo como suelo de fundación para muchos de estos proyectos el conglomerado de Lima.

Para determinar que metodología presenta mejores resultados se deberá partir de una evaluación básica de las ventajas, desventajas, equipos, tiempos de ejecución, recursos, costos y rentabilidad de dos de los métodos de estabilización de excavaciones más usados actualmente por las empresas especialistas en sostenimiento de taludes y cimentaciones especiales.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1	Resultados Sondaje S-LA-3-Vía Parque Rímac	15
Cuadro 1.2	Resultados Sondaje S-LA-4-Vía Parque Rímac	16
Cuadro 1.3	Parámetros característicos geotécnicos –Vía Parque Rímac	16
Cuadro 1.4	Relación de exploraciones de Campo-Línea 2 Metro de Lima	20
Cuadro 1.5	Relación de ensayos de campo realizados para la Línea 2 Metro de Lima	24
Cuadro 1.6	Resultados de ensayos de campo –Carga Directa-Línea 2 Metro de Lima	24
Cuadro 1.7	Resultados ensayos de campo –Densidad de Suelo In situ-Línea 2 Metro de Lima	25
Cuadro 1.8	Resultados ensayos de campo –Auscultación Cono Peck-Línea 2 Metro de Lima	26
Cuadro 1.9	Resultados ensayos de Penetración Estandar (SPT) Línea 2 Metro de Lima	27
Cuadro 1.10	Resultados ensayos de Permeabilidad (Lefranc) -Línea 2 Metro de Lima	27
Cuadro 1.11	Listado de ensayos de Laboratorio	28
Cuadro 1.12	Clasificación de Suelos –Línea 2 Metro de Lima	29
Cuadro 1.13	Análisis químicos en muestras de agua y suelos – Línea 2 Metro de Lima	30
Cuadro 1.14	Resultados de Ensayos Triaxiales- Línea 2 Metro de Lima	30
Cuadro 1.15	Resultados de Ensayos de Consolidación- Línea 2 Metro de Lima	31
Cuadro 2.1	Características Técnicas Materiales Ischebeck	49

Cuadro 3.1	Características Técnicas Acero Pretensado	59
Cuadro 4.1	Rendimientos de Producción Soil Nailing – Vía Parque Rímac	70
Cuadro 4.2	Rendimientos de Producción Anclajes Permanentes- Vía Parque Rímac	71
Cuadro 4.3	Resumen de Costos Soil Nailing	73
Cuadro 4.4	Resumen de Costos Ancla. Permanentes	75

LISTA DE FIGURAS

Figura1.1	Vista Zona de Desarrollo Proyecto Vía Parque Rímac dentro del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima	14
Figura 1.2	Vista en Planta Perforaciones Diamantinas-Proyecto Vía Parque Rímac	17
Figura 1.3	Vista Zona de Desarrollo Proyecto Línea 2 Metro de Lima dentro del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima	19
Figura 1.4	Vista en Planta de Algunas Exploraciones de Campo – Tramo Plaza Garibaldi-Av.28 de Julio Línea 2 Metro de Lima	31
Figura 1.5	Vista en Planta de Algunas Exploraciones de Campo – Tramo Av.28 de Julio esq/Av. Nicolas Ayllon – Plaza de Armas Ate Línea 2 Metro de Lima a	32
Figura1.6	Etapas del Proceso constructivo del Muro Pantalla	33
Figura 1.7	Esquema general del proceso constructivo de un Muro Pantalla.	34
Figura 1.8	Secuencia de Ejecución del Muro Anclado	35
Figura 1.9	Vista de una estabilización con Muro Anclado Proyecto: Skytower	35
Figura 1.10	Vista de una estabilización con Muro Berlinés	36
Figura 1.11	Esquema de Pilote secantes, tangentes y Separado	38
Figura 1.12	Esquema proceso ejecución de Pilotes con Perforación previa	38

Figura 1.13	Esquema proceso ejecución de Pilotes mediante hélice continua	39
Figura 1.14	Vista de una estabilización con Muro de Pilotes	39
Figura 2.1	Vista de los componentes del anclaje pasivo	40
Figura 2.2	Secuencia de excavación	41
Figura 2.3	Secuencia de estabilización mediante anclajes pasivos(Nails)	41
Figura 2.4	Vista de la excavación y posterior ejecución del Nail	42
Figura 2.5	Vista de la ejecución del Nail con banquetta	42
Figura 2.6	Vista de la ejecución del Nail posterior al shocrete	43
Figura 2.7	Llave tradicional con extensión.	44
Figura 2.8	Llave de Torque.	44
Figura 2.9	Vista de una estabilización con Soil Nailing. Proyecto: Via Parque Rímac – Lima Diciembre 2012.	45
Figura 2.10	Equipo Roto Percutor Morath	45
Figura 2.11	Perforadora Hidráulica sobre Orugas con Martillo rotopercutor	46
Figura 2.12	Inyectora Chemgrout CG 600	46
Figura 2.13	Materiales de Anclajes Pasivos Ischebeck	47
Figura 3.1	Vista del detalle de la cabeza de un anclaje activo Permanente	52
Figura 3.2	Vista de los componentes de un anclaje activo permanente	52
Figura 3.3	Proceso constructivo de un anclaje activo permanente	52
Figura 3.4	Vista proceso de perforación de anclajes activos permanentes. Proyecto: UTEC – Lima Febrero 2014	54

Figura 3.5	Vista proceso de inyección interior y exterior anclajes activos permanentes	55
Figura 3.6	Vista proceso de tensados anclajes activos permanentes. Proyecto: UTEC – Lima Febrero 2014	56
Figura 3.7	Vista de la terminación de cabezas de anclajes activos permanentes. Proyecto: Nuevo Campus UTEC – Lima Febrero 2014	57
Figura 3.8	Vista perforadora hidráulica sobre orugas	58
Figura 3.9	Vista Compresor de Aire Atlas Copco	58
Figura 3.10	Vista Inyectora Chemgrout CG-600	59
Fig. 3.11	Vista de los componentes de un anclaje permanente	60
Figura 4.1	Vista de las etapas de construcción del Túnel Vía Parque Rímac	61
Figura 4.2	Vista Sección Tipo 1 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac	62
Figura 4.3	Vista Sección Tipo 2 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac (Tramo Puentes Rayitos de Sol)	62
Figura 4.4.	Vista Sección Tipo 3 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac	63
Figura 4.5	Vista Sección Tipo 4 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac	63
Figura 4.6.	Vista Sección Tipo 5 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac	64
Figura 4.7	Vista Sección Tipo 6 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac	64
Figura 4.8	Vista Primer Tramo y sus respectivas secciones del Proyecto Vía Parque Rímac	65
Figura 4.9.	Vista Sección Tipo 1- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac	65

Figura 4.10	Vista Sección Tipo 2- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac	66
Figura 4.11	Vista Sección Tipo 3- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac	67
Figura 4.12	Vista Sección Tipo 4- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac	67
Figura 4.13	Vista Segundo Tramo y sus respectivas secciones del Proyecto Vía Parque Rímac	68
Figura 4.14	Comparación de costos reales vs presupuestados Soil Nailing	72
Figura 4.15	Comparación de costos reales vs presupuestados Anclajes Permanentes	74
Figura 4.16	Curva de Avance Soil Nailing-Vía Parque Rímac	77
Figura 4.17	Curva de plazos Soil Nailing –Vía Parque Rímac	78
Figura 4.18	Curva de Avance Anclajes Permanentes–Vía Parque Rímac	82
Figura 4.19	Curva de Plazos Anclajes Permanentes–Vía Parque Rímac	83
Figura 4.20	Balance de horas trabajadas Soil Nailing-Vía Parque Rímac	84
Figura 4.21	Vista de la sección del túnel donde se usará anclajes activos permanentes-Tramo Puente Rayitos de Sol	85
Figura 4.22	Balance de horas trabajadas Anclajes Permanentes-Vía Parque Rímac	86

INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo está relacionada directamente con el interés de conocer el comportamiento y resultados de dos métodos de estabilización en el conglomerado de Lima para un importante proyecto de infraestructura vial.

El esquema de este trabajo presenta 5 capítulos. El primer capítulo abarca el planteamiento y justificación del tema tratado tocando aspectos como la brecha en infraestructura que afronta actualmente nuestro país y las medidas que se están tomando en cuanto a proyectos para acortar esta brecha, además de ello en este capítulo se da una breve definición de los suelos aluvionales tomando en cuenta que el suelo de la ciudad de Lima es de este tipo y por último se da una breve definición de los más importantes métodos de estabilización de taludes que se usan actualmente en diversos lugares .

Con referencia al segundo capítulo se toca y define el uso de los anclajes pasivos como método de estabilización de excavaciones, enfocándonos en su proceso constructivo, sus principales aplicaciones y también mencionando los equipos, herramientas necesarias para la ejecución de trabajos con estos elementos.

De igual manera en el tercer capítulo se toca y define el uso de los anclajes permanentes como método de estabilización de excavaciones, enfocándonos en su proceso constructivo, sus principales aplicaciones y también mencionando los equipos, herramientas necesarias para la ejecución de trabajos con estos elementos.

En el cuarto capítulo se muestra los resultados de la ejecución de anclajes pasivos y anclajes permanentes en un determinado proyecto, partiendo de estos resultados realiza un análisis en cuanto a tiempos, costos, rendimientos y recursos para cada uno de los métodos utilizados.

En el último capítulo, se presenta un resumen que contiene la información más resaltante y conclusiones obtenidas luego de haber hecho un análisis de todo el trabajo en general.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El continuo desarrollo económico del país en los últimos años ha involucrado el desarrollo de una serie de proyectos de infraestructura vial, de centros comerciales y de oficinas en Lima y en el interior del Perú, muchos de estos proyectos especialmente los desarrollados en nuestra capital se desarrollaran en el conglomerado de Lima el cual corresponde a un depósito de suelos granulares gruesos de origen aluvional y fluvial inmersos en una matriz más fina que puede estar constituida por arenas, limos y arcillas.

Sin embargo a pesar del crecimiento del país actualmente todavía existe una brecha de inversión en proyectos de infraestructura, esto se debe a que no existe un plan nacional que aglutine todos estos proyectos y les dé prioridad, y no existen cronogramas exactos de cuándo se van a concretar, y que se pueda presentar a los inversionistas para promover la inversión. Sumado a esto se tiene el problema de la falta de equipos técnicos, personal especializado y métodos de trabajo económicos. Si bien es cierto actualmente en Lima se viene desarrollando proyectos de infraestructura vial tales como Vía Parque Rímac y la Línea 2 del Metro, aún están pendientes el desarrollo y adjudicación de mayores proyectos de esta índole para disminuir la brecha en infraestructura.

Precisamente estos dos grandes proyectos de infraestructura vial se desarrollaran sobre el conglomerado de lima (suelo aluvional) y ambos contemplaran o han contemplado en su ejecución el uso de técnicas modernas, económicas y seguras para la estabilización de las excavaciones que pueden llegar hasta las 30 metros de profundidad.

Es por esta razón que la ingeniería ha desarrollado diversos sistemas diseñados para contener los empujes de tierra y así poder realizar estas excavaciones de forma segura y evitar perturbar así el normal funcionamiento del entorno. Al ofrecernos la ingeniería múltiples opciones, entonces, debemos elegir de entre todas las soluciones, la más adecuada para nuestro proyecto, la más económica y la de mayor rapidez de ejecución

1.2 JUSTIFICACIÓN

La justificación del presente trabajo se basa en la falta de un análisis de los métodos de sostenimiento de excavaciones más usados en proyectos de infraestructura vial y que tienen como suelo de ejecución el conglomerado de Lima (suelo aluvional).

Por lo tanto es necesario realizar una evaluación de rendimientos, rentabilidad, equipos, mano de obra técnica ventajas y desventajas en su ejecución para cada uno de estos métodos, teniendo en cuenta el esfuerzo que actualmente está realizando el país para disminuir la brecha en infraestructura vial que se tiene, precisamente en los últimos años se ha promovido la ejecución e inversión en grandes proyectos como las líneas de metro, túneles y vías de acceso de rápido.

Es por ello que en el presente trabajo se realizara un análisis comparativo de dos de los métodos de sostenimiento más usados para proyectos de infraestructura vial en base a la experiencia de una de las empresas especialista en sostenimiento de taludes y cimentaciones especiales en un determinado proyecto que involucra un suelo aluvional y grandes alturas de excavación.

1.3 DEFINICIÓN DE UN SUELO ALUVIONAL

Los depósitos aluvionales son materiales arrastrados por huaycos o aluviones y depositados en los cambios de pendiente y conos de deyección de las quebradas están conformados por sedimentos clásticos heterogéneos en cuanto a tamaño, forma y composición. Se tienen bloques rocosos de gran tamaño y fragmentos detríticos unidos con matriz arenosa limosa, los depósitos recientes son inestables y pueden presentar asentamientos.

Para el caso del conglomerado de lima se considera que su origen es fluvio- aluvional ligado a la historia de la evolución de los Ríos Rímac y Chillón .

1.4 ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS DEL CONGLOMERADO DE LIMA

Actualmente dos de los más grandes proyectos de infraestructura vial (Vía Parque Rímac y la Línea 2 del Metro de Lima) se vienen desarrollando y se desarrollaran teniendo como suelo de fundación el conglomerado de Lima por lo cual es necesario conocer los aspectos geológicos y geotécnicos y de este suelo de fundación que tendrán influencia tanto para las etapas de diseño y ejecución de estos dos proyectos .

Aspectos Geológicos y Geotécnicos Vía Parque Rímac.-

La litología del suelo de fundación del proyecto Vía Parque Rímac está compuesto mayormente de depósitos cuaternarios de origen aluvial , con presencia de gravas mal seleccionadas en matriz limo arenosa , intercaladas con algunos horizontes de arenas y limos de color marrón claro . Los fragmentos de las gravas son de rocas ígneas y volcánicas mayormente, como granitos y andesitas. Para este proyecto en particular no se ha llegado a cortar basamento rocoso debido a la poca profundidad que abarcaron los estudios teniendo perforaciones diamantinas que llegaron como máximo a los 19.50 mts.



LEYENDA

CRONOSTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	RECIENTE	Dip. edificos	Qr-e			
		Dip. aluviales	Qr-al				
		Dip. Marinos	Qr-m				
		Dip. edificos	Qp-e				
		Dip. aluviales	Qp-al				
		Dip. marinos	Qp-m				
	PLEIS-TOCENO	MEDIO SUPERIOR	Grupo Chirina	Volc. Quilmaná	Kms-q		
		Volc. Huarangal	Kim-h				
		Fm. Atocongo	Ki-at				
		Fm. Pamplona	Ki-pa				
		CRETACEO	INFERIOR	Grupo Morro Solar	Fm. Marcovica	Km	
			Fm. Herradura	Ki-h	Fm. Yungas	Ki-y	
Fm. Salto del Fraile	Ki-sf						
Grupo Puente Piedra	Fm. Cerro Blanco		Ki-ch				
	Fm. Ventanilla		Ki-v				
	Fm. Puente Inga		Ki-pi	Volc. Ancón	Ki-va		
JURASICO	SUPERIOR	Volc. Santa Rosa	Jsk-vs.1				

Figura 1.1 Vista Zona de Desarrollo Proyecto Vía Parque Rímac dentro del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima

A continuación se muestran los resultados de las perforaciones realizadas dentro del estudio:

Cuadro 1.1 Resultados Sondaje S-LA-3-Vía Parque Rímac

SONDAJE S-LA-3				
Ubicación: Margen izquierda del río Rímac a la altura del paradero Acho				
Profundidad total perforada: 14.85 m (Diámetro HQ)				
Profundidad total revestida: 10.50 m (Diámetro PW)				
Inclinación de sondeo: - 90°				
Inicio de sondeo: 21 de Agosto del 2010				
Fin de sondeo: 23 de agosto de 2010				
Descripción del perfil estratigráfico :				
Tramo De ... A ...	Clasificación SUCS visual	Litología		
0.00-1.50	CL-ML	Material de relleno de limos arcillosos con gravas y arenas		
1.50-2.90	GP	Gravas mal clasificadas con bolones de roca, arenas y escasos finos		
2.90-6.00	GP	Gravas mal clasificadas con bolones de roca, arenas y escasos finos		
6.00-9.75	GP	Gravas mal clasificadas con bolones de roca, arenas y escasos finos		
9.75-11.00	GM	Gravas, bolones de roca, arenas y alto porcentaje de limos		
11.00-12.65	GM	Gravas, bolones de roca, arenas y alto porcentaje de limos		
12.65-14.85	GP-GM	Bolones, gravas, escasa arenas y escasos a moderado porcentaje de limos.		
Ensayos realizados: 05 ensayos lefranc				
Resultados de los ensayos de permeabilidad Le Franc				
SONDAJE S-LA-3				
TRAMO ENSAYADO m.	TIPO ENSAYO	PERMEABILIDAD Cm/S	SUCS/ROCA	GRADO DE PERMEABILIDAD
5.50 - 8.00	LEFRANC	5,63 E-03	GP	MEDIA A BAJA
8.50 - 9.00	LEFRANC	2,16 E-03	GP	MEDIA A BAJA
11.50 - 12.00	LEFRANC	1,41 E-03	GM	MEDIA A BAJA
14.35 - 14.85	LEFRANC	2,15 E-03	GM	MEDIA A BAJA

(Fuente: Informe de Perforaciones Diamantinas –“Vía Expresa Línea Amarilla)

Cuadro 1.2 Resultados Sondaje S-LA-4-Vía Parque Rímac

SONDAJE S-LA-4				
Ubicación: Cauce del río Rímac a la altura del puente Balta				
Profundidad total perforada: 14.80 m (Diámetro HQ)				
Profundidad total revestida: 10.50 m (Diámetro PW)				
Inclinación de sondeo: - 90°				
Inicio de sondeo: 18 de Agosto del 2010				
Fin de sondeo: 19 de agosto de 2010				
Descripción del perfil estratigráfico:				
Tramo De ... A ...	Clasificación SUCS visual	Litología		
0.00-6.50	GP-GM	Gravas mal clasificada con bolones, arenas y moderado porcentaje de limos.		
6.50-8.65	GM	Bolones, gravas mal clasificadas, arenas y alto porcentaje de limos.		
8.65-11.85	GM	Gravas con bolones, arenas y alto porcentaje de limos		
11.85-14.80	GM	Bolones, gravas, arenas y alto porcentaje de limos		
Ensayos realizados: 05 ensayos lefranc				
Resultados de los ensayos de permeabilidad Le Franc				
SONDAJE S-LA-4				
TRAMO ENSAYADO m.	TIPO ENSAYO	PERMEABILIDAD Cm/S	SUCS/ROCA	GRADO DE PERMEABILIDAD
2.50 - 3.00	LEFRANC	2,15 E-03	GP-GM	MEDIA A BAJA
5.50 - 6.00	LEFRANC	5,35 E-04	GP-GM	BAJA
8.50 - 9.00	LEFRANC	3,65 E-03	GM	MEDIA A BAJA
11.5 - 12.00	LEFRANC	1,47 E-03	GM	MEDIA A BAJA
14.30 - 14.80	LEFRANC	2,52 E-03	GM	MEDIA A BAJA

(Fuente: Informe de Perforaciones Diamantinas –“Vía Expresa Línea Amarilla)

Parámetros Geotécnicos Vía Parque Rímac.-

Para este proyecto según los estudios realizados se debe diferenciar dos unidades geotécnicas:

Unidad A: Gravas y arenas sueltas, es la unidad geotécnica más superficial y su base se sitúa aproximadamente a la cota del río.

Unidad B: Grava arenosa densa, es la unidad geotécnica profunda, donde se apoya la estructura del falso túnel.

Cuadro1.3 Parámetros característicos geotécnicos –Vía Parque Rímac

Unidad	Cota superior (msnm)	Cota inferior (msnm)	Potencia estrato (m)	Peso unitario (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Ángulo de fricción interna (°)	Módulo Young (MPa)
A – Gravas y arenas sueltas	146	137.8	8.2	20	2	33	80
B – Grava arenosa densa	137.8	127	10.8	21.5	10	37	200

Fuente: (Estudio de la estabilidad de taludes para la excavación del túnel PK 17+620 al 17+820- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A.)



Figura 1.2 Vista en Planta Perforaciones Diamantinas-Proyecto Vía Parque Rímac

Aspectos Geológicos y Geotécnicos Línea 2 Metro de Lima.-

El recorrido de la Línea 2 del Metro de Lima geológicamente pasa por un depósito aluvial del cuaternario reciente (Qr-al) y depósitos del cuaternario pleistoceno (Qp-al) que forman el Cono deyectivo del Río Rímac.

Los sedimentos cuaternarios aluviales del Cono Deyectivo se encuentran flanqueados, por las rocas ígneas intrusivas del Batolito de la Costa, éstas son las tonalitas-dioritas de la súper unidad Santa Rosa, los gabros y dioritas de la Súper unidad Pátapo. También hay algunos afloramientos de rocas sedimentarias de la formación Atocongo que es calcárea y descansan en contacto sobre la Formación Pamplona. Hay tres puntos donde el trazo de la Línea 2 potencialmente se encuentra con pequeños afloramientos de rocas ígneas del tipo tonalita- diorita perteneciente a la unidad Santa Rosa del Batolito de la Costa, estos puntos se ubican próximos a la Municipalidad Ate y a la altura de la Atarjea, ambos en la margen izquierda del río Rímac donde la Línea 2 se extiende en su totalidad.

Los conos deyectivos están formados por gravas y arenas originadas por la erosión, destrucción de los cuerpos ígneos de los macizos cordilleranos de las partes altas de la región, traídos y depositados por los ríos Lurín y especialmente el Rímac.

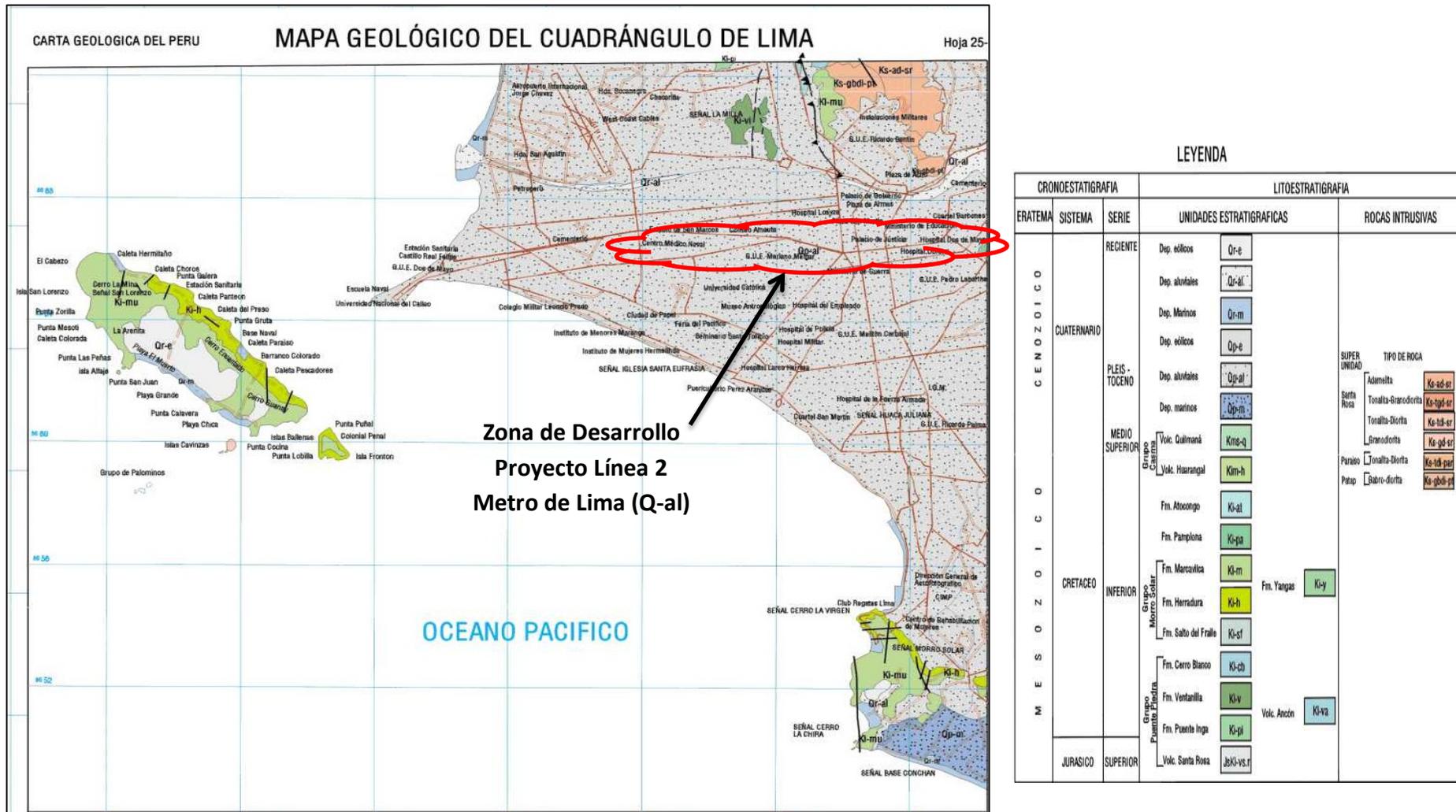


Figura 1.3 Vista Zona de Desarrollo Proyecto Línea 2 Metro de Lima dentro del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima

Cuadro 1.4 Relación de exploraciones de Campo-Línea 2 Metro de Lima

TRAMO	Punto	Progresiva (km)	Lado	Cota TN (msnm)	Este (m)	Norte (m)	Vía	Distrito	Tipo de exploración	Estación
TRAMO I	C - 1	0+060	izq	3,33	266.998,47	8.666.845,02	Av. Guardia Chalaca	Callao	calicata	
	C - 2	0+280	izq	3,63	267.186,13	8.666.731,57			calicata	1-Puerto del Callao
	C - 3	0+363	izq	3,53	267.257,55	8.666.688,49			calicata	1-Puerto del Callao
	P - 1	0+283	izq	4,00	267.192,98	8.666.734,02			perforación	1-Puerto del Callao
	C - 4	0+605	izq	4,48	267.465,15	8.666.562,48			calicata	
	C - 5	0+905	izq	7,18	267.720,53	8.666.407,46			calicata	
	C - 6	1+155	izq	9,50	267.935,74	8.666.277,72			calicata	
	C - 7	1+311	izq	10,85	268.080,45	8.666.216,51		calicata		
	C - 8	1+620	izq	12,66	268.332,67	8.666.036,50		Bellavista	calicata	2-Buenos Aires
	C - 9	1+715	der	13,49	268.408,86	8.665.979,29			calicata	2-Buenos Aires
	C - 10	1+795	der	14,50	268.473,10	8.665.932,66			calicata	2-Buenos Aires
	C - 11	2+063	izq	18,84	268.691,68	8.665.776,19			calicata	
	C - 12	2+220	izq	20,78	268.818,98	8.665.684,12			calicata	
P - 2	3+040	izq	23,50	269.521,58	8.665.397,79	perforación				
C - 13	2+825	izq	23,15	269.323,00	8.665.404,00	calicata				
C - 14	2+975	izq	23,22	269.469,00	8.665.368,00	Av. Venezuela		calicata	3-Ovalo La Perla	
C - 15	3+011	izq	23,30	269.510,00	8.665.385,00			calicata	3-Ovalo La Perla	
C - 16	3+042	izq	23,47	269.532,00	8.665.391,00			calicata	3-Ovalo La Perla	
C - 17	3+285	izq	24,67	269.768,00	8.665.425,00			calicata		
C - 18	3+465	izq	26,31	269.992,00	8.665.467,00			calicata		
C - 19	3+762	izq	30,69	270.210,00	8.665.514,00			calicata		
C - 20	3+900	der	30,28	270.383,00	8.665.510,00			calicata	4-Haya de La Torre	
C - 21	3+970	izq	32,65	270.435,00	8.665.557,00			calicata	4-Haya de La Torre	
C - 22	4+015	izq	33,39	270.486,00	8.665.568,00			calicata	4-Haya de La Torre	
C - 23	4+278	izq	36,73	270.764,00	8.665.590,00			calicata		
P - 3	4+423	izq	39,80	270.890,39	8.665.598,68		Bellavista	perforación		
C - 24	4+760	der	43,06	271.231,00	8.665.622,00			calicata		
C - 25	5+032	der	45,30	271.515,00	8.665.613,00			San Miguel	calicata	
C - 26	5+191	der	46,59	271.655,00	8.665.632,00	calicata			5-Venezuela	
C - 27	5+277	der	47,37	271.743,00	8.665.666,00	calicata			5-Venezuela	
C - 28	5+383	izq	48,56	271.834,00	8.665.670,00	Bellavista		calicata	5-Venezuela	
C - 29	5+547	izq	50,18	272.013,00	8.665.712,00			calicata		
C - 30	5+823	der	53,17	272.291,00	8.665.722,00	San Miguel		calicata		
C - 31	6+164	der	60,46	272.529,00	8.665.762,00	Bellavista		calicata		
C - 32	6+365	der	64,39	272.809,00	8.665.778,00		calicata			

C - 32	6+365	der	64,39	272.809,00	8.665.778,00	Av. Venezuela	San Miguel	calicata	
P - 4	6+850	der	68,50	273.307,42	8.665.821,43			perforación	
C - 33	6+782	der	67,34	273.252,00	8.665.818,00			calicata	
C - 34	7+078	der	71,52	273.520,00	8.665.900,00			calicata	
C - 35	7+185	der	73,30	273.627,00	8.665.923,00			calicata	6-Ciudad Universitaria
C - 36	7+245	der	74,00	273.688,00	8.665.932,00		Cercado de Lima	calicata	6-Ciudad Universitaria
C - 37	7+293	der	74,87	273.732,00	8.665.948,00			calicata	6-Ciudad Universitaria
C - 38	7+611	der	80,03	274.052,00	8.665.990,00			calicata	
C - 39	7+739	der	81,91	274.200,00	8.666.056,00			calicata	
C - 40	8+059	der	86,60	274.478,00	8.666.124,00			calicata	
C - 41	8+321	der	89,95	274.712,00	8.666.179,00			calicata	
C - 42	8+425	izq	96,00	274.821,00	8.666.182,00			calicata	7-La Alborada
C - 43	8+764	der	92,27	274.840,00	8.666.234,00			calicata	7-La Alborada
P - 5	8+290	der	89,50	274.708,13	8.666.148,09			perforación	7-La Alborada
C - 44	8+876	izq	99,00	275.248,00	8.666.288,00			calicata	
C - 45	9+050	izq	101,50	275.444,00	8.666.362,00			calicata	
C - 46	9+282	izq	104,60	275.690,00	8.666.406,00			calicata	8-Tingo María
P - 6	9+604	izq	110,12	275.990,94	8.666.464,07			perforación	8-Tingo María
C - 47	9+611	izq	110,12	275.992,00	8.666.466,00			calicata	8-Tingo María
C - 48	10+252	izq	118,64	276.627,00	8.666.330,00			Av. Arica	Breña
P - 7	10+250	izq	118,64	276.630,28	8.666.333,73	perforación	9-Parque Murillo		

TRAMO II	C - 49	11+480	izq	132,00	277.850,00	8.665.965,00	Plaza Bolognesi	Cercado de Lima	calicata	10-Plaza Bolognesi
	P - 8	11+415	izq	131,15	277.732,30	8.665.956,65			perforación	10-Plaza Bolognesi
	C - 50	12+238	izq	133,28	278.248,00	8.665.506,00			calicata	11-Estadio Nacional
	P - 9	12+226	der	132,80	278.321,41	8.665.519,54	Av. 28 de Julio	La Victoria	perforación	11-Estadio Nacional
	C - 51	12+896	der	140,01	278.990,00	8.665.614,00			calicata	12-Plaza Manco Capac
	P - 10	12+900	der	140,50	278.986,68	8.665.619,27			perforación	12-Plaza Manco Capac
	C - 52	13+853	izq	153,40	279.860,00	8.665.762,00			calicata	13-Cangallo
	P - 11	13+862	izq	153,40	279.937,57	8.665.773,04			perforación	13-Cangallo
	C - 53	14+126	der	157,61	280.211,00	8.665.814,00			calicata	
	C - 54	14+354	der	161,12	280.435,00	8.665.826,00			calicata	
	C - 55	14+684	der	165,80	280.743,00	8.665.870,00			calicata	14-28 de Julio
	C - 56	14+740	der	167,11	280.810,00	8.665.896,00			calicata	14-28 de Julio
	C - 57	14+841	der	168,61	280.890,00	8.665.878,00			calicata	14-28 de Julio
	C - 58	15+011	der	170,83	281.088,00	8.665.906,00			calicata	
	C - 59	15+311	izq	175,40	281.353,00	8.665.934,00			calicata	
	C-60	15+460	izq	177,00	281.522,52	8.665.980,72	San Luis	calicata		
	P-12	15+500	der	178,00	281.554,40	8.665.952,21		perforación	15-Nicolas Ayllón	
	C-61	15+605	der	177,29	281.646,00	8.665.902,00		calicata	15-Nicolas Ayllón	
	C-62	15+850	der	178,20	281.846,00	8.665.752,00		calicata		
C-63	16+120	der	181,25	282.098,00	8.665.654,00	calicata				
C-64	16+332	der	184,90	282.311,00	8.665.596,00	calicata		16-Circunvalacion		

	C-65	16+372	der	185,50	282.338,00	8.665.600,00	Av. Nicolás Ayllón	ATE	calicata	16- Circunvalacion			
	C-66	16+416	izq	186,20	282.403,00	8.665.654,00					calicata	16- Circunvalacion	
	C-67	16+655	der	191,00	282.644,00	8.665.566,00					calicata		
	C-68	16+845	izq	194,00	282.852,00	8.665.628,00					calicata		
	C-69	17+095	izq	198,60	283.082,00	8.665.600,00					calicata		
	C-70	17+405	der	204,20	283.374,00	8.665.528,00					calicata	17-San Juan de Dios (Nicolás Arriola)	
	P-13	17+400	der	205,50	283.375,62	8.665.528,72					perforación	17-San Juan de Dios (Nicolás Arriola)	
	C-71	17+539	izq	206,60	283.501,00	8.665.568,00					calicata	17-San Juan de Dios (Nicolás Arriola)	
	C-72	17+699	der	210,00	283.696,00	8.665.552,00					calicata		
	C-73	17+905	izq	213,50	283.890,00	8.665.644,00					calicata		
	C-74	18+222	der	218,60	284.272,00	8.665.668,00					calicata		
	C-76	18+752	der	226,50	284.654,00	8.665.932,00					calicata		
	C-77	18+960	izq	229,50	284.811,00	8.666.044,00					calicata		
	P-14	19+255	izq	234,50	285.075,36	8.666.186,51					perforación	18-Puente Santa Anita	
	C-78	19+265	izq	234,40	285.161,00	8.666.216,00					calicata	18-Puente Santa Anita	
	C-79	19+400	der	236,20	285.236,00	8.666.192,00					calicata	18-Puente Santa Anita	
	C-80	19+590	izq	239,80	285.401,00	8.666.328,00			Av. Carretera Central		calicata		
	C-81	19+972	der	244,90	285.771,00	8.666.428,00						calicata	
	C-82	20+142	der	248,20	285.884,00	8.666.536,00					calicata		
	C-83	20+295	der	250,10	286.044,00	8.666.572,00					calicata	19-Ovalo Santa Anita	
	C-84	20+385	der	251,80	286.141,00	8.666.610,00					calicata	19-Ovalo Santa Anita	
	C-85	20+420	der	252,00	286.173,00	8.666.624,00					calicata	19-Ovalo Santa Anita	
	C-86	20+682	der	255,80	286.414,00	8.666.714,00					calicata		
	C-87	20+945	der	259,00	286.592,00	8.666.826,00					calicata		
	C-88	21+190	der	265,00	286.874,00	8.666.944,00					calicata		
	C-89	21+402	izq	268,20	286.951,00	8.666.972,00					calicata	20-Colectora Industrial	
	P-15	21+405	izq	268,22	287.036,37	8.667.062,55					perforación	20-Colectora Industrial	
	C-90	21+480	der	269,50	287.123,00	8.667.056,00					calicata	20-Colectora Industrial	
	C-91	21+720	der	273,60	287.333,00	8.667.138,00					calicata		
	C-92	21+880	der	277,00	287.519,00	8.667.218,00					calicata		
	C-93	22+170	izq	282,00	287.770,00	8.667.364,00					calicata		
	C-94	22+358	izq	284,80	287.978,00	8.667.435,00					calicata		
	C-95	22+640	der	288,60	288.203,00	8.667.496,00					calicata	21-Emilio Valdizan	
	C-96	22+686	der	289,10	288.258,00	8.667.518,00					calicata	21-Emilio Valdizan	
	C-97	22+775	der	290,30	288.314,00	8.667.570,00		Santa Anita			calicata	21-Emilio Valdizan	
	C-98	22+978	izq	293,10	288.521,00	8.667.668,00						calicata	
	C-99	23+178	izq	296,80	288.744,00	8.667.756,00						calicata	
	P-16	23+570	der	303,30	288.975,00	8.667.854,00					perforación	22-Mercado Santa Anita	
	C-100	23+510	izq	302,50	289.045,00	8.667.830,00			calicata	22-Mercado Santa Anita			

C-101	23+602	der	303,60	289.104,00	8.667.862,00	ATE	calicata	22-Mercado Santa Anita
C-102	23+765	izq	307,00	289.284,00	8.668.026,00		calicata	
C-103	23+992	der	310,20	289.478,00	8.668.202,00		calicata	
C-104	24+326	der	315,50	289.641,00	8.668.398,00		calicata	23-Vista Alegre
C-105	24+495	der	318,20	289.713,00	8.668.474,00		calicata	23-Vista Alegre
C-106	24+542	izq	319,00	289.716,00	8.668.564,00		calicata	23-Vista Alegre
C-107	24+795	izq	325,00	289.878,00	8.668.753,00		calicata	
C-108	25+065	izq	330,00	290.047,00	8.668.952,00		calicata	
C-109	25+320	der	334,90	290.239,00	8.669.116,00		calicata	24-Prol. Javier Prado
P-17	25+342	der	335,50	290.262,00	8.669.142,00		perforación	24-Prol. Javier Prado
C-110	25+365	der	336,00	290.282,00	8.669.160,00		calicata	24-Prol. Javier Prado
C-111	25+605	der	339,90	290.433,00	8.669.364,00		calicata	
C-112	25+960	der	345,80	290.615,00	8.669.586,00		calicata	
C-113	26+150	der	350,00	290.805,00	8.669.720,00		calicata	
C-114	26+338	der	352,90	290.978,00	8.669.854,00		calicata	
C-115	26+530	der	356,00	291.161,00	8.669.894,00		calicata	25-Municipalidad de Ate
C-116	26+615	der	357,00	291.222,00	8.669.918,00		calicata	25-Municipalidad de Ate
C-117	26+660	der	358,00	291.263,00	8.669.934,00		calicata	25-Municipalidad de Ate
P-18	26+650	der	358,00	291.253,78	8.669.926,57	perforación		

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica
del Metro de Lima y Callao”)**

Para este proyecto en particular se realizaron los siguientes ensayos de campo cuyos resultados se muestran a continuación:

Cuadro 1.5 Relación de ensayos de campo realizados para la Línea 2 Metro de Lima

Ensayo de campo	Norma ASTM
Densidades in situ	D1586
Carga Directa	D1194
Ensayos de Penetración Estándar (SPT) (solo tramo I)	
Auscultación con cono Peck (ACP) (solo tramo I)	D1586
Permeabilidad in situ	

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)

Cuadro 1.6 Resultados de ensayos de campo –Carga Directa-Línea 2 Metro de Lima

Progresiva (km)	Ensayo	Ubicación	Prof. (m)	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	Coefficiente de Balaeto (kg/cm ³)	SUCS
1+700	PC - 1	Ovalo La Perla	2,70	2,50	47,40	0,60	MH
7+200	PC - 2	Av. Venezuela - Av. Universitaria	2,70	4,00	0,80	3,30	GP
12+200	PC - 3	Av. 28 de Julio - Av. Petit Thouars	2,70	6,00	1,00	5,40	GP
15+600	PC-4	Av. Nicolás Ayllón - Altura Av. 28 de Julio	2,70	4,00	19,40		
19+450	PC-5	Av. Nicolás Ayllón - Altura Puente Santa Anita	2,70	6,00	8,40		
23+550	PC-6	Av. Nicolás Ayllón - Altura Av. Separadora Industrial	2,70	6,00	11,80		

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)

**Cuadro 1.7 Resultados ensayos de campo –Densidad de Suelo In situ-Línea 2
Metro de Lima**

TRAMO	Progresiva (km)	Calicata	Prof. (m)	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	Clasificación SUCS
TRAMO I	0+363	C - 3	1,50	1,67	19,83	SM
	0+605	C - 4	1,20	1,64	46,18	ML
	1+155	C - 6	1,50	1,83	29,17	CL
			2,90	1,71	23,78	ML
	1+311	C - 7	1,45	1,61	23,57	ML
			2,25	1,83	24,63	ML
	1+620	C - 8	1,50	1,57	62,37	MH
			3,10	1,14	110,71	OH
			3,80	1,63	52,93	MH
	1+715	C - 9	1,80	1,56	35,72	CL
			3,35	1,15	120,19	OH
			4,25	1,48	38,89	ML
	1+795	C - 10	2,45	1,66	36,56	CL
			4,45	1,11	166,97	OH
			5,15	1,92	40,75	MH
	2+063	C - 11	2,50	1,78	28,83	MH
			6,30	1,96	31,23	ML
			7,80	1,84	28,76	CL
			8,90	1,74	10,79	SM
	2+220	C - 12	3,25	1,90	22,64	ML
	2+825	C - 13	2,95	1,87	12,12	CL
	2+975	C - 14	3,90	1,96	8,46	ML
	3+011	C - 15	4,35	1,72	18,64	ML
	3+042	C - 16	6,50	1,86	18,72	CL
	3+465	C - 18	3,75	1,52	17,09	ML
	3+762	C - 19	6,25	1,95	4,58	SP-SM
	3+900	C - 20	1,80	1,69	18,23	CL-ML
			4,25	1,43	7,34	ML
	3+970	C - 21	1,25	1,55	21,18	ML
	4+015	C - 22	3,05	1,62	15,68	SM
4+278	C - 23	3,80	1,66	26,94	ML	
5+191	C - 26	2,40	1,43	16,92	ML	
		6,75	1,73	20,63	CL	
5+277	C - 27	1,00	1,46	8,68	ML	
5+383	C - 28	1,70	1,47	10,54	ML	
TRAMO II	18+960	C - 77	0.10 - 3.50	1,88	13,07	SC-SM
			4,40 - 9,00	1,65	20,51	CL
	19+400	C - 79	1.10 - 2.20	1,81	14,87	ML
	20+385	C - 84	3.00 - 4.00	1,61	24,57	CL
	20+682	C - 86	0.90 - 3.20	1,67	9,71	ML

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del
Metro de Lima y Callao”)**

Cuadro 1.8 Resultados ensayos de campo –Auscultación Cono Peck-Línea 2 Metro de Lima

Progrealva (km)	Sondaje	Prof. (m)	NCP
0+263	S-1	0,30	14,0
		0,60	18,0
		0,90	7,0
		1,20	10,0
		1,50	10,0
		1,80	7,0
		2,10	15,0
		2,40	25,0
		2,70	35,0
		3,00	63,0
		3,30	76,0
		3,60	76,0
		3,90	63,0
		4,20	79,0
		4,50	74,0
		4,80	75,0
		5,10	99,0
		5,40	95,0
		5,70	93,0
		6,00	108,0
		6,30	71,0
		6,60	77,0
		6,90	71,0
		7,20	80,0
		7,50	86,0
		7,80	80,0
		8,10	70,0
		8,40	Rechazo - 5 cm

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)

**Cuadro 1.9 Resultados ensayos de Penetración Estandar (SPT)-Línea 2
Metro de Lima**

Progresiva (km)	Sondaje	Prof. (m)	NSPT	Observaciones
4+423	S-2	1,0	12,0	
		2,0	9,0	
		3,0	16,0	
		4,0	22,0	
		5,0	32,0	
		6,0	42,0	
		7,0	55,0	Rechazo - 7,0 cm

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica
del Metro de Lima y Callao”)**

**Cuadro 1.10 Resultados ensayos de Permeabilidad (Lefranc)-Línea 2 Metro
de Lima**

Progresiva	Prof. (m)	Calicata o Perforación	k (cm/s)
0+605	1,00 - 1,40	C-4	3,5 x 10 ⁻⁴
4+423	19,00 - 19,50	P - 3	1,1 x 10 ⁻³
11+415	16,50 - 17,00	P - 8	1,8 x 10 ⁻³
12+226	12,00 - 12,50	P - 9	0,5 x 10 ⁻³
12+900	14,50 - 15,00	P - 10	0,8 x 10 ⁻³
15+500	14,70 a 15,20	P-12	2,45 x 10 ⁻³
17+430	18,00 a 18,50	P-13	2,50 x 10 ⁻³
19+255	16,80 a 17,20	P-14	1,99 x 10 ⁻³

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica
del Metro de Lima y Callao”)**

Adicionalmente para este proyecto se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Cuadro 1.11 Listado de ensayos de Laboratorio

Ensayo	Norma ASTM	Norma NTP
Análisis granulométrico por tamizado	D422	--
Limite líquido, plástico e índice de plasticidad	D4318	--
Contenido de humedad	D2216	--
Peso volumétrico de suelos cohesivos	--	339.139
Determinación de sales solubles en agua y suelos	--	339.152
Determinación del Potencial de hidrogeno (<i>pH</i>) en agua y suelos	--	339.176
Cloruros expresados como ion Cl ⁻ en agua y suelos	--	339.177

Ensayo	Norma ASTM	Norma NTP
Determinación de sulfatos como ion SO ₄ ²⁻ en agua y suelos	--	339.178
Clasificación de suelos en el sistema SUCS	D2487	--
Clasificación de suelos en el sistema AASHTO	D3282	--
Consolidación unidimensional	D2435	--
Compresión triaxial, UU	D2850	--

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica
del Metro de Lima y Callao”)**

Cuadro 1.12 Clasificación de Suelos –Línea 2 Metro de Lima

Progr (km)	Calicata	Muestra	Prof. (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Humedad (%)	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
0+060	C - 1	M - 1	1,90 - 2,60	60,58	2,90	36,52	12,45	46	25	21	GC	A-7-6 (3)
0+280	C - 2	M - 1	1,55 - 2,35	62,35	35,48	2,19	7,05	NT	NT	NP	GP	A-1-a (0)
0+280	C - 2	M - 2	2,35 - 2,65	0,00	98,97	1,03	6,55	NT	NT	NP	SP	A-3
0+363	C - 3	M - 1	1,10 - 1,90	0,00	87,36	12,64	3,23	NT	NT	NP	SM	A-1b (0)
	C - 3	M - 2	1,90 - 2,10	41,53	25,79	32,68	19,91	32	22	10	GC	A-2-4 (0)
0+605	C - 4	M - 1	1,00 - 1,40	4,58	37,31	58,11	41,27	NT	NT	NP	ML	A-7-5 (8)
0+905	C - 5	M - 1	1,60 - 2,00	0,00	94,40	5,60	13,20	NT	NT	NP	SP-SM	A-3
1+155	C - 6	M - 1	1,10 - 1,85	0,00	3,20	96,80	29,11	34	20	14	CL	A-6 (3)
	C - 6	M - 2	1,85 - 4,00	0,00	25,20	74,80	23,80	NT	NT	NP	ML	A-4 (0)
1+311	C - 7	M - 1	1,20 - 1,70	1,60	26,30	72,10	23,60	37	25	12	ML	A-6 (8)
	C - 7	M - 2	1,70 - 2,80	0,00	3,40	96,60	25,10	47	33	14	ML	A-7-5 (18)
1+620	C - 8	M - 1	0,25 - 2,80	0,00	14,40	85,60	62,40	54	30	24	MH	
	C - 8	M - 2	2,80 - 3,40	0,00	3,40	96,60	110,70	173	123	50	OH	A-7-5 (86)
	C - 8	M - 3	3,40 - 4,20	0,00	7,10	92,90	49,70	59	35	24	MH	A-7-5 (28)
	C - 8	M - 4	4,20 - 4,30	0,00	75,10	24,90	27,60	NT	NT	NP	SM	A-2-4 (0)
1+715	C - 9	M - 1	0,30 - 0,50	0,00	16,30	83,70	13,19	NT	NT	NP	ML	A-4 (0)
	C - 9	M - 2	0,50 - 3,10	0,00	12,60	87,40	35,70	40	24	16	CL	A-6 (15)
	C - 9	M - 3	3,10 - 3,60	0,00	2,90	97,10	120,05	177	133	44	OH	A-7-5 (83)
	C - 9	M - 4	3,60 - 4,90	0,00	6,10	93,90	38,90	47	32	15	ML	A-7-5 (18)
	C - 9	M - 5	4,90 - 5,40	0,00	53,00	47,00	29,80	NT	NT	NP	SM	A-4 (0)
1+795	C - 10	M - 1	0,90 - 4,00	0,00	14,70	85,30	36,00	35	23	12	CL	A-6 (10)
	C - 10	M - 2	4,00 - 4,90	0,00	3,40	96,60	166,81	214	176	38	OH	A-7-5 (89)
	C - 10	M - 3	4,90 - 5,40	0,00	5,20	94,80	40,66	54	31	23	MH	A-7-5 (27)
	C - 10	M - 4	5,40 - 5,90	0,00	78,90	21,10	30,10	46	25	21	SM	A-4 (0)

**Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto:
“Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica
del Metro de Lima y Callao”)**

Cuadro 1.13 Análisis químicos en muestras de agua y suelos –Línea 2 Metro de Lima

Progresiva (km)	Calicata	Prof. (m)	pH	SST (ppm)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)
0+060 *	C - 1	2,00	9,01	1.129	193	248
2+220	C - 12	3,00	7,71	1.308	32	352
4+278	C - 23	3,00	7,34	633	20	357
6+164	C - 31	3,00	7,72	462	68	239
8+059	C - 40	3,00	7,48	437	20	214
10+252	C - 48	3,00	7,86	798	42	362
12+238	C - 50	3,00	7,49	119	40	560
14+126	C - 53	3,00	7,98	1.409	25	716
* Muestra de agua						

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)

Cuadro 1.14.- Resultados de Ensayos Triaxiales- Línea 2 Metro de Lima

Muestra	Profundidad (m)	Gs	γ (g/cm ³)	w (%)	γ_d (g/cm ³)	Ss (%)	ϕ	c (kg/cm ²)
M - 1	1,70 - 2,80	2,70	1,83	24,63	1,47	8,01	6,0	0,5
M - 2	3,40 - 4,20	2,65	1,62	52,93	1,06	9,35	1,9	0,4
M - 1	0,90 - 4,00	2,70	1,66	36,57	1,22	8,14	2,1	0,4
M - 1	0,65 - 4,30	2,78	1,78	28,83	1,38	7,90	19,5	0,3
M - 1	1,30 - 4,60	2,78	1,71	2,59	1,36	6,90	18,1	0,4

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)

Cuadro 1.15.- Resultados de Ensayos de Consolidación- Línea 2 Metro de Lima

Muestra	Profundidad (m)	G _s	γ (g/cm ³)	w (%)	γ _d (g/cm ³)	e ₀	e ₀	C _c	P _c (g/cm ³)
M - 1	1,70 - 2,80	2,70	1,84	23,24	1,49	81	0,81	0,83	1,35
M - 2	3,40 - 4,20	2,65	1,69	49,57	1,13	1.347	13,47	1,31	0,62
M - 1	0,90 - 4,00	2,70	1,86	34,72	1,38	982	9,82	0,36	1,10
M - 1	0, 65 - 4,30	2,78	1,83	30,54	1,40	1.005	10,05	0,30	1,30
M - 1	1,30 - 4,60	2,78	1,90	24,49	1,53	811	8,11	0,23	1,05

Fuente: (Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”)



Figura 1.4 Vista en Planta de Algunas Exploraciones de Campo –Tramo Plaza Garibaldi-Av.28 de Julio
Línea 2 Metro de Lima



Figura 1.5 Vista en Planta de Algunas Exploraciones de Campo –Tramo Av.28 de Julio esq/Av. Nicolas Ayllon – Plaza de Armas Ate Línea 2 Metro de Lima

1.4 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN EN EXCAVACIONES PROFUNDAS

Actualmente se tienen diversos métodos para lograr la estabilización en excavaciones profundas entre los principales tenemos los siguientes:

Muro Pantalla.-

Es una pared rectangular continua de concreto armado de espesor constante, que se construye en paneles previo a la excavación masiva. La excavación estable de la zanja de las pantallas se realiza mediante el empleo de lodos bentoníticos. El proceso de colocación de la armadura consiste en jaulas rectangulares de acero que se van uniendo a medida que la excavación avanza a lo largo del perímetro. Se realiza después el proceso de vaciado de concreto, por lo general con ayudas de tuberías tremie, en forma ascendente desde el fondo. Generalmente estas estructuras son reforzadas mediante el uso de anclajes postensados durante la etapa de excavación.

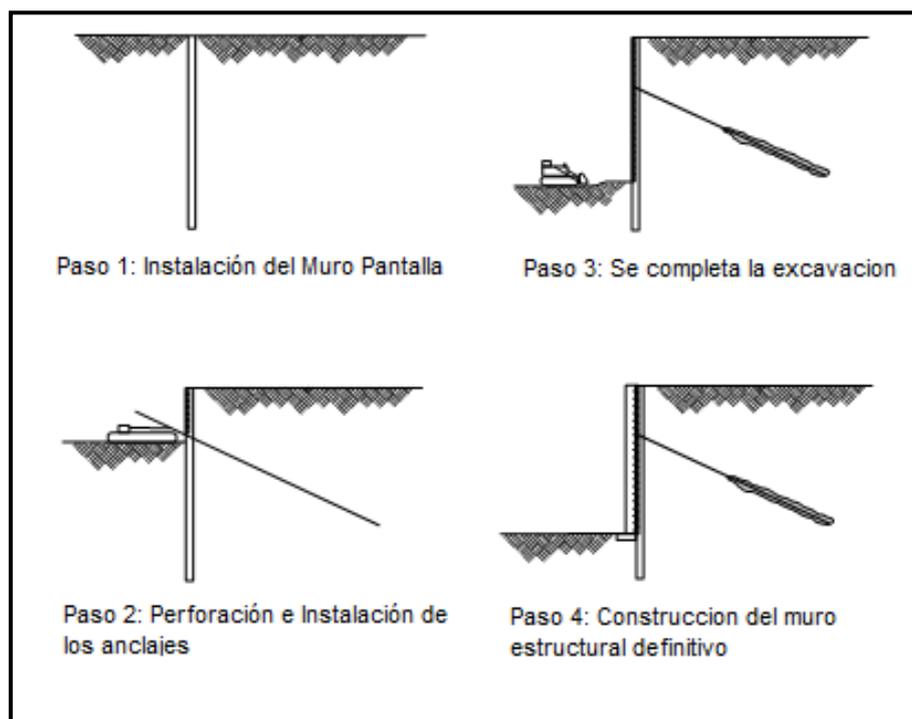


Figura1.6 Etapas del proceso constructivo de un Muro Pantalla.

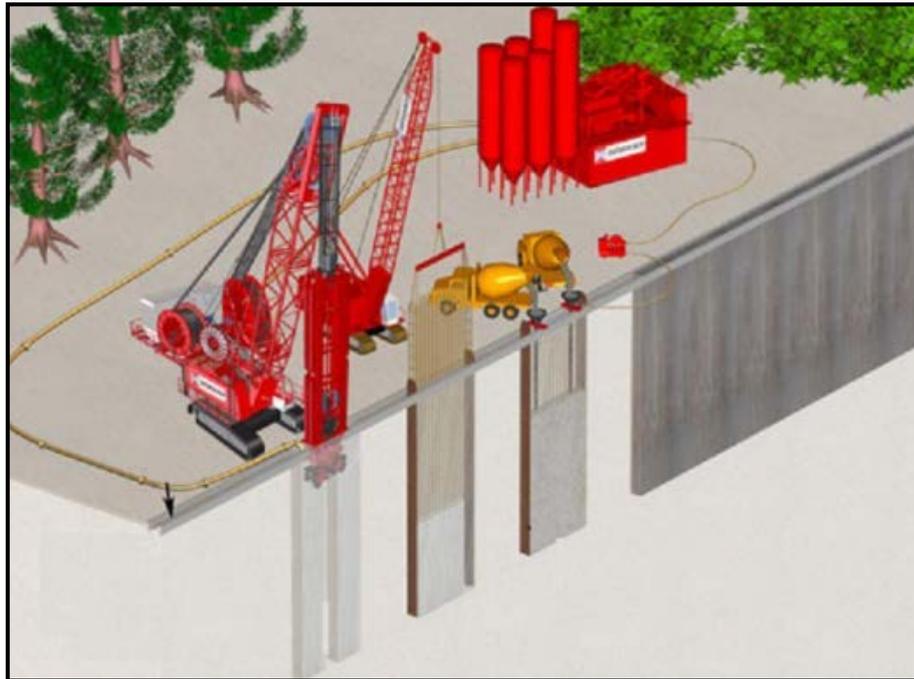


Figura 1.7 Esquema general del proceso constructivo de un Muro Pantalla.

Fuente: Empresa soletanche Bachy, Catalogo digital “Muros pantalla”

Es importante mencionar que el muro pantalla es de carácter temporal, es decir, su función es solo de contención, por lo tanto el Muro Pantalla no está concebida para ser parte de superestructura de la edificación. Cabe resaltar la doble funcionalidad de este tipo de estructura: Resistir los empujes laterales del terreno y a la vez servir como una cortina impermeable para evitar el flujo subterráneo al interior de la zona excavada durante y después de su construcción.

Muros Anclados.-

Este método consta de la construcción simultánea de muros perimetrales de la estructura como elementos de contención para la excavación, lo cual permite llegar a fondo de cimentación profundos optimizando costos, espacio y tiempos de trabajo. De esta forma, el muro se construye por niveles o franjas horizontales, de altura variable en función del tipo de suelo encontrado y de las sobrecargas que se tengan que soportar. Dentro de un mismo nivel el muro se ejecuta por paneles alternados, esto es para minimizar las deformaciones ocurridas durante la excavación aprovechando así las banquetas como

elementos provisionales de contención. La estabilidad del muro, a medida que se profundiza en la excavación, se logra mediante la colocación de tirantes de anclaje post-tensados provisionales, una vez que todo un nivel de muro se encuentra completamente anclado, se procede con el siguiente nivel de excavación para conformar el nuevo anillo de muros y así sucesivamente hasta llegar al fondo de cimentación deseado.

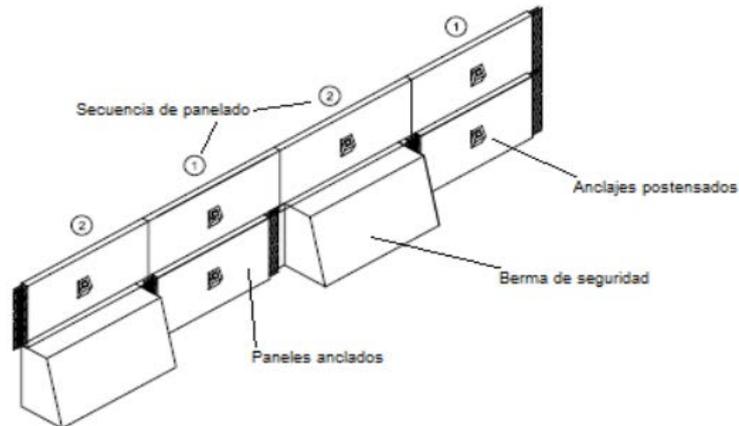


Figura 1.8 Secuencia de Ejecución del Muro Anclado

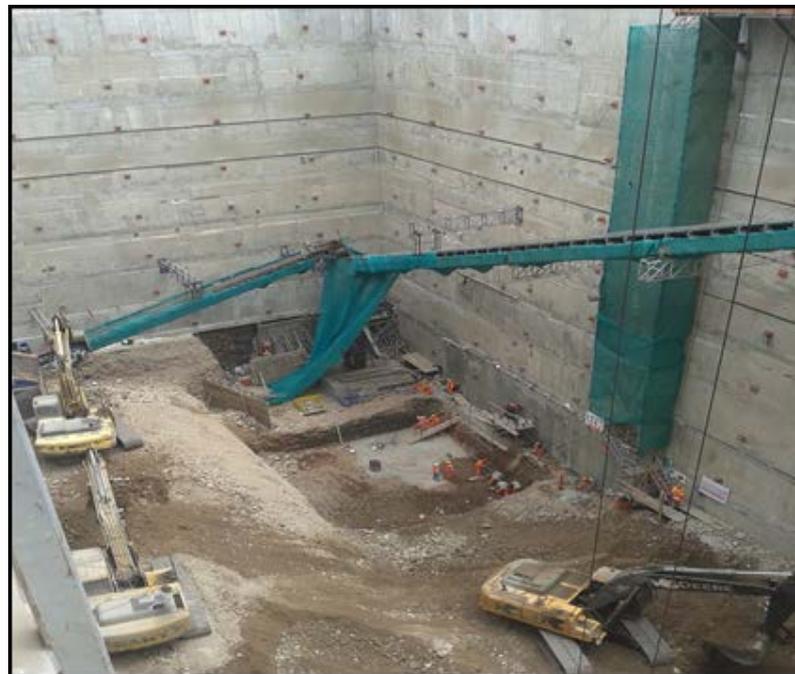


Figura 1.9 Vista de una estabilización con Muro Anclado
Proyecto: Skytower – Lima Diciembre 2014. Cortesía Pilotes Terratest Peru S.A.C

Muro Berlínés.

Esta técnica consiste en fabricar un muro de contención mediante el hincado de perfiles H, separados a 1,5 m aproximadamente entre perfiles (dependiendo del cálculo), luego a medida que avanza en la excavación masiva se instalan tablonces entre perfiles los que van bajando a medida que avanza la excavación.

Para mantener la estabilidad del muro se debe anclar una o más líneas ya sea con anclajes de barra o cables, los cuales se ejecutan sobre una de reacción que transmite la carga a los perfiles hincados , posteriormente se realiza el tensado de estos anclajes para seguir avanzando con la excavación .

Esta solución es particularmente útil en terrenos arenosos o de baja cohesión con ausencia de bolones.



Figura 1.10 Vista de una estabilización con Muro Berlínés

Muro de Pilotes.

Los muros de pilotes de concreto armado se ejecutan con una perforación previa en una gama de diámetros que van desde 0.60 a 1.50 m, y los mismos pueden ser secantes (sobrepuestos), tangentes o tener una separación entre ellos dependiendo del tipo de suelo y de la presencia de agua; alcanzando profundidades superiores a los 50m, incluso en terrenos muy accidentados y difíciles por la presencia de bloques, bolones, roca, etc.

La elección de la configuración final depende del tipo de suelo existente, de los empujes de suelo actuantes, de la necesidad de una excavación seca, de la restricción de desplazamientos especificada, de los costos y de la disponibilidad de la respectiva maquinaria para la construcción. En el caso de necesitarse una excavación seca donde además los empujes de suelo sean de gran consideración se optará por un muro de pilotes superpuestos. Si no hubiera presencia de aguas o la excavación no tuviera que ser seca podría utilizarse un muro de pilotes tangentes. Si los empujes no fueran de gran consideración y no hubiera presencia de aguas podría optarse por un muro discontinuo de pilotes.

Entre los pilotes se construirá una pantalla de hormigón lanzado (Shotcrete) si existen riesgos de desmoronamientos locales entre los pilotes. Tanto las dimensiones de los pilotes (diámetro y largo) como su separación quedarán determinadas por el análisis estático del muro y por la disponibilidad de la maquinaria requerida para la construcción. Dado que un muro de pilotes no puede ser recuperado una vez finalizada la excavación, puede optarse por utilizarlo como parte de la futura construcción. En este caso deberán tomarse en cuenta estados de carga adicionales para el dimensionamiento final del muro.

En el caso particular del suelo de Lima, muy cementado y con ángulos de fricción muy altos, junto con la ausencia de nivel freático, hacen posible plantear soluciones con pilotes separados recurriendo al efecto arco que se produce entre ellos para distribuir los empujes de suelo hacia los pilotes y dejar el área entre pilotes con un refuerzo mínimo mediante una capa delgada de Shotcrete o, en casos de uso temporal, simplemente mediante un pañeteado de lechada de cemento para evitar el desmoronamiento local de piedras y la pérdida de cohesión del suelo.

Dependiendo de la profundidad de excavación se determinará la necesidad de usar anclajes postensados en niveles intermedios de la excavación con la finalidad de reducir los esfuerzos sobre los pilotes ⁽³⁾.

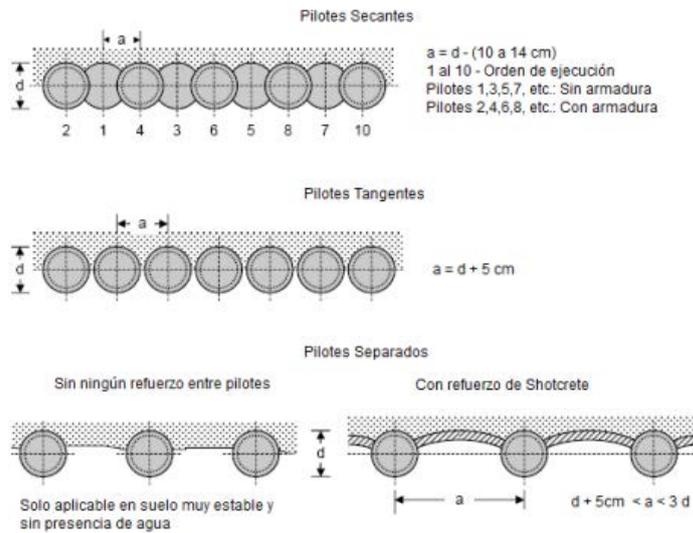


Figura 1.11 Esquema de Pilote secantes, tangentes y separado

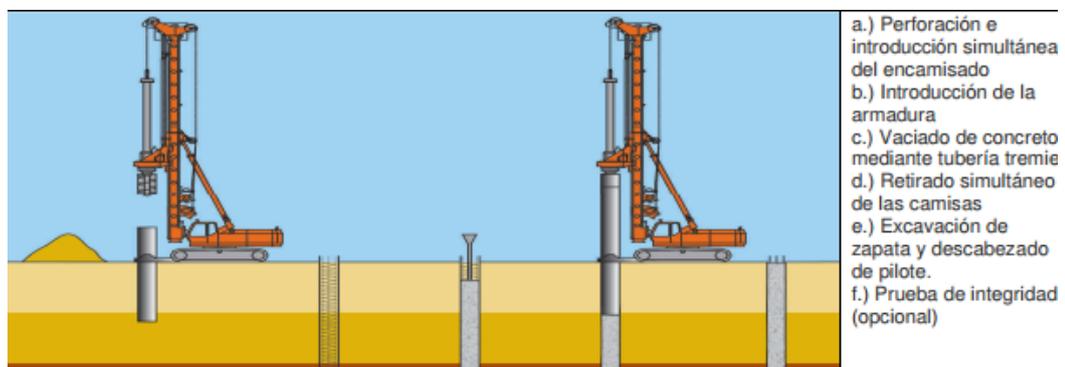


Figura 1.12 Esquema proceso ejecución de Pilotes con perforación previa.
Fuente: Empresa Pilotes Terratest Perú S.A.C, Catalogo digital “Aplicación de muros de pilotes en obras viales de Lima”

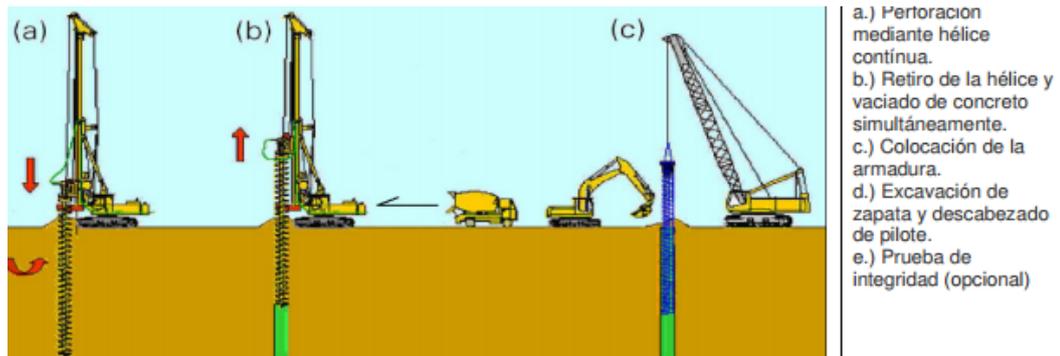


Figura 1.13 Esquema proceso ejecución de Pilotes mediante hélice continua (CFA) . Fuente: Empresa Pilotes Terratest Perú S.A.C, Catalogo digital “Aplicación de muros de pilotes en obras viales de Lima”

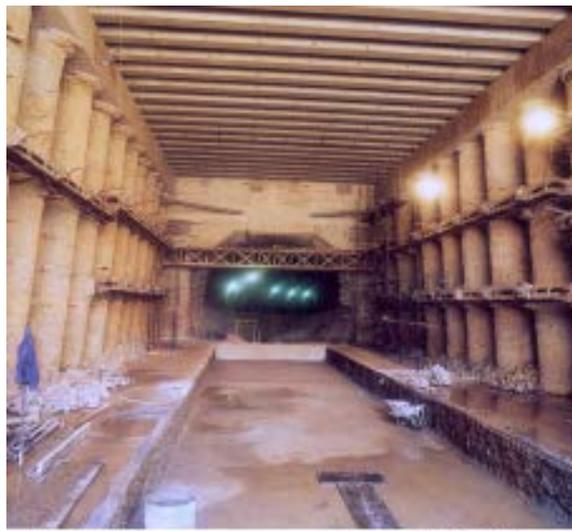


Figura 1.14 Vista de una estabilización con Muro de Pilotes

CAPÍTULO II: USO DE ANCLAJES PASIVOS COMO MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN

2.1 DEFINICIÓN DE ANCLAJES PASIVOS

Los anclajes pasivos son elementos que proporcionan fuerzas externas para lograr la estabilidad de taludes. Las anclas de fricción trabajan instantáneamente después que el suelo o roca que las circunda sufra el mínimo desplazamientos o deformación, no antes; de ahí que se les llame elementos pasivos.

2.2 APLICACIONES

Una de las aplicaciones de los anclajes pasivos es el método de estabilización conocido como Soil Nailing. El concepto fundamental del Soil Nailing consiste en reforzar el suelo con pernos inyectados, también llamados anclajes pasivos, con el fin de incrementar la resistencia global del suelo haciendo que la fricción del terreno con la zona de bulbo de los anclajes restrinja los desplazamientos de toda una masa de suelo durante y después de la construcción.

El “Soil Nailing” es un método moderno para contener cortes de suelos en obras viales o excavaciones en general. Tiene un amplio campo de aplicaciones en el sector de obras de Infraestructura y Edificación siendo una de las principales soluciones para la contención de taludes, la construcción mediante “soil nailing” significa reforzar el suelo a medida que se excava, mediante la perforación e instalación de pernos pasivos, los cuales trabajan fundamentalmente a la tracción y secundariamente al corte.

2.2.1 Componentes de los anclajes pasivos

Un anclaje pasivo está compuesto por una o más barras, no poseen longitud libre y no son tensados.

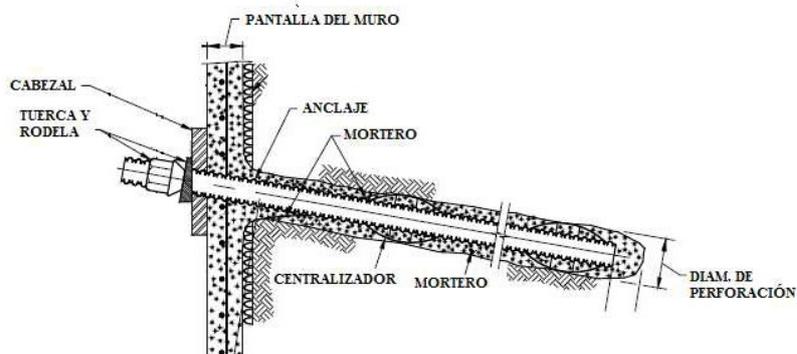


Figura 2.1 Vista de los componentes del anclaje pasivo

2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ANCLAJES PASIVOS

El proceso constructivo para la instalación de anclajes pasivos consiste básicamente en lo siguiente:

Los anclajes pasivos (Nails) serán instalados por etapas (en forma descendente) progresivamente de acuerdo al avance de la excavación, para ello es importante tener en cuenta el tipo de terreno y su capacidad cohesiva.

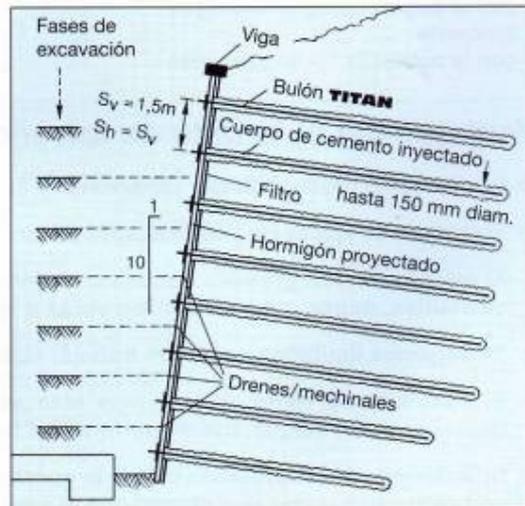


Figura 2.2 Secuencia de excavación

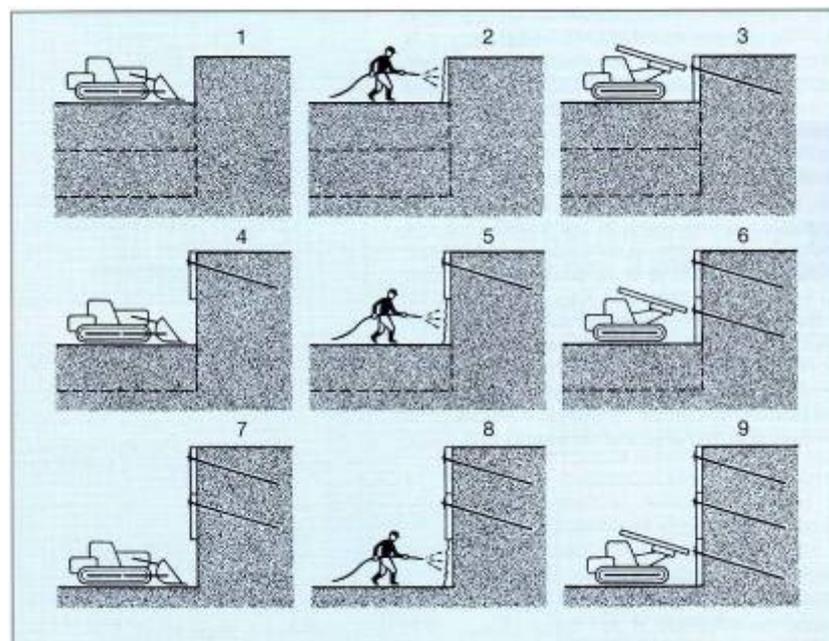


Figura 2.3 Secuencia de estabilización mediante anclajes pasivos(Nails)

Luego de la primera etapa de excavación se procede a la perforación e instalación de los anclajes pasivos (nails) para ello se debe adoptar la forma o metodología más conveniente de acuerdo al tipo de terreno teniendo los siguientes casos:

- Excavación y posterior ejecución del Nail. En suelos de baja cohesión se pueden generar desmoronamientos parciales en la superficie del talud al iniciar la percusión y además el detritus saliente genera oquedades alrededor del perno, con el consiguiente sobre volumen posterior de hormigón en dichos sectores.

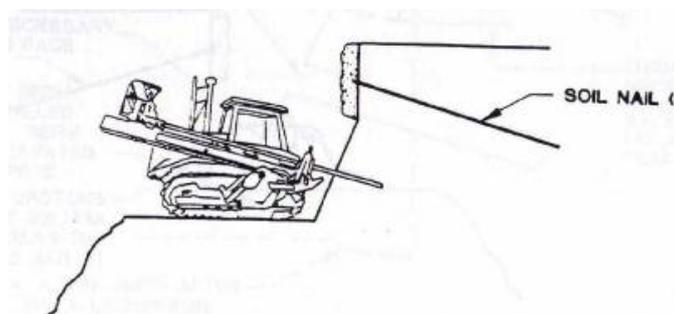


Figura 2.4 Vista de la excavación y posterior ejecución del Nail

- Perforación del Nail a través de un talud de contención(banquetta) y posterior excavación. Realizar esta metodología evita los desmoronamientos parciales del talud, optimiza el rendimiento de perforación y de colocación posterior de armadura y shotcrete.

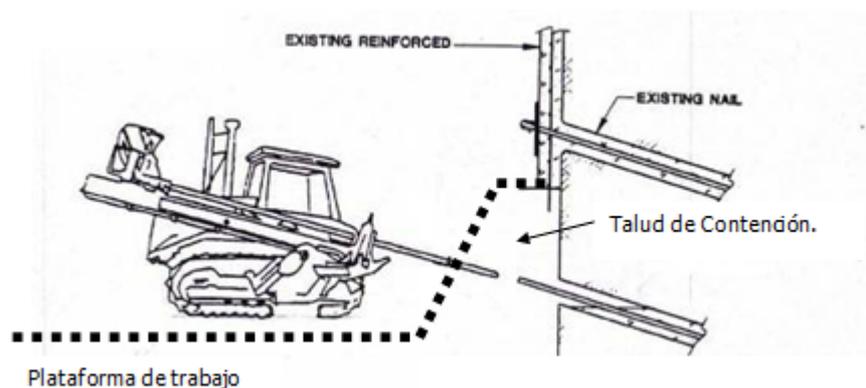


Figura 2.5 Vista de la ejecución del Nail con banquetta

Posterior a la etapa de perforación se procede con el enmallado de acero en la superficie a estabilizar para luego llevar a cabo el lanzamiento de concreto (Shotcrete), sin embargo existe la posibilidad de llevar a cabo el proceso de perforación posterior al Shotcrete como se indica en el procedimiento líneas abajo:

- Perforación del Nail después de ejecutado el shotcrete, se debe prever dejar instalado en la armadura una pasada con PVC amarrada a la misma, del diámetro interno tal que posteriormente permita el paso del bit a utilizar durante la perforación. Antes de aplicar el Shotcrete es recomendable tapar con bolsas de cemento dicha pasadas, para no taparlas con el hormigón proyectado.-

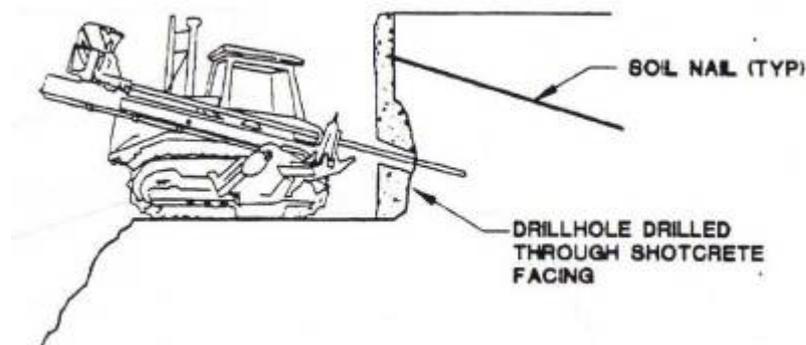


Figura 2.6 Vista de la ejecución del Nail posterior al shocrete

Finalmente una vez fraguado el shotcrete, se procede a la instalación de la placa y tuerca en cada uno de los anclajes pasivos(nails) para ello se puede optar por los siguientes métodos :

- Haciendo uso de una llave tradicional de 50cm de largo aprox se debe de agregar un tubo de acero con el fin de aumentar la longitud final de la llave, a fuerza a ejercer para realizar el apriete correcto de la tuerca, se debe aplicar a una distancia mínima de 120cm, medida desde el centro de la llave asegurando el adecuado acople de la tuerca al sistema “placa-tuerca-shotcrete ” (u otro elemento vertical de contención).

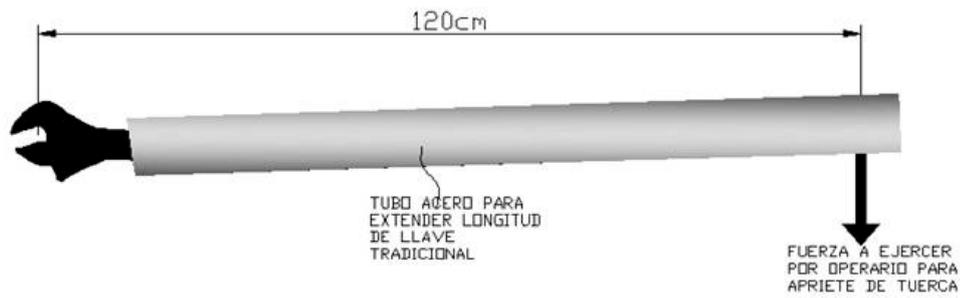


Figura 2.7 Llave tradicional con extensión.

- Otra forma de realizar o verificar el trabajo de ajuste de las tuercas, es mediante el uso de la denominada “llave de torque”. Esta llave posee un reloj comparador (manómetro), el cual permite configurar el torque máximo necesario para el adecuado ajuste de la tuerca. Configurado el manómetro, la llave libera la carga una vez lograda dicha presión aplicada, durante el proceso de apriete.



Figura 2.8 Llave de Torque.



Figura 2.9 Vista de una estabilización con Soil Nailing. Proyecto: Vía Parque Rímac – Lima Diciembre 2012. Cortesía Pilotes Terratest Peru S.A.C

2.3.1 Equipos y materiales utilizados

Para realizar la ejecución de anclajes pasivos se deben tener en cuenta los siguientes equipos y materiales:

- Equipos. Para la ejecución de anclajes pasivos es necesario contar con una perforadora (variable) y un planta de inyección de cemento .La perforadora puede ser variable dependiendo de las características del terreno y accesos, entre las más usadas tenemos las siguientes : Equipo Rotopercutor Morath y Perforadora sobre orugas con martillo rotopercutor



Figura 2.10 Equipo Roto Percutor Morath



Figura 2.11 Perforadora Hidráulica sobre Orugas con Martillo rotopercutor



Figura 2.12 Inyectora Chemgrout CG 600

- Materiales. Los anclajes pasivos están constituidos por los siguientes materiales : tubo roscado empalmado mediante manguitos roscados externos con tope y juntas de estanqueidad centrales y adicionalmente provistos de una broca de perforación que puede ser variable dependiendo del tipo de terreno donde se ejecutaran los anclajes pasivos



Figura 2.13 Materiales de Anclajes Pasivos Ischebeck

Cuadro 2.1 Características Técnicas Materiales Ischebeck

Tipo de barra	unidad	TITAN 30/16	TITAN 30/14	TITAN 30/11	TITAN 40/20	TITAN 40/16	TITAN 52/26	TITAN 73/56	TITAN 73/53	TITAN 73/45	TITAN 73/35	TITAN 103/78	TITAN 103/51	TITAN 127/103
Diámetro nominal exterior \varnothing	mm	30	30	30	40	40	52	73	73	73	73	103	103	127
Diámetro nominal interior \varnothing	mm	16	14	11	20	16	26	56	53	45	35	78	51	103
Sección de acero efectiva A_w	mm ²	340	375	415	730	900	1250	1360	1615	2239	2714	3140	5680	3475
Carga de rotura F_u	kN	245	275	320	540	660	925	1035	1160	1575	1865	2270	3660	2320 ⁽¹⁾
Carga en el límite elástico aparente F_y	kN	190	220	260	425	525	730	830	970	1270	1430	1800	2670	2030
Carga en el límite elástico $f_{0,2}$	N/mm ²	560	585	625	590	590	585	610	590	560	530	565	470	585
Módulo de rigidez al axil $E \times A$ ⁽¹⁾	10 ³ kN	63	69	83	135	167	231	251	299	414	502	580	1022	640
Módulo de rigidez a la flexión $E \times I$ ⁽¹⁾	10 ⁶ kNmm ²	3,7	3,8	5,2	15	17	42	125	143	178	185	564	794	1163
Peso	kg/m	2,7	2,87	3,29	5,6	7,17	9,87	10,75	14,1	17,8	21,2	25,3	44,6	28,9
Longitud de barras disponibles	m	3	3/4	2/3/4	3/4	2/3/4	3	6,25	3	3	3	3	3	3
Rosca	-	izqu.	izqu.	izqu.	izqu.	izqu.	izqu./ derecha	de- recha						

(Fuente : Micropilotes , anclajes y bulones autoperforantes TITAN)

CAPÍTULO III: USO DE ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES COMO MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN EN EXCAVACIONES

3.1 DEFINICIÓN DE ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES

Los anclajes activos proporcionan activamente fuerzas externas para lograr la estabilidad de taludes o excavaciones. Las anclas de tensión comienzan a trabajar cuando se aplican fuerzas axiales mediante dispositivos especiales, a este proceso se le conoce como proceso de tensado.

Adicionalmente para que un anclaje sea considerado como permanente deberá cumplir con una vida de servicio superior a los dos años (si bien no es una definición exacta las principales norma internaciones, entre ellas la Norma DIN 4125, fijan 2 años como límite convencional).

En estos anclajes, la protección anticorrosiva es uno de los aspectos fundamentales de diseño, y se realiza tanto para zonas de bulbo y longitud libre, como para la cabeza del anclaje. En algunos proyectos es necesario tomar previsiones para darles un adecuado mantenimiento, incluido la posibilidad de ajustar las cargas de tensión en los anclajes.

3.2 APLICACIONES

Los anclajes activos permanentes según la variable técnica pueden ser:

- Con cable de postensado, de alta resistencia y baja relajación de de 15.2 mm (0,6") de diámetro, una sección de 140 mm², diseñados con una carga mínima de fluencia de 235 kN (ASTM A 416 Grado 270);
- Con barra de acero alta resistencia, provista de hilo o rosca continua, de sistema Williams, Dywidag o similar.

En ambos casos, el tendón de acero es protegido mediante una doble barrera de protección anticorrosiva, siendo la primera la lechada de cemento y la segunda un tubo corrugado o metálico que envuelve el tendón completamente.

3.2.1 Componentes de los anclajes activos permanentes

Un anclaje permanente debe estar compuesto por los siguientes elementos:

- **Bulbo o Raíz (Longitud de adherencia).** La raíz es un cuerpo enterrado que actúa en el extremo del anclaje destinado a fijar el mismo en la masa de suelo. Este cuerpo puede formarse en suelo generalmente con una inyección controlada que adopta la forma de un bulbo. La raíz debe ubicarse detrás de la superficie crítica de falla. Para el caso del anclaje permanente la protección para esta zona debe estar constituida por lechada de cemento y un tubo corrugado exterior.
- **Tendón (Longitud libre)** .El tendón, que conecta la cabeza con la raíz, puede elongarse elásticamente y transmitir la fuerza de resistencia de la raíz (o bulbo) a la estructura. Para que el caso de los anclajes permanentes la protección para esta zona debe estar constituida lechada de cemento, tubo corrugado exterior y vainas individuales en cada cable engrasadas por dentro. El tendón puede estar formado por cables o barras de acero.
- **La cabeza del anclaje.** La cabeza de anclaje es el sistema integrado por la placa de apoyo y una cuña que es capaz de transmitir la fuerza desde el acero (barra o cable) a la superficie del terreno o a la estructura de soporte.

Para el caso de los anclajes permanentes la protección para esta zona pueda estar dada de la siguiente manera: construcción de muro de hormigón permanente por delante y placa con tubo trompeta y sellos entre tubo corrugado y tubo trompeta o se puede usar un capuchón por delante, y por detrás placa con tubo trompeta, sello entre tubo corrugado y tubo trompeta, etc). Las cabezas de anclajes (cabezas portacuñas) pueden ser retensables o no. En caso que sean retensables, se rellenará el espacio dentro del capuchón y tubo trompeta con grasa o pasta anticorrosiva. En caso que las cabezas no sean retensables, se rellenará el espacio citado con lechada de cemento o mortero

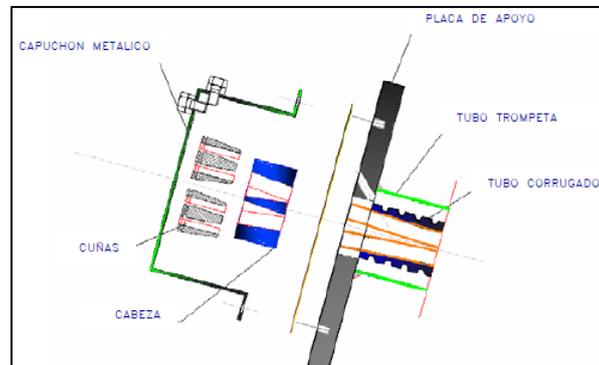


Figura 3.1 Vista del detalle de la cabeza de un anclaje activo permanente

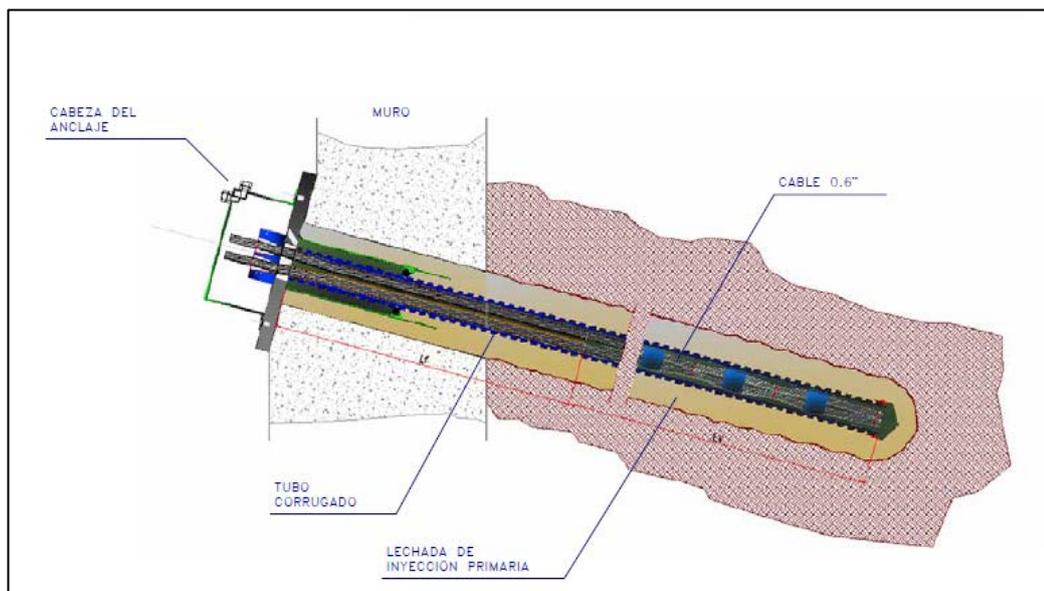


Figura 3.2 Vista de los componentes de un anclaje activo permanente

3.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES

El proceso constructivo para la instalación de anclajes activos permanentes consiste básicamente en lo siguiente:

La instalación de los anclajes activos permanentes procede simultáneamente con el progreso de la excavación, se puede complementar este proceso con la

construcción de un muro de hormigón o también mediante la ejecución del muro mediante concreto proyecto shotcrete.

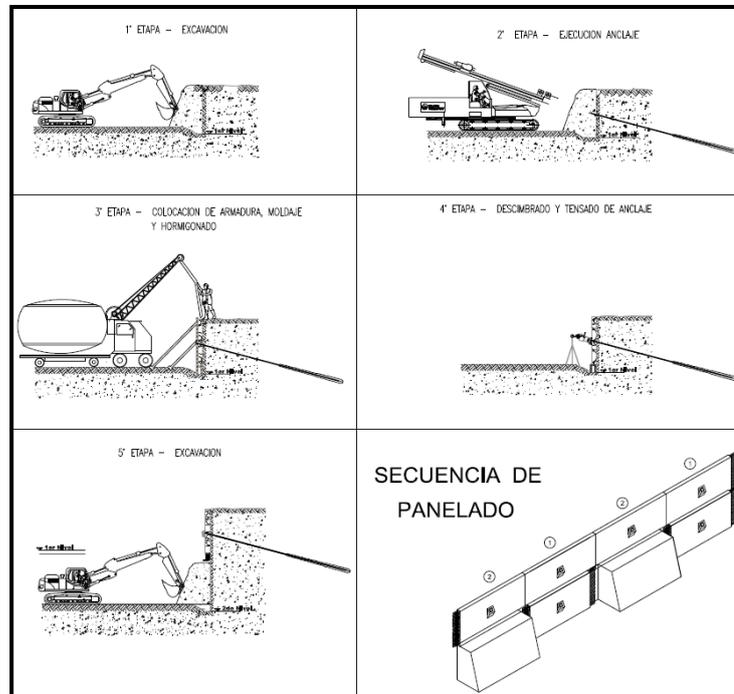


Figura 3.3 Proceso constructivo de un anclaje activo permanente

- **Excavación.-** Para la etapa de excavación se debe tener en cuenta el tipo de terreno y también las cargas adyacentes al talud, dependiendo de estos factores se debe dejar banquetas que varíen de 0.6 a 0.8 mts en la parte superior con taludes 1:3 para evitar desmoronamientos. Las dimensiones verticales y separación de anclajes dependerán también del tipo de terreno, capacidad cohesiva y estructuras adyacentes.
- **Perforación de anclajes activos permanentes.-** En el caso de realizar la perforación en suelos en general, como el conglomerado de lima, se utilizará encamisado (revestimiento) simultáneo durante la perforación. En el caso de rocas o suelos estables se podrá prescindir de la camisa, realizando la perforación directamente con barra interna.

De presentarse el caso de realizar anclajes activos permanentes bajo la cota de la napa freática, se debe de utilizar otros métodos de perforación con agua. En dicho caso se deberá limpiar la perforación adecuadamente para eliminar restos de suelo que puedan ingresar por sifonaje del fondo. El método de limpieza será barrido con agua limpia a presión o lechada de cemento liviana.



Figura 3.4 Vista proceso de perforación de anclajes activos permanentes. Proyecto: UTEC – Lima Febrero 2014. Cortesía Pilotes Terratest Perú S.A.C

- Instalación e inyección del anclaje activo permanente.- Una vez terminada la perforación se procederá a la instalación del anclaje activo permanente durante esta operación se debe cuidar de no dañar el tubo corrugado plástico, una vez instalado el anclaje en su posición, se procede a rellenar con lechada de cemento la perforación y el interior de la tubería corrugada para ello, el paquete del anclaje contendrá dos tubos de inyección: el primero para relleno del interior de la tubería corrugada y el segundo para relleno del exterior de la misma, o sea para relleno de la perforación. La lechada de cemento consistirá en una suspensión de agua-cemento de relación a/c 0.40 a 0.45.

La lechada se debe rellenar inicialmente del lado interior y luego del exterior, pero de forma prácticamente simultánea. Luego del relleno con lechada de cemento interior y exterior de la tubería corrugada. Para el

caso de realizar la ejecución de anclajes permanentes en suelos arcillosos y limosos se debe de evaluar realizar una reinyección repetitiva



Figura 3.5 Vista proceso de inyección interior y exterior anclajes activos permanentes

- Prueba de Carga y Tensado.- Este procedimiento se deberá ejecutar una vez que el concreto del muro y la lechada que compone el bulbo hayan alcanzado la resistencia necesaria para soportar la carga asignada. Previamente a la realización de la prueba de carga se montará la placa de cabeza unida al tubo trompeta y la cabeza del anclaje (placa portacuñas) entre la tubería corrugada de plástico (podría ser también metálico) y el tubo trompeta se ubicará un sello que permita la contención posterior del material de relleno del espacio de transición del cable entre el tubo corrugado y la cabeza. La prueba de carga de aceptación se realizará hasta la carga que se especifique en el diseño del anclaje finalmente se procederá a cortar los cables hasta dejar una longitud mínima de 5 cm de la cuña.



**Figura 3.6 Vista proceso de tensados anclajes activos permanentes.
Proyecto: UTEC – Lima Febrero 2014. Cortesía Pilotes Terratest Perú S.A.C**

- Terminación de las cabezas de los anclajes activos permanentes.-

Una vez tensado el anclaje de acuerdo a la carga de diseño, se procederá a inyectar la zona inmediatamente posterior a la cabeza del anclaje (zona de transición entre el tubo corrugado y el tubo trompeta posterior a la placa), donde se ha colocado (durante la operación de instalar la placa unida solidariamente al tubo trompeta como una única pieza) un sello entre el corrugado y el tubo trompeta.

Como protección final, se instalará un capuchón metálico, sobre la cabeza del anclaje y se rellenará la zona interna con lechada de cemento (cabezas no retensables) o con grasa o pasta anticorrosiva (cabezas retensables), se debe tener en cuenta que existen casos donde dicha cabeza queda confinada dentro del Hormigón, no siendo necesaria la colocación de dicho capuchón exterior.



Figura 3.7 Vista de la terminación de cabezas de anclajes activos permanentes. Proyecto: Nuevo Campus UTEC – Lima Febrero 2014. Cortesía Pilotes Terratest Peru S.A.C

3.3.1 Equipos y materiales utilizados

Para realizar la ejecución de anclajes activos permanentes se deben tener en cuenta los siguientes equipos y materiales:

- Equipos. Para la ejecución de anclajes activos permanentes es necesario contar con una perforadora (variable), un planta de inyección de cemento y un compresor de aire .La perforadora puede ser variable dependiendo de las características del terreno y accesos, en la mayoría de caso suele usarse una Perforadora sobre orugas.



Figura 3.8 Vista perforadora hidráulica sobre orugas



Figura 3.9 Vista Compresor de Aire Atlas Copco



Figura 3.10 Vista Inyectora Chemgrout CG-600

- **Materiales.** Los anclajes activos permanentes están constituidos por los siguientes materiales :

Acero Pretensado.- Los cables utilizados para la construcción de los anclajes permanentes deben satisfacer los siguientes requerimientos técnicos:

Cuadro 3.1 Características Técnicas Acero Pretensado

TIPO DE CABLE	13 mm (0.5")		15 mm (0.6")	
	Euronorma 138 79 o BS 5896: 1980 Super	ASTM A 416-85 Grado 270	Euronorma 138 79 o BS 5896: 1980 Super	ASTM A 416-85 Grado 270
Diámetro nominal (mm)	12.9	12.7	15.7	15.2
Sección nominal (mm ²)	100	98.7	150	140
Peso por metro (kg/m)	0.785	0.775	1.18	1.10
Limite elástico (Mpa)	1580 ¹⁾	1670 ²⁾	1500 ¹⁾	1670 ²⁾
Resistencia a la tracción(Mpa)	1860	1860	1770	1860
Carga de rotura garantizada (kN)	186.0	183.7	265.0	260.7
Módulo de Elasticidad (Gpa)	Aprox. 195			
Relajación al cabo de 1000 h a 20°C y 0.7% de carga de rotura garantizada	max. 2.5			
1) Valor correspondiente a una deformación remanente del 0.1%				
2) Valor correspondiente a un alargamiento efectivo del 1%				

(Fuente Procedimiento fabricación anclajes permanentes-Pilotes Terratest Perú S.A.C)

Adicional al cable pretensado en la fabricación de los anclajes permanentes se utiliza vainas individuales en cada cable engrasadas por dentro, además del uso de centradores y tubería corrugada con diámetros adecuados dependiendo de la cantidad de cables que se utilizara para el anclaje permanente.

A lo indicado anteriormente se debe añadir las vainas o tubos de PVC para la inyección interna y externa del anclaje.



Fig. 3.11 Vista de los componentes de un anclaje permanente- Cortesía Pilotes Terratest Perú S.A.C

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE AMBOS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN PARA UN DETERMINADO PROYECTO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Vía Parque Rímac es proyecto de desarrollo integral de la ciudad y su desarrollo urbano, que además de modernizar la gestión del tráfico mejorará las condiciones ambientales del río Rímac.

Además esta nueva obra de infraestructura vial, emprendida por la Municipalidad de Lima Metropolitana, permitirá conectar de manera rápida y segura la Vía de Evitamiento con el Callao, disminuyendo la congestión vehicular en ese tramo.

Permitirá la integración de 11 distritos, incluyendo el Cercado de Lima y el distrito de San Juan de Lurigancho.

El proyecto creará también nuevas áreas verdes para la recreación de las familias de Lima, convirtiéndose en un nuevo pulmón ecológico para la capital.

El Proyecto comprende la construcción de nuevas vías, el mantenimiento de las vías existentes y la gestión del tránsito.

Sin embargo una de las principales obras que contempla el proyecto Vía Parque Rímac es la construcción de un Túnel Subfluvial, este nuevo túnel vial tendrá su recorrido debajo del lecho del Río Rímac y tendrá una extensión aproximada de 2 Km en su totalidad. La decisión de la construcción de este túnel con las características descritas anteriormente tiene como fin preservar el entorno urbano del centro histórico de Lima.

La metodología constructiva para la ejecución del túnel consiste en el desvío temporal del río mediante la construcción de un canal, y la estabilización de los taludes de excavación para abrir un tajo para la construcción posterior del falso túnel mediante métodos convencionales.

El túnel se inicia por el puente Huánuco recorriendo por debajo del puente Balta, Ricardo Palma, Trujillo, Santa Rosa y culmina por la avenida Tacna

Para la realización de la estabilización de los taludes de excavación del lado izquierdo y gran parte del lado derecho se propuso la utilización de la tecnología del soil nailing, este método consiste en la instalación de pernos pasivos de alta

resistencia que aportarán a los cortes realizados la suficiente resistencia para garantizar su estabilidad durante las etapas de excavación y construcción del túnel, esta forma de estabilización es mundialmente empleada, ya que proporciona seguridad y rapidez durante los trabajos de excavación.

Sin embargo para algunos tramos será necesaria la utilización de anclajes activos de carácter permanente para de esta manera delimitar las deformaciones sobre las estructuras próximas, como es el caso del puente rayitos de sol.

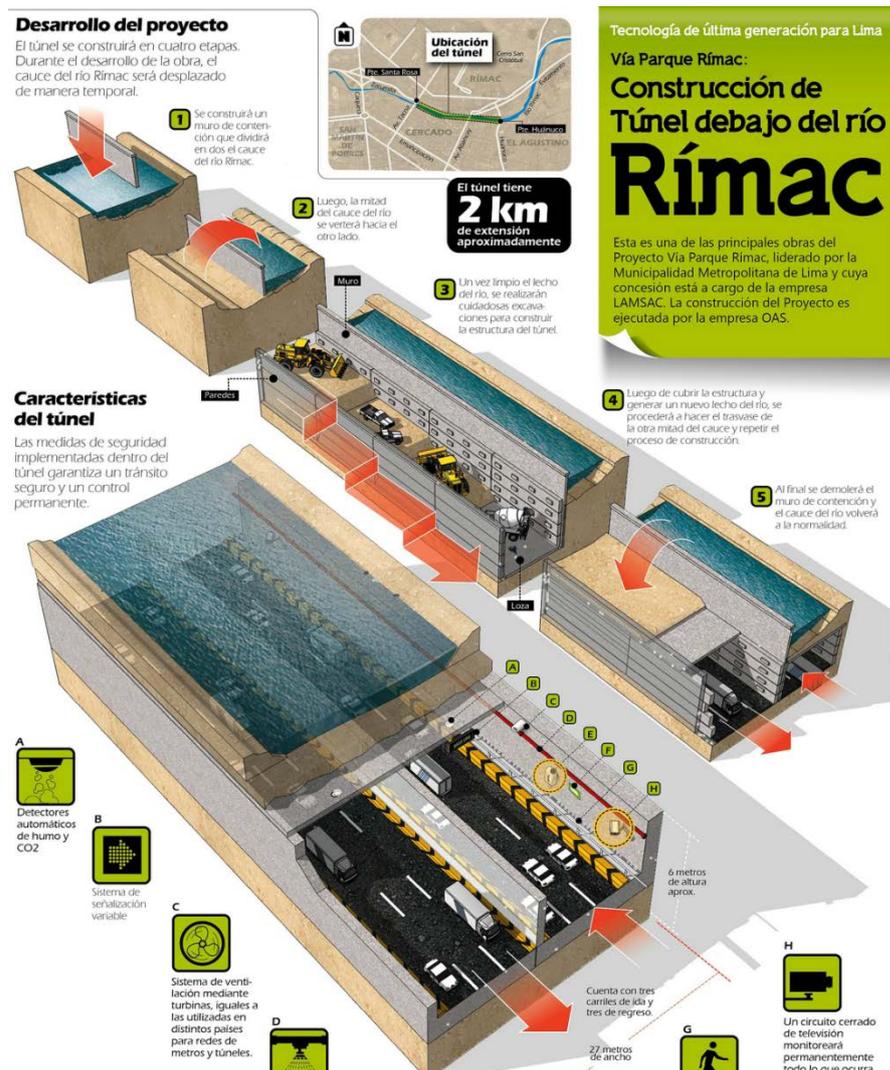


Figura 4.1 Vista de las etapas de construcción del Túnel Vía Parque Rímac

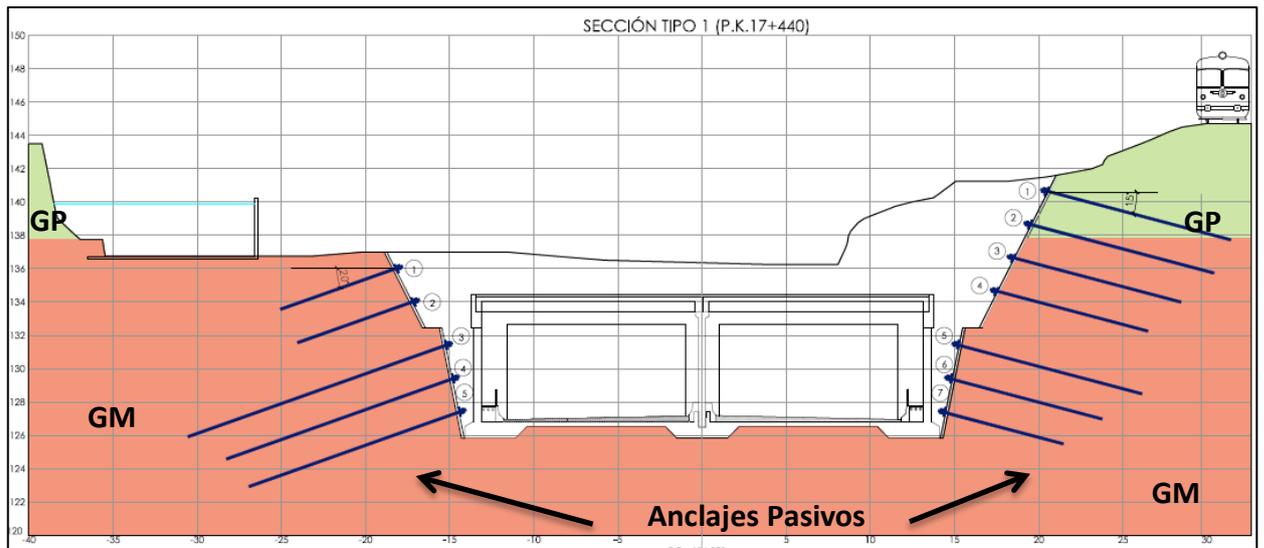


Figura 4.2 Vista Sección Tipo 1 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac

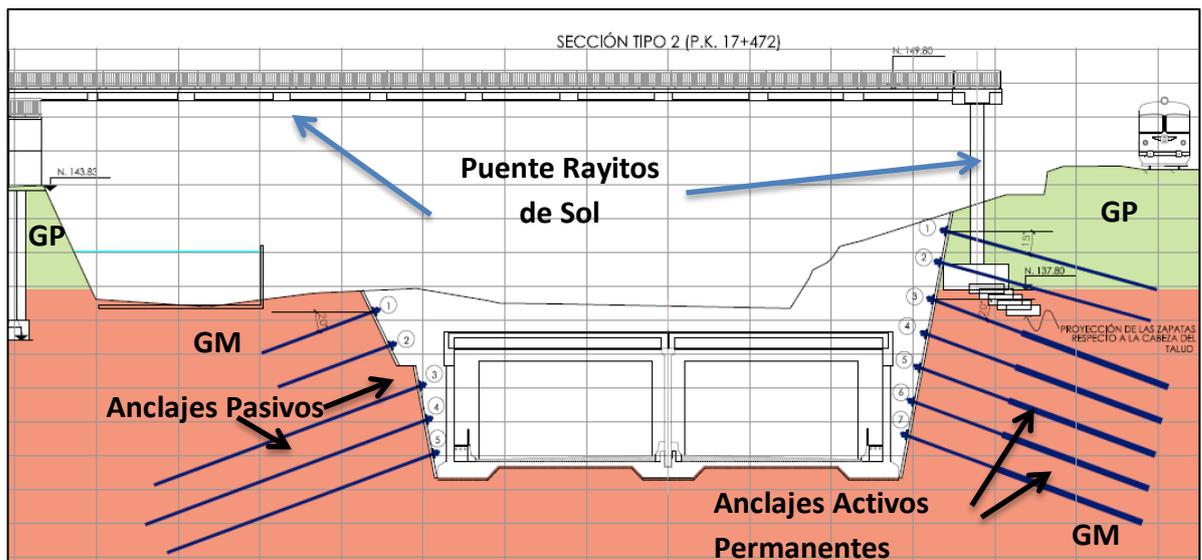


Figura 4.3 Vista Sección Tipo 2 –Primer Tramo Proyecto Vía Parque Rímac
(Tramo Puentes Rayitos de Sol)

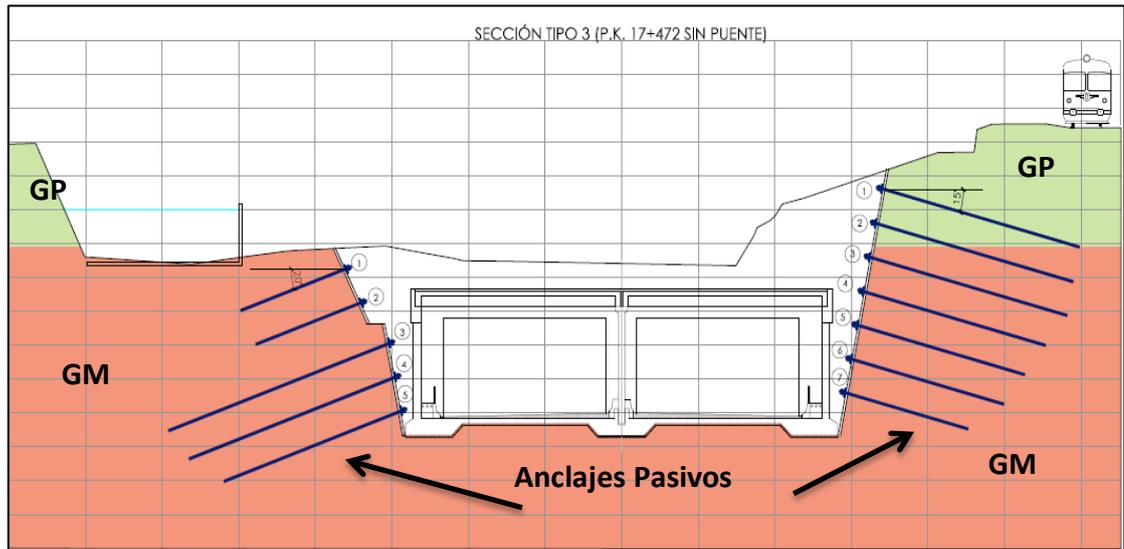


Figura 4.4 Vista Sección Tipo 3- Primer Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

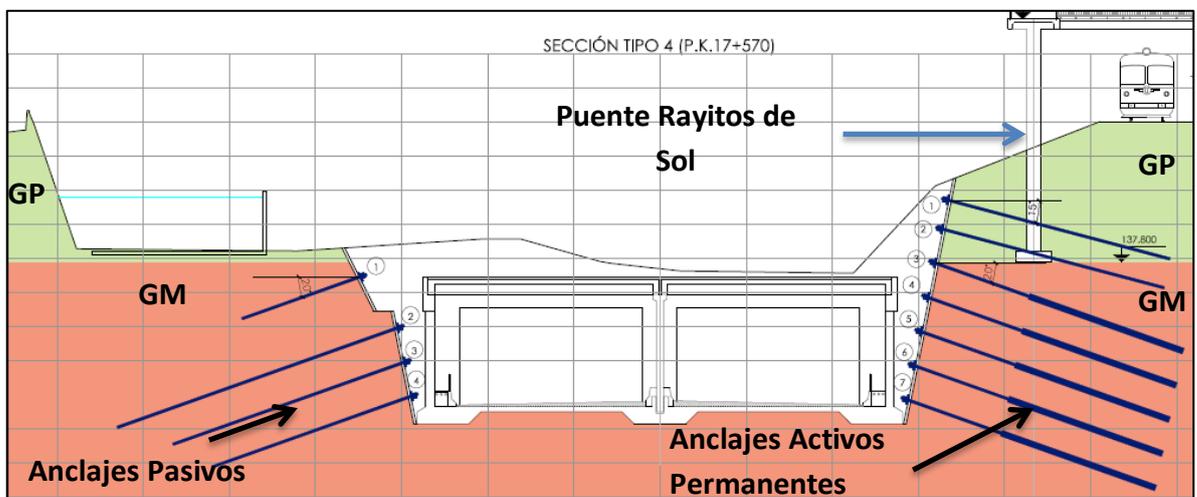


Figura 4.5 Vista Sección Tipo 4- Primer Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

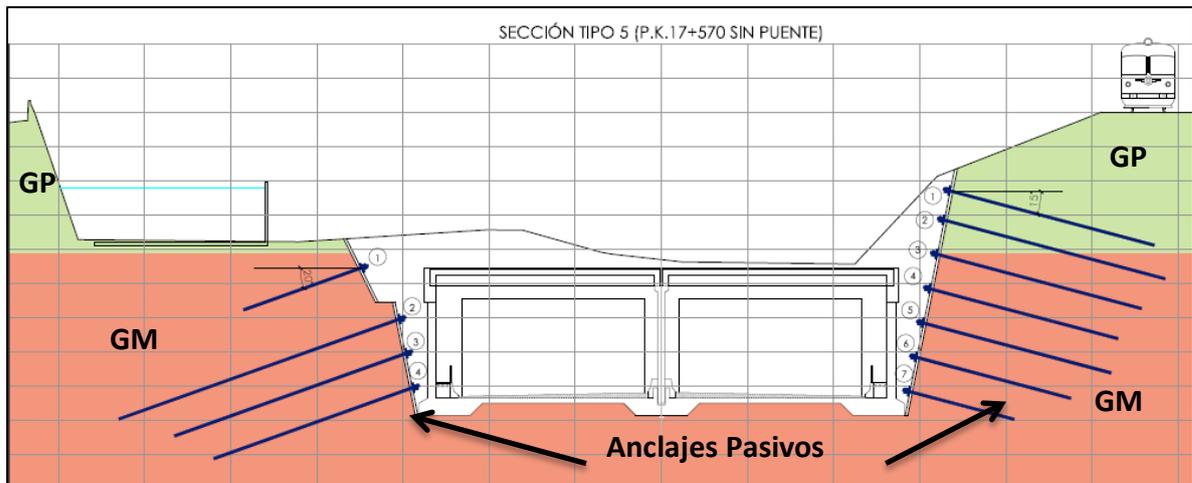


Figura 4.6 Vista Sección Tipo 5- Primer Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

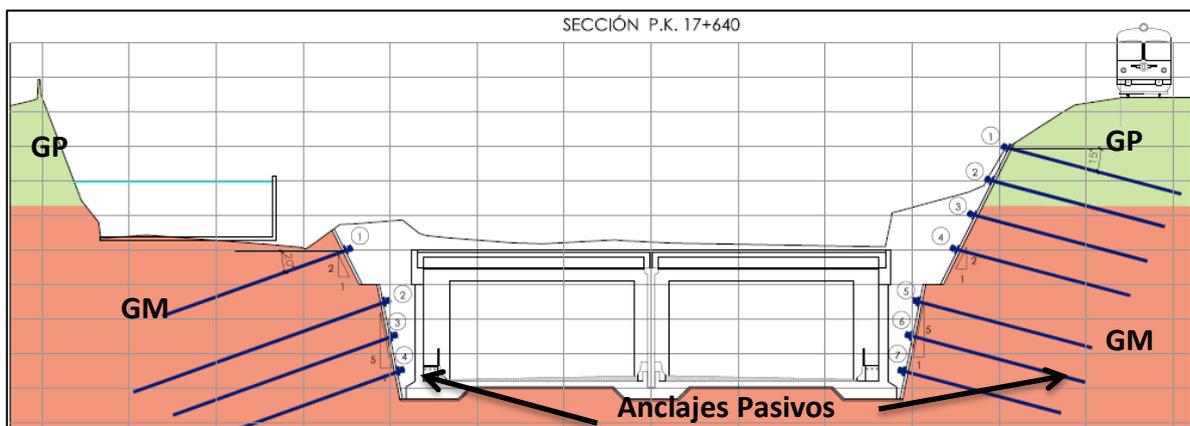


Figura 4.7 Vista Sección Tipo 6- Primer Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

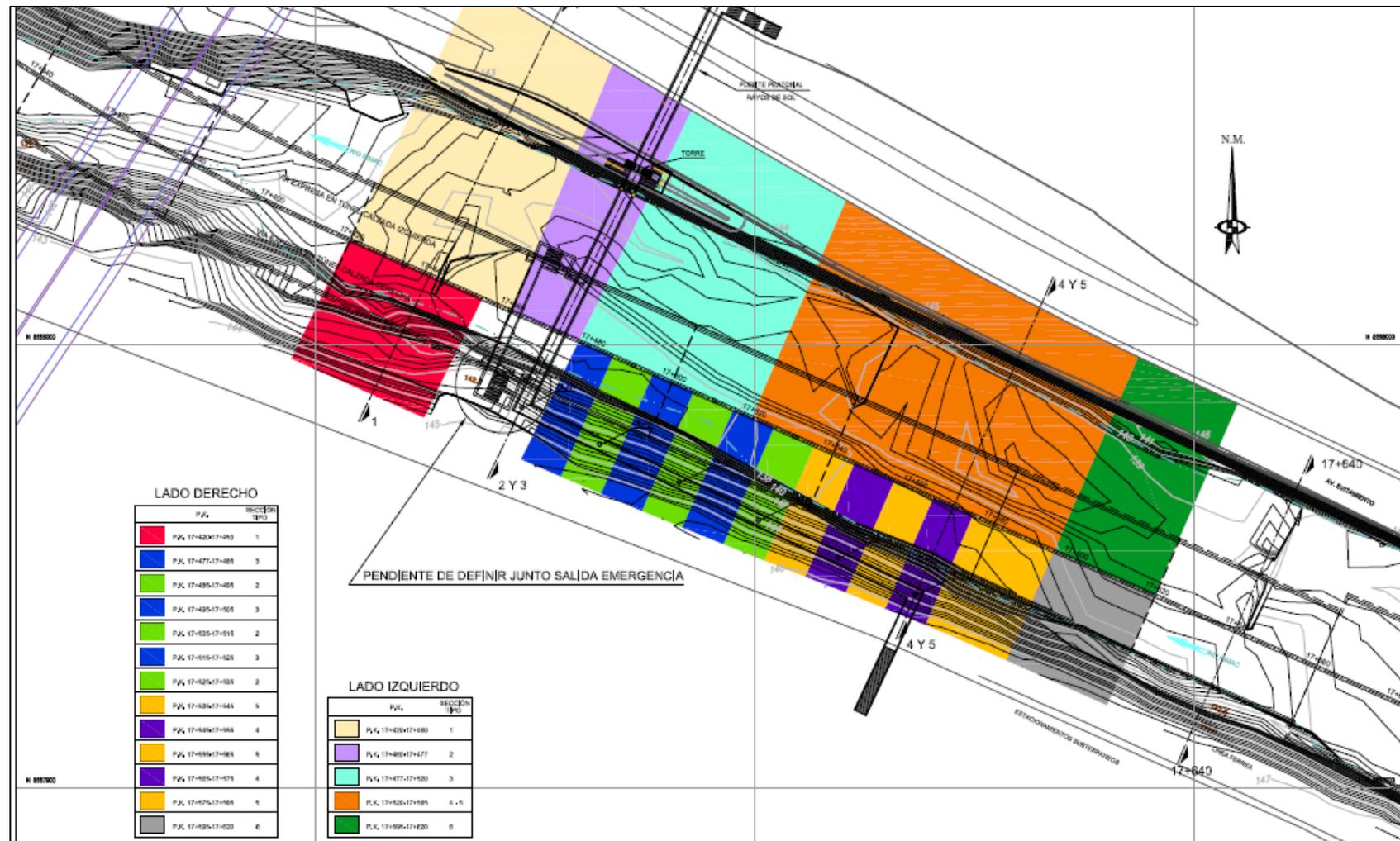


Figura 4.8 Vista Primer Tramo y sus respectivas secciones del Proyecto Vía Parque Rímac

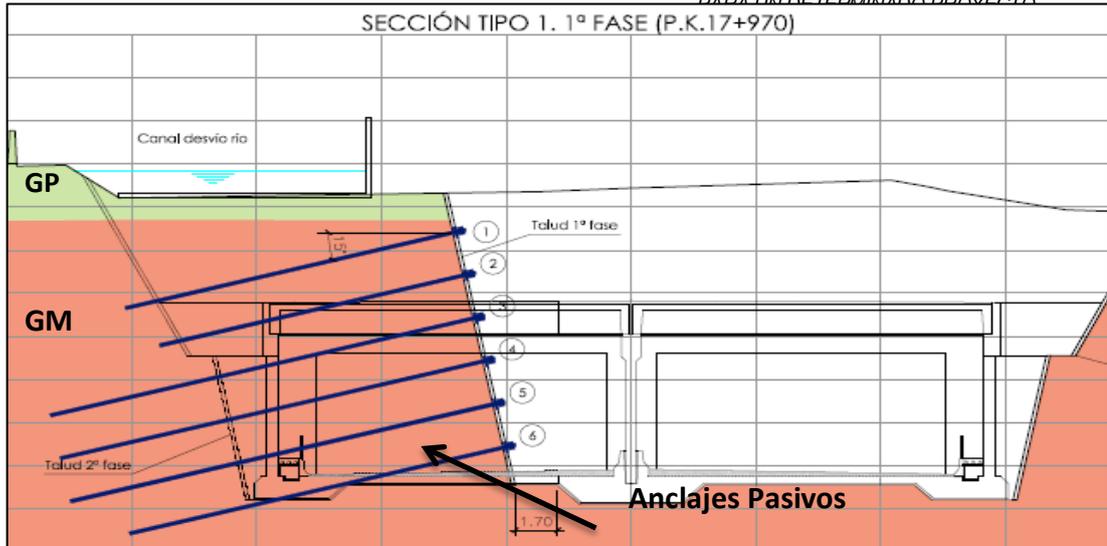


Figura 4.9 Vista Sección Tipo 1- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

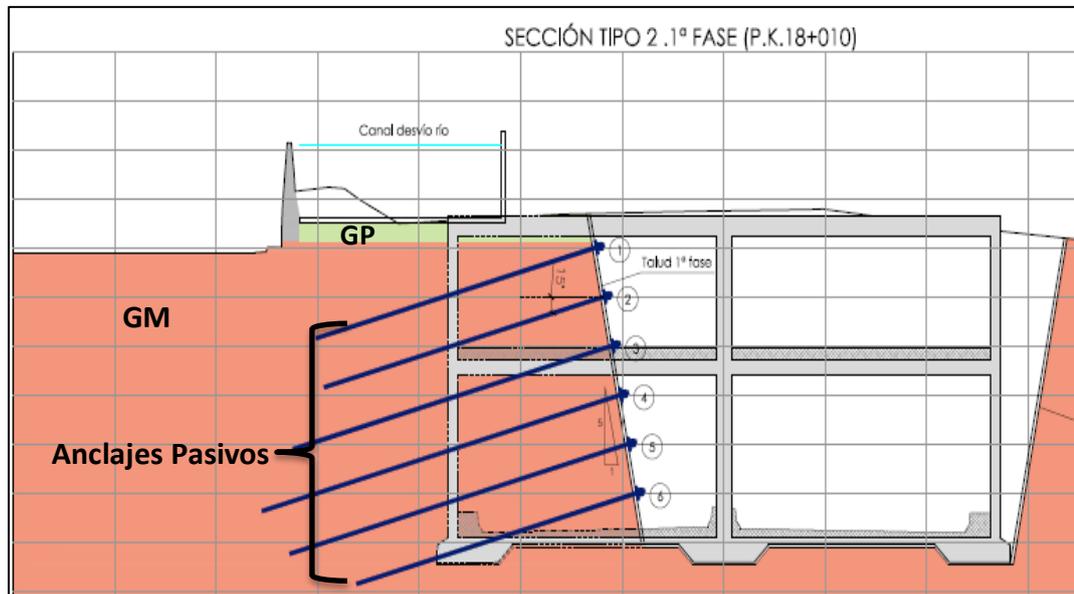


Figura 4.10 Vista Sección Tipo 2- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

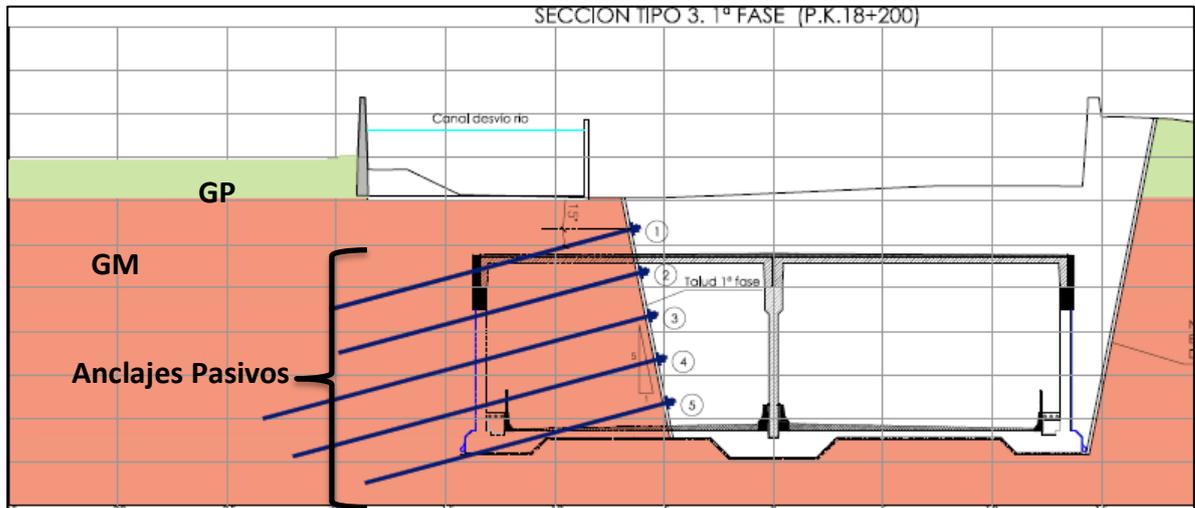


Figura 4.11 Vista Sección Tipo 3- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

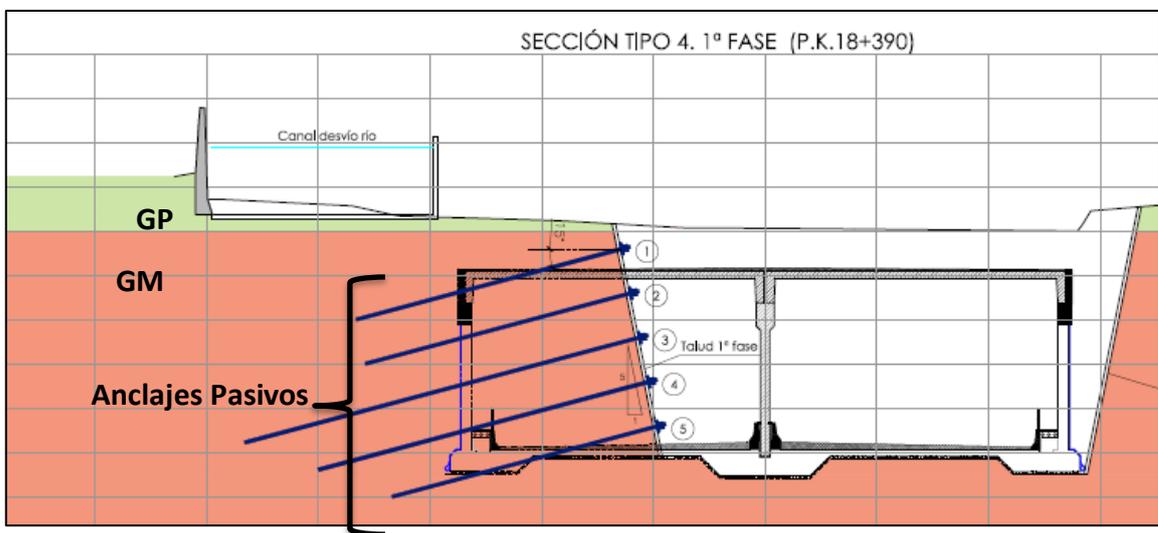


Figura 4.12 Vista Sección Tipo 4- Segundo Tramo del Proyecto Vía Parque Rímac

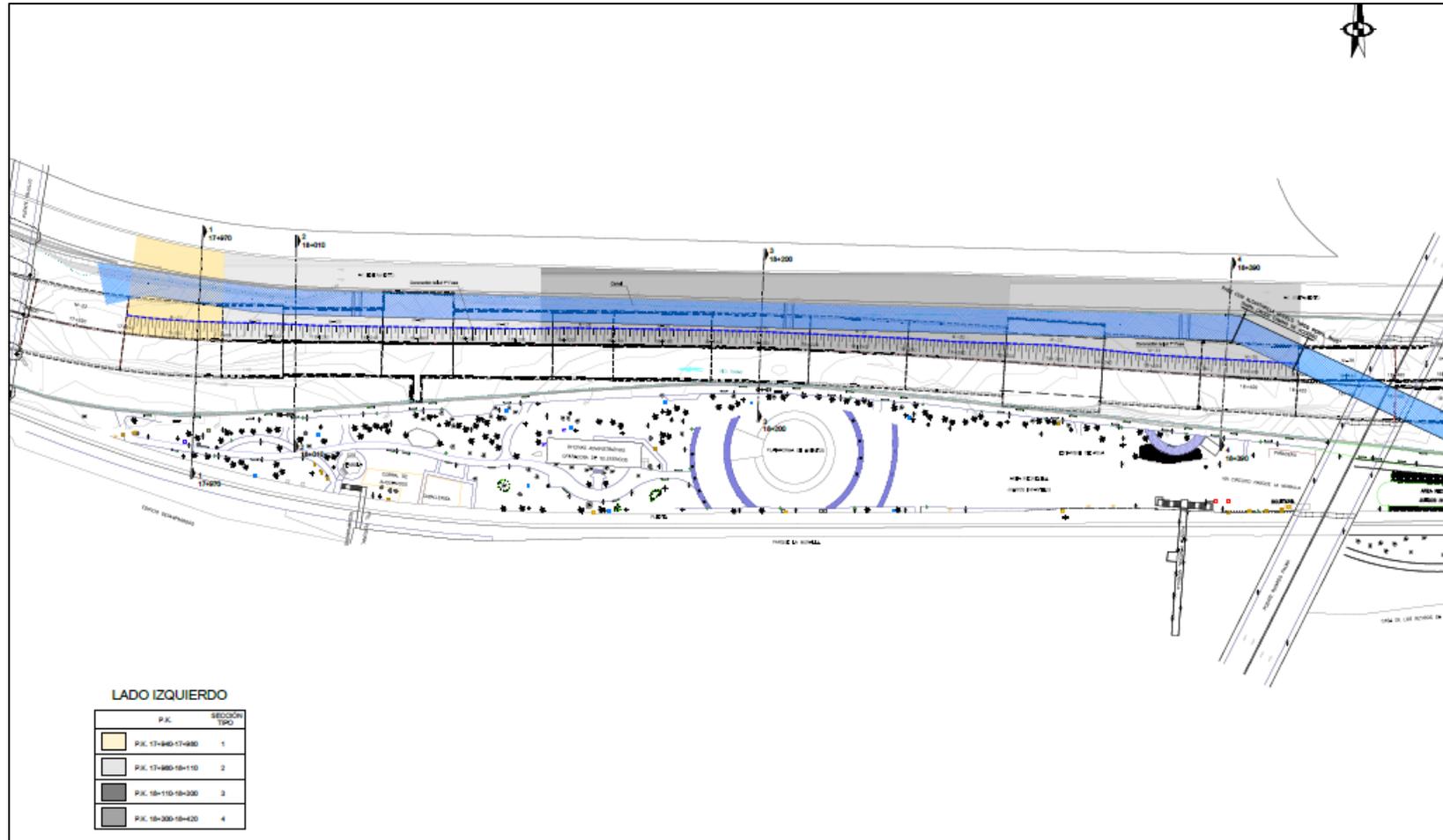


Figura 4.13 Vista Segundo Tramo y sus respectivas secciones del Proyecto Vía Parque Rímac

En el presente trabajo se tomara como base la experiencia de la empresa Pilotes Terratest Perú S.A.C especialista en sostenimiento de taludes y cimentaciones especiales en la ejecución de trabajos de sostenimiento de taludes tanto con anclajes pasivos (soil nailing) y anclajes activos permanentes en diversos tramos del proyecto Vía Parque Rímac .

4.2 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

Para realizar la recopilación de datos de producción se tomó como base los trabajos ejecutados por la empresa Pilotes Terratest en el proyecto Vía Parque Rímac durante el año 2012, en el cual se ejecutaron anclajes pasivos (soil nailing) y anclajes activos permanentes en diferentes frentes de trabajo con diversos equipos y tiempos para cada uno de los métodos de estabilización respectivamente.

**Cuadra 4.1 Rendimientos de Producción Soil Nailing –Vía Parque Rímac
(Elaboración Propia)**

Semanas	Soil Nailing			
	Total	N° Equipos	Ratio	Ratio
	Ejecutado (ML)		(MI x día)	(MI xHH)
Sema 33	421	2	70.2	16.5
Sema 34	354.5	2	59.1	13.9
Sema 35	387.5	2	70.5	15.2
Sema 36	279.5	3	50.8	11.0
Sema 37	479.5	3	87.2	18.8
Sema 38	693.5	3	126.1	27.2
Sema 39	678.5	3	123.4	26.6
Sema 40	139	2	25.3	8.2
Sema 41	213	3	38.7	8.4
Sema 42	386	2	70.2	22.7
Sema 43	650.5	2	118.3	38.3
Sema 44	357.5	2	65.0	21.0
Sema 45	446.5	1	81.2	52.5
Sema 46	535	2	97.3	31.5
Sema 47	401.8	1	73.1	47.3
Sema 48	64.2	1	11.7	7.6
Sema 49	243.7	1	44.3	28.7
Sema 50				

**Cuadro 4.2 Rendimientos de Producción Anclajes Activos Permanentes-
Vía Parque Rímac (Elaboración Propia)**

Semanas	Anclajes Permanentes			
	Total Ejecutado (ML)	N° Equipos	Ratio (MI x día)	Ratio (MI x HH)
Sema 33	0	1	0	0.0
Sema 34	109.9	1	18.3	12.9
Sema 35	47.1	1	8.6	5.5
Sema 36	141.3	1	25.7	16.6
Sema 37	154.8	1	28.1	18.2
Sema 38	136.9	1	24.9	16.1
Sema 39	88.2	1	16.0	10.4
Sema 40	0	0	0.0	0.0
Sema 41	0	0	0.0	0.0
Sema 42	62.8	2	11.4	3.7
Sema 43	251.2	3	45.7	14.8
Sema 44	0	0	0.0	0.0
Sema 45	533.8	3	97.1	31.4
Sema 46	62.8	2	11.4	3.7
Sema 47	455.3	3	82.8	26.8
Sema 48	109.9	3	20.0	6.5
Sema 49	423.9	3	77.1	24.9
Sema 50	157	3	28.5	9.2

4.3 COSTOS Y RENTABILIDAD PARA AMBOS MÉTODOS

Para realizar un el análisis de los costos y rentabilidad en la ejecución de los anclajes pasivos y anclajes permanentes se debe partir de los costos directos para cada método durante su ejecución, así como verificar estos costos versus los ingresos que generaron para la empresa al culminar los trabajos .

Adicional a ello se debe realizar un análisis de lo ejecutado versus lo que se había considerado inicialmente en el presupuesto tomando en cuenta diversos factores como: plazos, costos, complicaciones en la ejecución, con ello se podrá determinar los resultados finales para cada caso.

- Anclajes Pasivos (Soil Nailing)

Costos Directos Soil Nailing -Vía Parque Rímac				
Mano de Obra				
Gastos Generales(incluye personal F+T)				
90609.0				
VARIOS				
Transportes	Combustible	Arriendos	men.Perforad	Total
6283	27068	27764	0	61115
Maquinaria				
Perforadora y otros		mproductivo	TOTAL	
115027		4530	119557	
Materiales				
Anclajes	Ischebeck	Cemento	aterial Tensa	Total
0	254378	123291	0	377669
Total CD		648950.0		

Soilnailing												
VALORIZACION 05												
SEGÚN PRESUPUESTO PP12041-10.			Contrato			Acumulado a la Fecha		Acumulado a EDP Anterior		Ejecutado en EDP Actual		
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und.	CANT.	S/.	Total (S/.)	CANT.	Total	CANT.	Total	CANT.	Total	
1.00	Anclajes Pasivos Ischebeck 40/16	ml.	40000.00	255.15	10206000.00	8303.25	2118574.24	7693.55	1963009.28	609.70	155564.96	
2.00	Horas Stand By de Equipos	hora		500.00		24.00	12000.00	24.00	12000.00			
3.00	Partida alzada por mov. y desmov. De equipos	uni	4.00	8,000.00	32000.00	9.50	76000.00	5.00	40000.00	4.50	36000.00	
4.00	Sobre consumo de Cemento	saco		14.70		10215.36	150165.79	9688.15	142415.81	527.21	7749.99	
TOTALES												
Total Neto EDP						10,238,000.00	2,356,740.03	2,157,425.09			199,314.94	
					Monto total del contrato S/ 10,238,000.00						TOTAL	199,314.94
Costo Directo											199,314.94	
Gastos Generales y Utilidad											(incluido)	
Sub Total 1											S/ 199,314.94	
Amortización del Adelanto en Efectivo											-25%	
Sub Total 2											S/ 151,423.70	
IGV											18%	
TOTAL											S/ 178,679.97	
Retención: Fondo de Garantía											-5%	
											S/ -9,578.25	
											TOTAL A PAGAR E.D.P. N° 5	S/ 169,101.72
Adelanto		:		2,047,600.00								
Valorización No1		:		-130,047.03								
Valorización No2		:		-124,567.68								
Valorización No3		:		-121,327.54								
Valorización No4		:		-124,810.07								
Valorización No5		:		-47,891.24								
Saldo		:		1,498,956.44								

Cuadro 4.3 Resumen de Costos Soil Nailing (Elaboración Propia)

Tecnología	Soil Nailing				
	Descripción	Presupuesto(USD)	Control de Costos(USD)	Margen (USD)	Indicador
	Mano de Obra (incluido F+T)	66033.4	90609	-24575.6	-37%
	Equipos y elementos de perforación	110328.9	119557	-9228.1	-8.36%
	Materiales	382923.2	377669	5254.2	1.37%

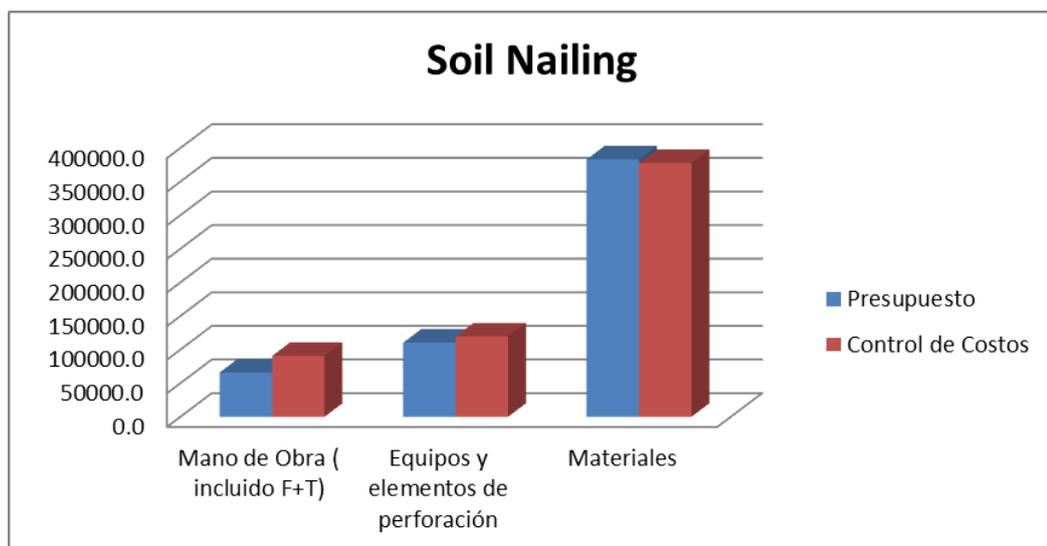


Figura 4.14. Comparación de costos reales vs presupuestados Soil Nailing

- Anclajes Activos Permanentes

Costos Directos Anclajes Activos Permanentes-Vía Parque Rímac				
Mano de Obra(USD)				
Gastos Generales(incluye personal F+T)				
62500.5				
VARIOS (USD)				
Transportes	Combustible	Arriendos	Elemen.Perforación	Total
7075	28780	13811	42323	91989
Maquinaria (USD)				
Perforadora y otros		Improductivos	TOTAL	
44538		3125	47663	
Materiales (USD)				
Anclajes	Ischebeck	Cemento	Material Tensado	Total
15878	0	12157	33156	61191
Total Costo Directo(USD.)		263343.5		

Anclajes Activos Permanente															
VALORIZACION 03															
SEGÚN PRESUPUESTO PA12041-05.			Contrato				Acumulado a la Fecha		Acumulado a EDP Anterior		Ejecutado en EDP Actual				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und.	CANT.	S/.	Total (S/.)	CANT.	Total	CANT.	Total	CANT.	Total				
1.00	Anclajes Activos Permanentes	ml.	2616.67	368.64	964606.59	2684.00	989427.05	1570.00	578763.21	1114.00	410663.83				
2.00	Horas Stand By de Equipos	hora		400.63											
3.00	Partida alzada por mov. y desmov. De equipos	uni	1.00	8,000.00	8000.00	2.00	16000.00	2.00	16000.00						
4.00	Sobre consumo de Cemento	saco		14.70		260.71	3832.44	20.00	294.00	240.71	3538.44				
TOTALES															
Total Neto EDP															
					Monto total del contrato S/.						TOTAL	414,202.27			
Costo Directo												414,202.27			
Gastos Generales y Utilidad												(incluido)			
Sub Total 1												414,202.27			
Amortizacion del Adelanto en Efectivo					-25%							-102,665.96			
Sub Total 2												311,536.31			
IGV					18%							56,076.54			
TOTAL												S/.	367,612.85		
Retencion: Fondo de Garantia					-5%								-20,533.19		
													TOTAL A PAGAR E.D.P. N° 1	S/.	347,079.66
Adelanto :		241,151.65													
Valorización No1		-59,429.41													
Valorización No2		-89,261.39													
Valorización No3		-92,460.85													
Saldo :		0.00													

Cuadro 4.4 Resumen de Costos Ancla. Permanentes (Elaboración Propia)

Tecnología	Activos Permanentes			
Descripción	Presupuesto (USD)	Control de Costos (USD)	Margen(USD)	Indicador
Mano de Obra (incluido F+T)	48964.3	62500.5	-13536.2	-28%
Equipos y elementos de perforación	84684.8	89986	-5301.2	-6%
Materiales	84779.9	61191	23588.9	28%

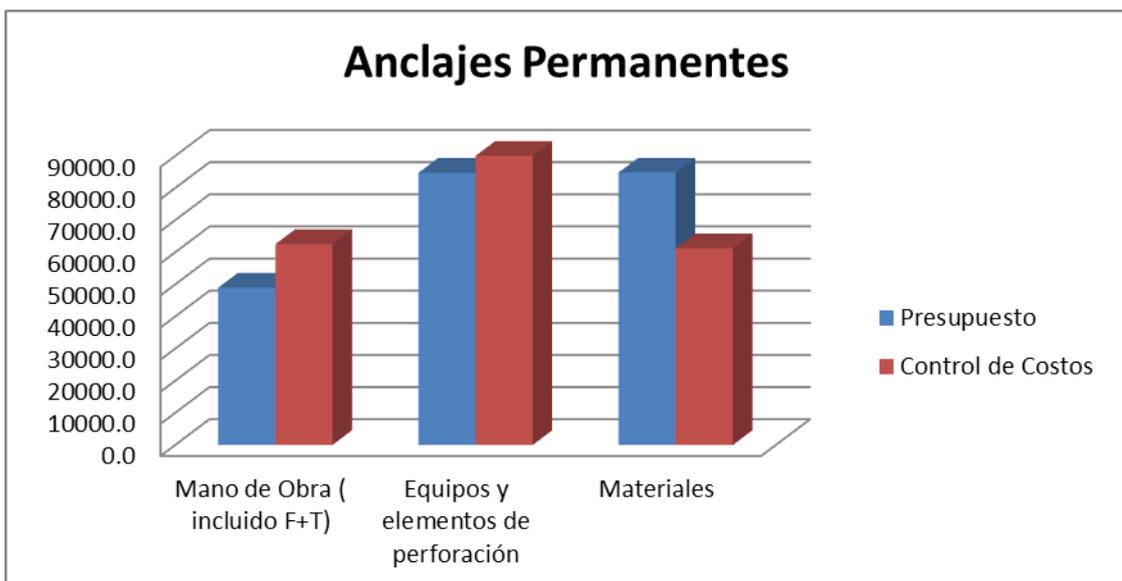


Figura 4.15 Comparación de costos reales vs presupuestados Anclajes Permanentes

4.3.1 CURVA AVANCE

Soil Nailing

VÍA PARQUE RIMAC-SOIL NAILING													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 60		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
13/08/2012	1	2	0.0	0.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	0.0	0.0
14/08/2012	2	2	120.0	120.0	0.0	0			8.5	0%	0.0	0.0	62.5
15/08/2012	3	2	120.0	240.0	0.0	0			8.5	0%	120.0	120.0	62.5
16/08/2012	4	2	120.0	360.0	0.0	0			8.5	0%	120.0	240.0	50.0
17/08/2012	5	2	120.0	480.0	8.5	8.5			8.5	100%	0.0	240.0	0.0
18/08/2012	6	2	120.0	600.0	0.0	0			17.0	0%	120.0	360.0	85.0
19/08/2012	7	1	60.0	660.0	0.0	0			11.0	0%	30.0	390.0	126.5
20/08/2012	8	3	180.0	840.0	0.0	0			5.5	0%	0.0	390.0	34.5
21/08/2012	9	3	180.0	940.0	6.5	6.5			17.0	38%	11.2	501.2	90.5
22/08/2012	10	3	180.0	1020.0	0.0	0			17	0%	180.0	681.2	92.0
23/08/2012	11	3	180.0	1200.0	4.0	4			17.0	24%	137.6	818.8	27.0
24/08/2012	12	3	180.0	1380.0	8.5	8.5			17.0	50%	90.0	908.8	31.0
25/08/2012	13	3	180.0	1560.0	0.0	0			17.0	0%	180.0	1088.8	31.0
26/08/2012	14	3	90.0	1650.0	0.0	0			11.0	0%	90.0	1178.8	62.0
27/08/2012	15	3	0.0	1650.0	0.0	0			5.5	0%	0.0	1178.8	31.0
28/08/2012	16	3	180.0	1830.0	8.5	8.5			17.0	50%	90.0	1268.8	93.0
29/08/2012	17	3	180.0	2010.0	8.5	8.5			17	50%	90.0	1358.8	77.5
30/08/2012	18	3	180.0	2190.0	8.5	8.5			17.0	50%	90.0	1448.8	93.0
31/08/2012	19	3	0.0	2190.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	1448.8	0.0
01/09/2012	20	3	180.0	2370.0	0.0	0			17.0	0%	180.0	1628.8	62.0
02/09/2012	21	3	90.0	2460.0	0.0	0			11.0	0%	90.0	1718.8	62.0
03/09/2012	22	3	0.0	2460.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	1718.8	0.0
04/09/2012	23	3	180.0	2640.0	15.0	15			25.5	59%	74.1	1792.9	15.5
05/09/2012	24	3	180.0	2820.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	1912.9	62.0
06/09/2012	25	3	180.0	3000.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2032.9	46.5
07/09/2012	26	3	180.0	3180.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2152.9	46.5
08/09/2012	27	3	180.0	3360.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2272.9	55.5
09/09/2012	28	3	90.0	3450.0	8.5	8.5			16.5	52%	43.6	2316.6	53.5
10/09/2012	29	3	0.0	3450.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	2316.6	0.0

VÍA PARQUE RIMAC-SOIL NAILING													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 60		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
10/09/2012	29	3	180.0	3630.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2436.6	18.5
11/09/2012	30	3	180.0	3810.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2556.6	36.0
12/09/2012	31	3	180.0	3990.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2676.6	74.0
13/09/2012	32	3	180.0	4170.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2796.6	89.5
14/09/2012	33	3	180.0	4350.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	2916.6	188.5
15/09/2012	34	3	90.0	4440.0	8.5	8.5			25.5	33%	60.0	2976.6	54.5
16/09/2012	35	0	0.0	4440.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	2976.6	18.5
17/09/2012	36	4	240.0	4680.0	8.5	8.5			34.0	25%	180.0	3156.6	144.0
18/09/2012	37	4	240.0	4920.0	8.5	8.5			34	25%	180.0	3336.6	125.5
19/09/2012	38	4	240.0	5160.0	8.5	8.5			34.0	25%	180.0	3516.6	90.5
20/09/2012	39	3	180.0	5340.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	3636.6	141.0
21/09/2012	40	3	180.0	5520.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	3756.6	122.5
22/09/2012	41	3	90.0	5610.0	8.5	8.5			25.5	33%	60.0	3816.6	70.0
23/09/2012	42	0	0.0	5610.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	3816.6	0.0
24/09/2012	43	3	180.0	5790.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	3936.6	105.0
25/09/2012	44	3	180.0	5970.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	4056.6	70.0
26/09/2012	45	3	180.0	6150.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	4176.6	167.0
27/09/2012	46	3	180.0	6330.0	0.0	0			25.5	0%	180.0	4356.6	143.5
28/09/2012	47	3	180.0	6510.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	4476.6	95.0
29/09/2012	48	3	90.0	6600.0	0.0	0			25.5	0%	90.0	4566.6	98.0
30/09/2012	49	0	0.0	6600.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	4566.6	0.0
01/10/2012	50	0	0.0	6600.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	4566.6	0.0
02/10/2012	51	0	0.0	6600.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	4566.6	0.0
03/10/2012	52	4	240.0	6840.0	17.0	17			34.0	50%	120.0	4686.6	81.5
04/10/2012	53	4	240.0	7080.0	17.0	17			34.0	50%	120.0	4806.6	31.5
05/10/2012	54	4	240.0	7320.0	17.0	17			34.0	50%	120.0	4926.6	10.5
06/10/2012	55	4	120.0	7440.0	17.0	17			34.0	50%	60.0	4986.6	15.5
07/10/2012	56	0	0.0	7440.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	4986.6	0.0
08/10/2012	57	0	0.0	7440.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	4986.6	0.0
09/10/2012	58	3	180.0	7620.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	5106.6	10.5
10/10/2012	59	3	180.0	7800.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	5226.6	31.5
11/10/2012	60	3	180.0	7980.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	5346.6	21.0
12/10/2012	61	3	180.0	8160.0	8.5	8.5			25.5	33%	120.0	5466.6	70.5
13/10/2012	62	3	90.0	8250.0	17.0	17			25.5	67%	30.0	5496.6	79.5
14/10/2012	63	0	0.0	8250.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	5496.6	0.0

VÍA PARQUE RIMAC-SOIL NAILING													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 60		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
15/10/2012	64	2	120.0	8370.0	8.5	8.5		17.0	50%	60.0	5556.6	19.5	3655.5
16/10/2012	65	2	120.0	8490.0	0.0	0		17	0%	120.0	5676.6	64.0	3729.5
17/10/2012	66	2	120.0	8610.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	5796.6	155.5	3885.0
18/10/2012	67	2	120.0	8730.0	8.5	8.5		17.0	50%	60.0	5856.6	97.0	3982.0
19/10/2012	68	2	120.0	8850.0	8.5	8.5		17.0	50%	60.0	5916.6	12.5	3994.5
20/10/2012	69	2	60.0	8910.0	8.5	8.5		17.0	50%	30.0	5946.6	37.5	4032.0
21/10/2012	70	0	0.0	8910.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	5946.6	0.0	4032.0
22/10/2012	71	2	120.0	9030.0	4.0	4		17.0	24%	91.8	6038.3	125.0	4157.0
23/10/2012	72	2	120.0	9150.0	0.0	0		17	0%	120.0	6158.3	152.5	4309.5
24/10/2012	73	2	120.0	9270.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	6278.3	176.0	4485.5
25/10/2012	74	0	0.0	9270.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	6278.3	0.0	4485.5
26/10/2012	75	2	120.0	9390.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	6398.3	121.5	4607.0
27/10/2012	76	2	60.0	9450.0	0.0	0		17.0	0%	60.0	6458.3	75.5	4682.5
28/10/2012	77	0	0.0	9450.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	6458.3	0.0	4682.5
29/10/2012	78	2	120.0	9570.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	6578.3	60.5	4743.0
30/10/2012	79	3	180.0	9750.0	0.0	0		25.5	0%	180.0	6758.3	136.0	4879.0
31/10/2012	80	3	180.0	9930.0	8.5	8.5		25.5	33%	120.0	6878.3	79.5	4958.5
01/11/2012	81	0	0.0	9930.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	6878.3	0.0	4958.5
02/11/2012	82	3	180.0	10110.0	0.0	0		25.5	0%	180.0	7058.3	81.5	5040.0
03/11/2012	83	0	0.0	10110.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	7058.3	0.0	5040.0
04/11/2012	84	0	0.0	10110.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	7058.3	0.0	5040.0
05/11/2012	85	2	120.0	10230.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	7178.3	106.5	5146.5
06/11/2012	86	1	60.0	10290.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7238.3	42.0	5188.5
07/11/2012	87	1	60.0	10350.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7298.3	63.0	5251.5
08/11/2012	88	1	60.0	10410.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7358.3	72.5	5324.0
09/11/2012	89	1	60.0	10470.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7418.3	37.5	5361.5
10/11/2012	90	1	30.0	10500.0	0.0	0		8.5	0%	30.0	7448.3	125.0	5486.5
11/11/2012	91	0	0.0	10500.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	7448.3	0.0	5486.5
12/11/2012	92	1	60.0	10560.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7508.3	150.0	5636.5
13/11/2012	93	1	60.0	10620.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7568.3	87.5	5724.0
14/11/2012	94	1	60.0	10680.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7628.3	42.0	5766.0
15/11/2012	95	2	120.0	10800.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	7748.3	126.0	5892.0
16/11/2012	96	2	120.0	10920.0	5.0	5		17.0	29%	84.7	7833.0	98.0	5990.0
17/11/2012	97	2	60.0	10980.0	5.5	5.5		8.5	65%	21.2	7854.2	31.5	6021.5
18/11/2012	98	0	0.0	10980.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	7854.2	0.0	6021.5
19/11/2012	99	1	60.0	11040.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	7914.2	31.5	6053.0

VÍA PARQUE RIMAC-SOIL NAILING													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 60		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
20/11/2012	100	3	180.0	11220.0	0.0	0		25.5	0%	180.0	8094.2	173.0	6226.0
21/11/2012	101	2	120.0	11340.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	8214.2	68.9	6294.9
22/11/2012	102	2	120.0	11460.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	8334.2	64.2	6359.1
23/11/2012	103	2	120.0	11580.0	0.0	0		17.0	0%	120.0	8454.2	21.4	6380.5
24/11/2012	104	2	60.0	11640.0	0.0	0		11.0	0%	60.0	8514.2	42.8	6423.3
25/11/2012	105	0	0.0	11640.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	8514.2	0.0	6423.3
26/11/2012	106	1	60.0	11700.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8574.2	0.0	6423.3
27/11/2012	107	1	60.0	11760.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8634.2	53.5	6476.8
28/11/2012	108	1	60.0	11820.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8694.2	10.7	6487.5
29/11/2012	109	1	60.0	11880.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8754.2	0.0	6487.5
30/11/2012	110	1	60.0	11940.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8814.2	0.0	6487.5
01/12/2012	111	1	30.0	11970.0	0.0	0		5.5	0%	30.0	8844.2	0.0	6487.5
02/12/2012	112	0	0.0	11970.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	8844.2	0.0	6487.5
03/12/2012	113	1	60.0	12030.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8904.2	67.0	6554.5
04/12/2012	114	1	60.0	12090.0	4.0	4		8.5	47%	31.8	8936.0	46.2	6600.7
05/12/2012	115	1	60.0	12150.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	8996.0	60.9	6661.6
06/12/2012	116	1	60.0	12210.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	9056.0	43.5	6705.1
07/12/2012	117	1	60.0	12270.0	0.0	0		8.5	0%	60.0	9116.0	26.1	6731.2
08/12/2012	118	1	30.0	12300.0	0.0	0		5.5	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
09/12/2012	119	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
10/12/2012	120	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
11/12/2012	121	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
12/12/2012	122	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
13/12/2012	123	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
14/12/2012	124	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
15/12/2012	125	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2
16/12/2012	126	0	0.0	12300.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	9116.0	0.0	6731.2

Vía Parque Rímac-Soil Nailing

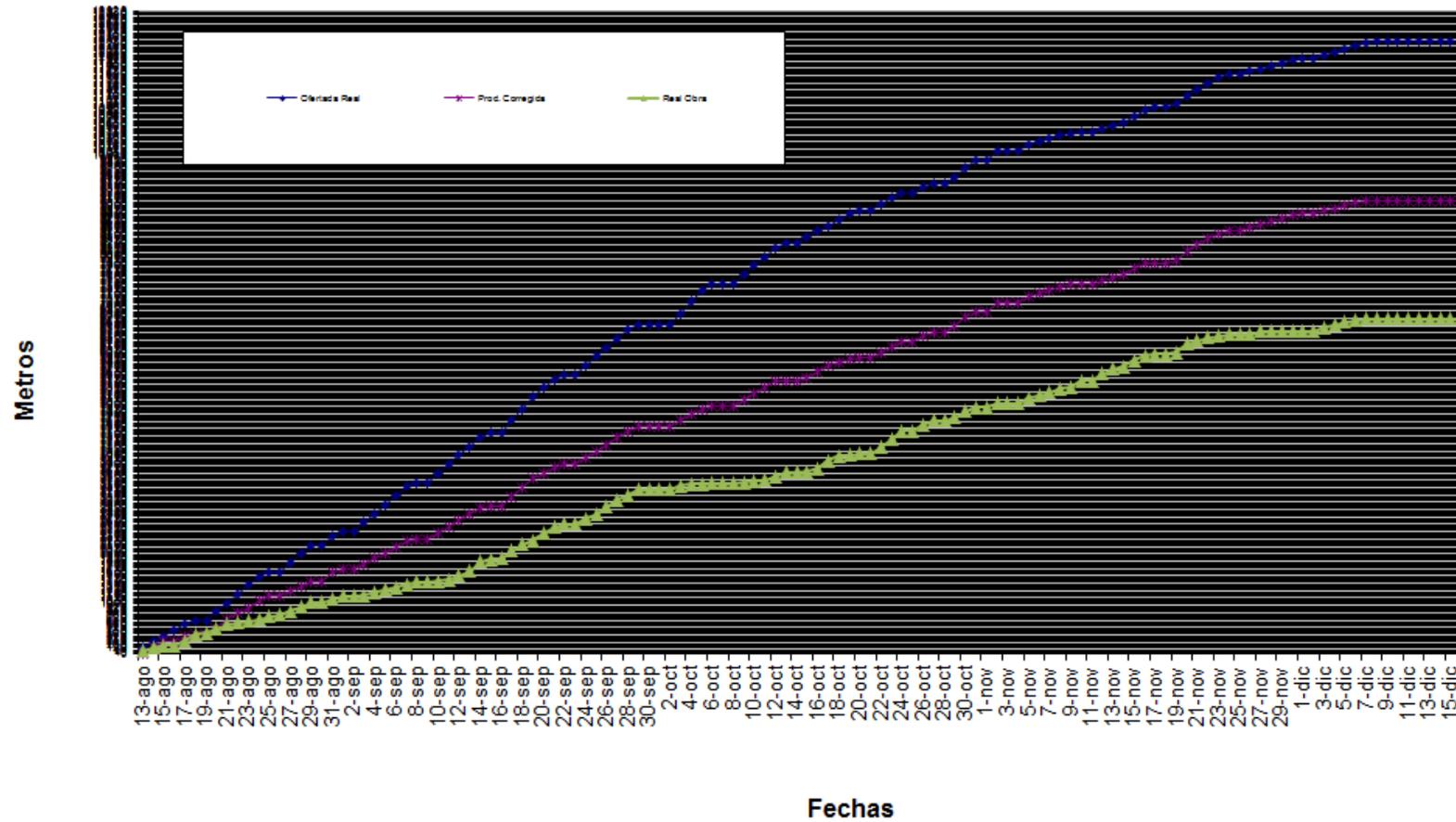


Figura 4.16 Curva de Avance Soil Nailing-Vía Parque Rímac

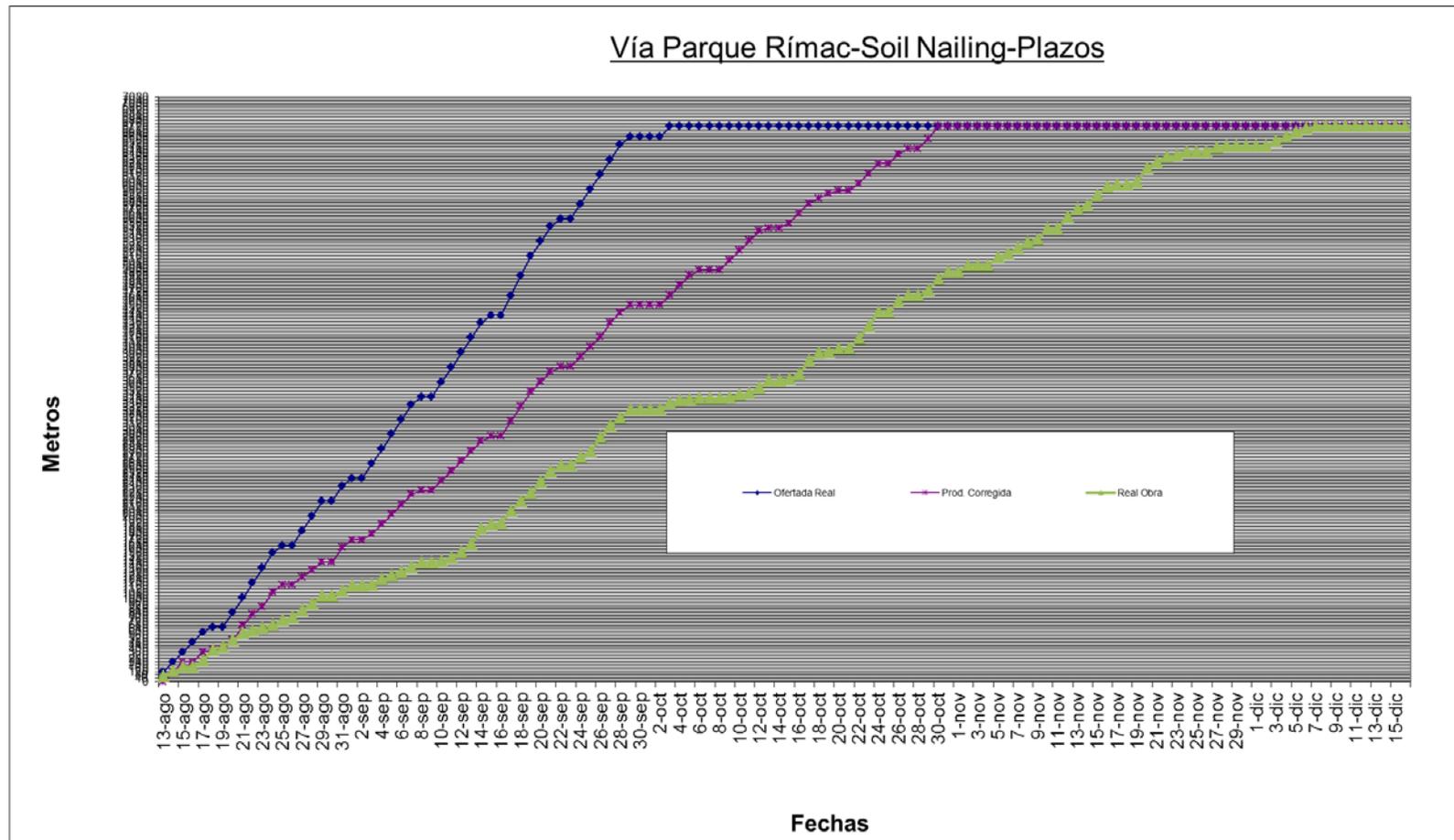


Figura 4.17 Curva de plazos Soil Nailing –Vía Parque Rímac

Anclajes Activos Permanentes

VÍA PARQUE RIMAC-ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 45		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
13/08/2012	0	0	0.0	0.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	0.0	0.0
14/08/2012	0	0	0.0	0.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	0.0	0.0
15/08/2012	0	0	0.0	0.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	0.0	0.0
16/08/2012	0	0	0.0	0.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	0.0	0.0
17/08/2012	1	1	45.0	45.0	8.5	8.5			8.5	100%	0.0	0.0	0.0
18/08/2012	2	1	22.5	67.5	0.0	0			0.0	0%	22.5	22.5	0.0
19/08/2012	3	0	0.0	67.5	0.0	0			5.5	0%	0.0	22.5	0.0
20/08/2012	4	1	45.0	112.5	4.0	4			8.5	47%	23.8	46.3	15.7
21/08/2012	5	1	45.0	157.5	4.0	4			8.5	47%	23.8	70.1	15.7
22/08/2012	6	1	45.0	202.5	8.5	8.5			8.5	100%	0.0	70.1	0.0
23/08/2012	7	1	45.0	247.5	2.0	2			8.5	24%	34.4	104.6	31.4
24/08/2012	8	1	45.0	292.5	0.0	0			8.5	0%	45.0	149.6	47.1
25/08/2012	9	1	22.5	315.0	5.5	5.5			5.5	100%	0.0	149.6	0.0
26/08/2012	10	0	0.0	315.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	149.6	0.0
27/08/2012	11	1	45.0	360.0	0.0	0			8.5	0%	45.0	194.6	15.7
28/08/2012	12	1	45.0	405.0	0.0	0			8.5	0%	45.0	239.6	31.4
29/08/2012	13	1	45.0	450.0	8.5	8.5			8.5	100%	0.0	239.6	0.0
30/08/2012	14	0	0.0	450.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	239.6	0.0
31/08/2012	15	1	45.0	495.0	4.0	4			8.5	47%	23.8	263.4	0.0
01/09/2012	16	1	22.5	517.5	4.0	4			5.5	73%	6.1	269.5	0.0
02/09/2012	17	0	0.0	517.5	0.0	0			0.0	0%	0.0	269.5	0.0
03/09/2012	18	1	45.0	562.5	3.0	3			8.5	35%	29.1	298.6	15.7
04/09/2012	19	1	45.0	607.5	3.0	3			8.5	35%	29.1	327.8	31.4
05/09/2012	20	1	45.0	652.5	3.0	3			8.5	35%	29.1	356.9	31.4
06/09/2012	21	1	45.0	697.5	2.0	2			8.5	24%	34.4	391.3	15.7
07/09/2012	22	1	45.0	742.5	0.0	0			8.5	0%	45.0	436.3	31.4
08/09/2012	23	1	22.5	765.0	0.0	0			5.5	0%	22.5	458.8	15.7
09/09/2012	24	0	0.0	765.0	0.0	0			0.0	0%	0.0	458.8	0.0
10/09/2012	25	1	45.0	810.0	5.0	5			8.5	59%	18.5	477.3	15.7
11/09/2012	26	1	45.0	855.0	0.0	0			8.5	0%	45.0	522.3	31.4
12/09/2012	27	1	45.0	900.0	0.0	0			8.5	0%	45.0	567.3	31.4
13/09/2012	28	1	45.0	945.0	2.0	2			8.5	24%	34.4	601.7	28.4
14/09/2012	29	1	45.0	990.0	0.0	0			8.5	0%	45.0	646.7	31.4

VÍA PARQUE RIMAC-ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 45		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
08/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
09/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
10/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
11/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
12/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
13/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
14/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
15/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
16/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
17/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
18/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
19/10/2012	48	2	90.0	1597.5	3.0	3		11.0	27%	65.5	1052.7	31.4	707.2
20/10/2012	49	2	45.0	1642.5	4.0	4		11.0	36%	28.6	1081.3	31.4	738.6
21/10/2012	50	0	0.0	1642.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1081.3	0.0	738.6
22/10/2012	51	2	90.0	1732.5	0.0	0		17.0	0%	90.0	1171.3	78.5	817.1
23/10/2012	52	2	90.0	1822.5	0.0	0		17	0%	90.0	1261.3	34.2	811.3
24/10/2012	53	2	90.0	1912.5	0.0	8.5		7.0	0%	90.0	1351.3	78.5	893.8
25/10/2012	54	0	0.0	1912.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
26/10/2012	55	1	45.0	1957.5	17.0	17		17.0	100%	0.0	1351.3	0.0	893.8
27/10/2012	56	1	45.0	2002.5	5.5	5.5		5.5	100%	0.0	1351.3	0.0	893.8
28/10/2012	57	0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
29/10/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
30/10/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
31/10/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
01/11/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
02/11/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
03/11/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
04/11/2012		0	0.0	2002.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	1351.3	0.0	893.8
05/11/2012	58	1	45.0	2047.5	3.0	3		8.5	35%	23.1	1380.4	15.7	1005.5
06/11/2012	59	1	45.0	2092.5	0.0	0		8.5	0%	45.0	1425.4	31.4	1036.9
07/11/2012	60	3	135.0	2227.5	0.0	0		25.5	0%	135.0	1560.4	78.5	1115.4
08/11/2012	61	4	180.0	2407.5	0.0	0		34.0	0%	180.0	1740.4	141.3	1256.7
09/11/2012	62	4	180.0	2587.5	0.0	0		34.0	0%	180.0	1920.4	141.3	1398.0
10/11/2012	63	4	90.0	2677.5	0.0	0		22.0	0%	90.0	2010.4	78.5	1476.5
11/11/2012	64	0	0.0	2677.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2010.4	47.1	1523.6

VÍA PARQUE RIMAC-ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 45		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Tiempo Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
15/09/2012	30	1	22.5	1012.5	2.5	2.5		5.5	45%	12.3	659.0	15.7	452.3
16/09/2012	31	0	0.0	1012.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	659.0	0.0	452.3
17/09/2012	32	1	45.0	1057.5	2.0	2		8.5	24%	34.4	693.4	31.4	483.7
18/09/2012	33	1	45.0	1102.5	2.0	2		9	24%	34.4	727.8	15.7	499.4
19/09/2012	34	1	45.0	1147.5	0.0	0		8.5	0%	45.0	772.8	31.4	530.8
20/09/2012	35	1	45.0	1192.5	2.0	2		8.5	24%	34.4	807.2	12.7	543.5
21/09/2012	36	1	45.0	1237.5	0.0	0		8.5	0%	45.0	852.2	44.1	587.6
22/09/2012	37	1	22.5	1260.0	5.5	5.5		5.5	100%	0.0	852.2	0.0	587.6
23/09/2012	38	0	0.0	1260.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	852.2	0.0	587.6
24/09/2012	39	1	45.0	1305.0	0.0	0		8.5	0%	45.0	897.2	47.1	634.7
25/09/2012	40	1	45.0	1350.0	0.0	0		8.5	0%	45.0	942.2	15.7	650.4
26/09/2012	41	1	45.0	1395.0	0.0	0		8.5	0%	45.0	987.2	25.4	675.8
27/09/2012	42	1	45.0	1440.0	8.5	8.5		8.5	100%	0.0	987.2	0.0	675.8
28/09/2012	43	1	45.0	1485.0	8.5	8.5		8.5	100%	0.0	987.2	0.0	675.8
29/09/2012	44	1	22.5	1507.5	5.5	5.5		5.5	100%	0.0	987.2	0.0	675.8
30/09/2012	45	0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
01/10/2012	46	0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
02/10/2012	47	0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
03/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
04/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
05/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
06/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8
07/10/2012		0	0.0	1507.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	987.2	0.0	675.8

VÍA PARQUE RIMAC-ANCLAJES ACTIVOS PERMANENTES													
			Ofertada Real		Ofertada con Inconvenientes de obra							Real Obra	
			Presupuestada		Prod. Diaria 45		Horas / Día 8.5						
Fecha	Día de Obra	Numero de Equipos	Produc. Parcial Ofertada	Producción Acumulada Ofertada	Tiempo improd diarios	Stand by	Programacion	Horas de trabajo	% incidencia	Produc Parcial Ofert correg	Acumulados	Produc. Parcial Real	Producción Acumulada Real
12/11/2012	65	3	90.0	2767.5	0.0	0		25.5	0%	135.0	2145.4	62.8	1586.4
13/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
14/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
15/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
16/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
17/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
18/11/2012		0	0.0	2767.5	0.0	0		0.0	0%	0.0	2145.4	0.0	1586.4
19/11/2012	66	1	45.0	2812.5	0.0	0		8.5	0%	45.0	2190.4	15.7	1602.1
20/11/2012	67	1	45.0	2857.5	0.0	0		8.5	0%	45.0	2235.4	31.4	1633.5
21/11/2012	68	2	90.0	2947.5	0.0	0		17.0	0%	90.0	2325.4	78.5	1712.0
22/11/2012	69	3	135.0	3082.5	0.0	0		25.5	0%	135.0	2480.4	125.6	1837.6
23/11/2012	70	3	135.0	3217.5	0.0	0		25.5	0%	135.0	2595.4	94.2	1931.8
24/11/2012	71	3	67.5	3285.0	5.0	5		17.5	29%	48.2	2643.7	78.5	2010.3
25/11/2012	72	0	0.0	3285.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2643.7	31.4	2041.7
26/11/2012	73	3	135.0	3420.0	8.5	8.5		25.5	33%	90.0	2733.7	109.9	2151.6
27/11/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
28/11/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
29/11/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
30/11/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
01/12/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
02/12/2012		0	0.0	3420.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	2733.7	0.0	2151.6
03/12/2012	74	1	45.0	3465.0	2.0	2		8.5	24%	34.4	2768.1	15.7	2167.3
04/12/2012	75	2	90.0	3555.0	0.0	0		17.0	0%	90.0	2858.1	78.5	2245.8
05/12/2012	111	2	90.0	3645.0	0.0	0		17.0	0%	90.0	2948.1	94.2	2340.0
06/12/2012	112	2	90.0	3735.0	0.0	0		17.0	0%	90.0	3038.1	78.5	2418.5
07/12/2012	113	2	90.0	3825.0	0.0	0		17.0	0%	90.0	3128.1	109.9	2528.4
08/12/2012	114	2	45.0	3870.0	0.0	0		11.0	0%	45.0	3173.1	31.4	2559.8
09/12/2012	115	0	0.0	3870.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3173.1	15.7	2575.5
10/12/2012	116	3	135.0	4005.0	0.0	0		25.5	0%	135.0	3308.1	125.6	2701.1
11/12/2012	117	2	90.0	4095.0	8.5	8.5		17.0	50%	45.0	3353.1	31.4	2732.5
12/12/2012	118	0	0.0	4095.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3353.1	0.0	2732.5
13/12/2012	119	0	0.0	4095.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3353.1	0.0	2732.5
14/12/2012	120	0	0.0	4095.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3353.1	0.0	2732.5
15/12/2012	121	0	0.0	4095.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3353.1	0.0	2732.5
16/12/2012	122	0	0.0	4095.0	0.0	0		0.0	0%	0.0	3353.1	0.0	2732.5

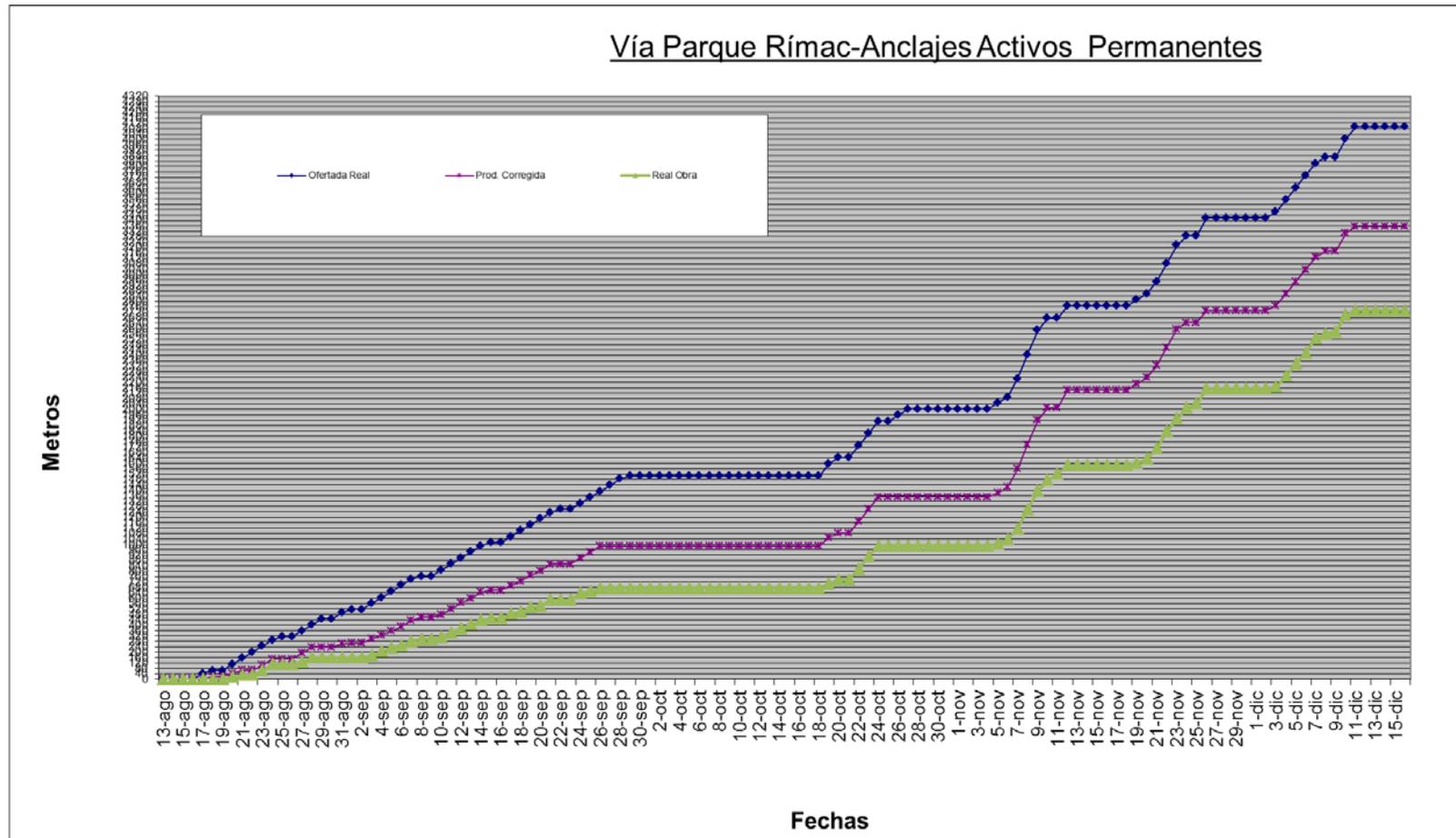


Figura 4.18 Curva de Avance Anclajes Activos Permanentes–Vía Parque Rímac

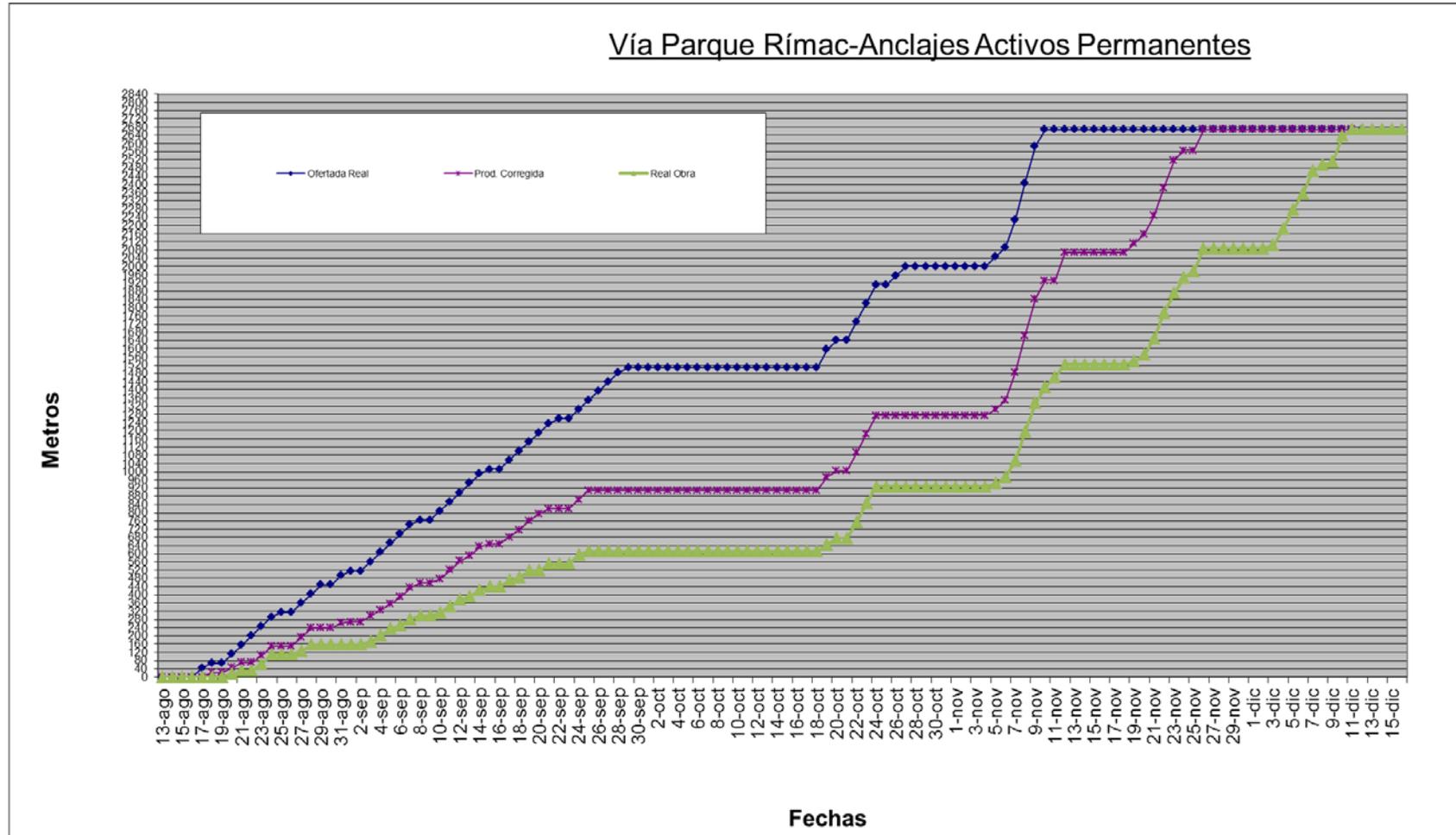


Figura 4.19 Curva de Plazos Anclajes Activos Permanentes–Vía Parque Rímac

4.4 PROBLEMAS EN LA EJECUCIÓN DE CADA MÉTODO

Soil Nailing

Equipos y herramientas

Uno de los problemas que se tuvo durante la ejecución de estos trabajos fueron las fallas mecánicas de los equipos así como también el uso de herramientas de perforación que no alcanzaron los resultados esperados para este tipo de trabajos (martillos de perforación y ejes de perforación).

Imprevistos.

Durante las semanas 33 y 34 dentro de obra se producen imprevistos tales como el daño de una de las perforadoras debido a un choque con otro vehículo y también se produce una inundación del campamento y almacén producto de una fisura en el canal de desviación del río.

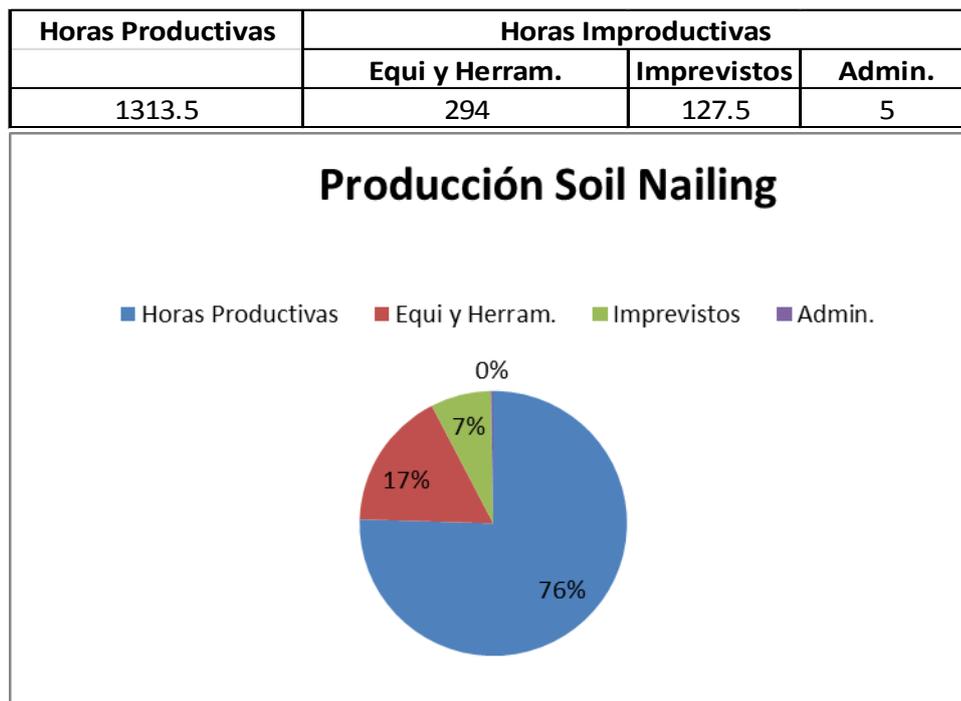


Figura 4.20 Balance de horas trabajadas Soil Nailing-Vía Parque Rímac

Anclajes Activos Permanentes

Equipos y herramientas

Uno de los problemas que se tuvo durante la ejecución de estos trabajos fueron las fallas mecánicas de los equipos así como también el uso de herramientas de perforación que no alcanzaron los resultados esperados para este tipo de trabajos (martillos de perforación y ejes de perforación), esto debido al tipo de suelo que se encontró en el primer eje de anclajes permanentes los cuales se encontraban debajo de los pilares del puente rayitos de sol.



Figura 4.21 Vista de la sección del túnel donde se usara anclajes activos permanentes-Tramo Puente Rayitos de Sol

Imprevistos.

Durante las semanas 33 y 34 se produce la pérdida de un sistema de perforación debido a una mala operación. Los problemas persisten en las semanas posteriores, es por ello que teniendo en cuenta estos problemas se decide utilizar una maquina extractora lo cual conlleva a aumentar la cuadrilla de trabajo y aumentar las horas de trabajo debido a que este nuevo proceso es más lento.

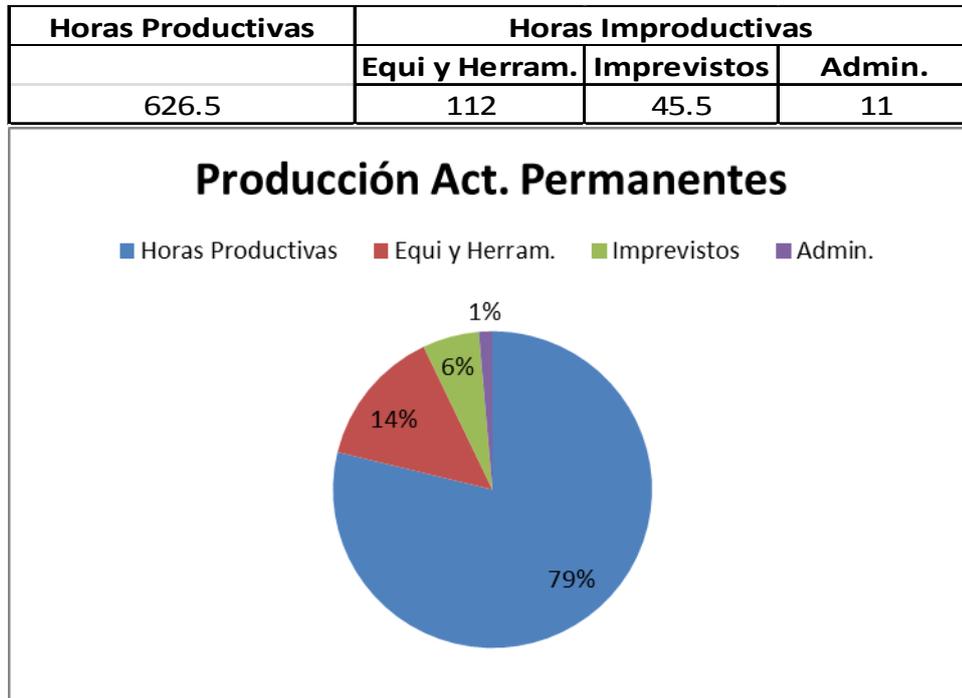


Figura 4.22 Balance de horas trabajadas Anclajes Activos Permanentes-Vía Parque Rímac

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene como objetivo definir brevemente dos métodos de estabilización usados actualmente en muchas obras de infraestructura y también su proceso constructivo, con ello se podrá realizar una comparación básica entre estos dos métodos teniendo como base un proyecto importante para el desarrollo urbano de la ciudad de Lima.

Respecto al análisis realizado en el capítulo IV podemos determinar que el método de estabilización que obtuvo mejores resultados para este proyecto fue la estabilización mediante anclajes pasivos (soil nailing) teniendo como principales ventajas para este sistema la alta velocidad de ejecución, ya que la excavación acompaña prácticamente a la ejecución de la muro de shotcrete (no se tienen esperas por tensados y fragua de lechada de cemento), adicional a ello este método debido al tipo de equipos que realizan estos trabajos permite adaptarse fácilmente a las diversas geometrías de los taludes las cuales serían difícilmente accesibles con maquinaria pesada.

Adicionalmente del análisis de costos realizado para cada método podemos determinar que los costos reales que se tuvieron en obra tanto en mano de obra como en elementos de perforación y equipos excedieron a los costos que se habían asumido en el presupuesto, esto debido en muchos casos a los horas hombres y horas maquinas que se realizaron debido a fallas en los equipos, herramientas y en otros casos a la programación del cliente. Sin embargo para el caso de los materiales usados se obtuvieron resultados positivos, teniendo en general un margen positivo en costos para estos tres factores que son los que marcan la rentabilidad de ejecución para estos métodos de estabilización.

En el caso de los plazos de obra del análisis realizado de las curvas de avance podemos observar que para ambos métodos no se llegaron a cumplir los plazos y rendimientos ofertados, teniendo que usar en muchos casos más recursos como mano de obra y equipos, implementación de más turnos de trabajo y también implementar otros sistemas de perforación para hacer más efectivas las jornadas de trabajo. El caso donde se tuvo un desfase mayor en cuanto a rendimiento fue el método de soil nailing.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una mayor investigación sobre otros métodos de estabilización de excavaciones profundas o taludes en distintos tipos de suelos para de esta manera buscar el método adecuado para cada tipo de suelo tomando en cuenta factores como: rendimientos, costos, aspectos técnicos y confiabilidad.

Para este tipo de proyectos y para otros en los cuales lo requiera y donde se usen elementos de sostenimiento permanentes se recomienda que utilizar sistema de bloque (cabezas de anclaje) que permitan el retensado de los anclajes en caso fuese necesario adicionalmente se debe realizar una medición periódica de la carga de servicio de estos elementos esto se realiza mediante celdas de carga de monitoreo.

BIBLIOGRAFÍA

Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres; Conglomerado de Lima Metropolitana en cimentaciones; Lima, 2007. [En línea]

INGEMMET, Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima; Lima ,1992. [En línea]

Ischebeck Ibérica Titan ; Micropilotes anclajes y bulones autoperforantes TITAN , Barcelona, 2006[En línea]

Martinez, Eder; Construcción de muros de contención en zonas urbanas: análisis comparativo de costos para las soluciones más usadas; Valdivia ,2008 [En línea]

Pilotes Terratest ;CAT-A-02-rev.1,Santiago ,2008[En línea]

PROINVERSIÓN; Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: “Construcción de la Línea 2 y Ramal Av.Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao” , Lima,2012[En línea]

Shuan, Luisa; Investigación de la Matriz en las gravas del Perú modelo grava de ventanilla, Lima, 2011.

S&Z Consultores Asociados; Informe de Perforaciones Diamantinas –“Vía Expresa Línea Amarilla”, Lima ,2010

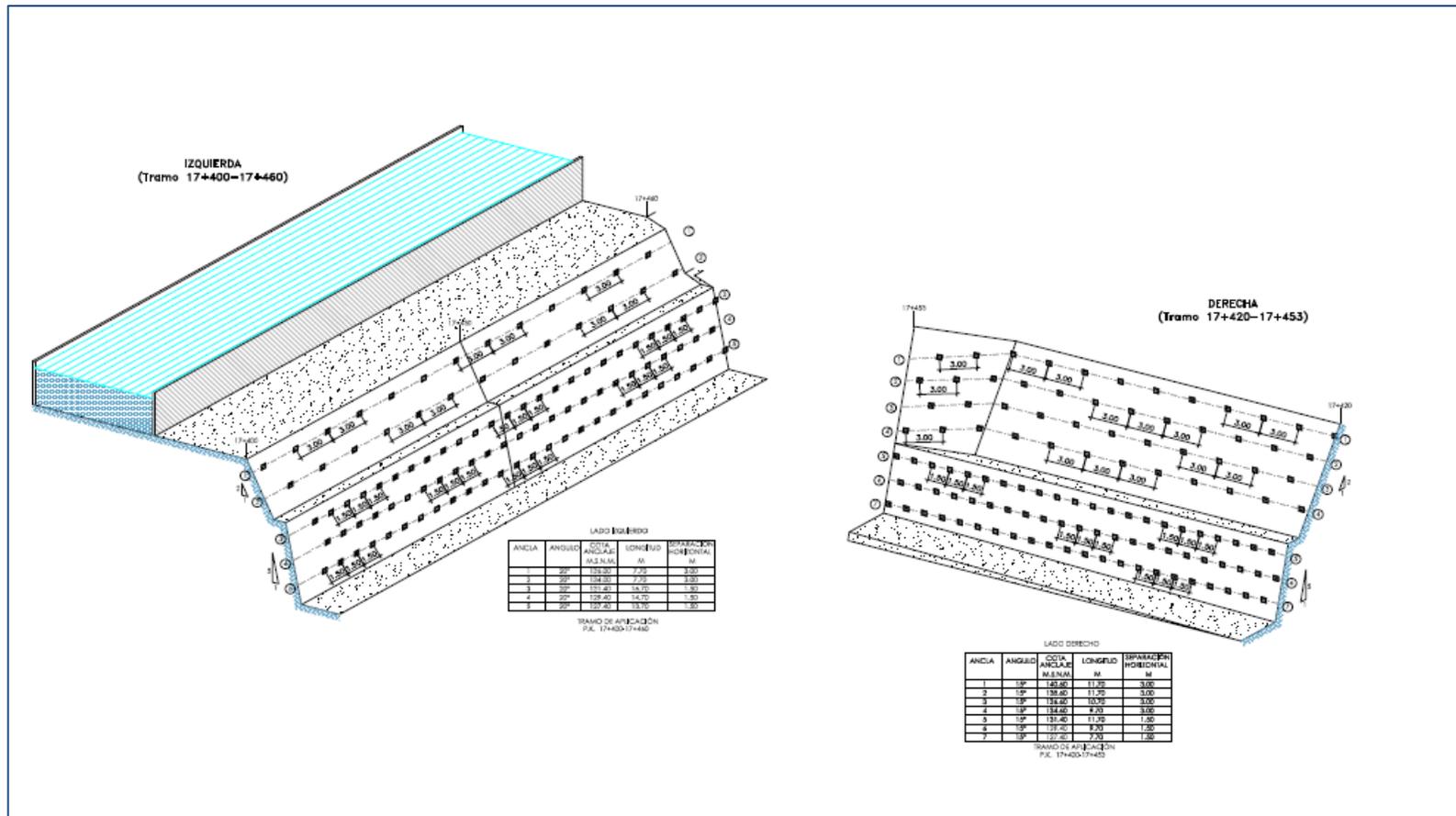
Saucedo, Mariano; Aplicación de Muros de Pilotes en Obras Viales, Lima ,2008[En línea]

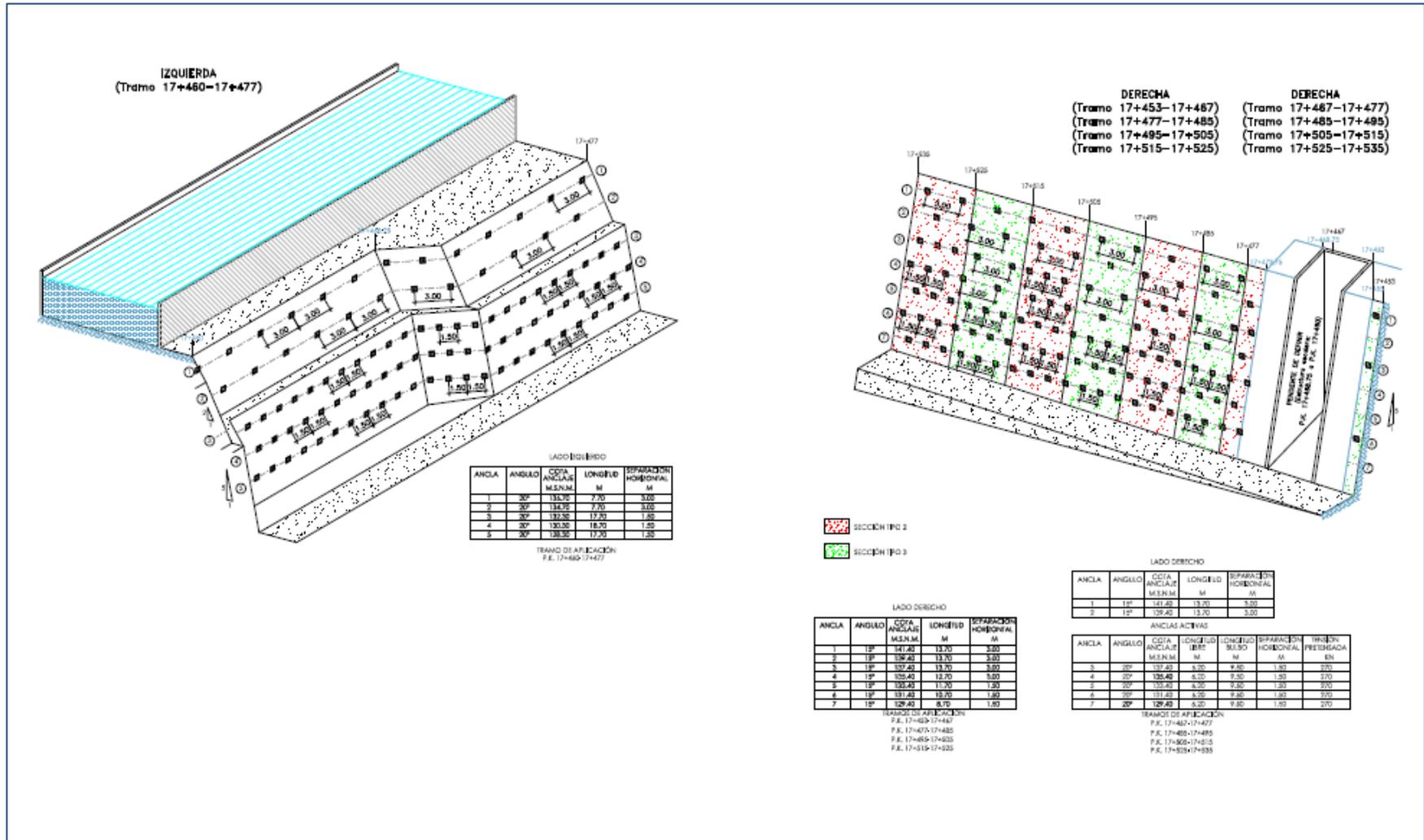
Técnica y Proyectos S.A; Estudio de la estabilidad de taludes para la excavación del túnel PK 17+940 al 18+420 fase 1, talud izquierdo, Lima ,2012.

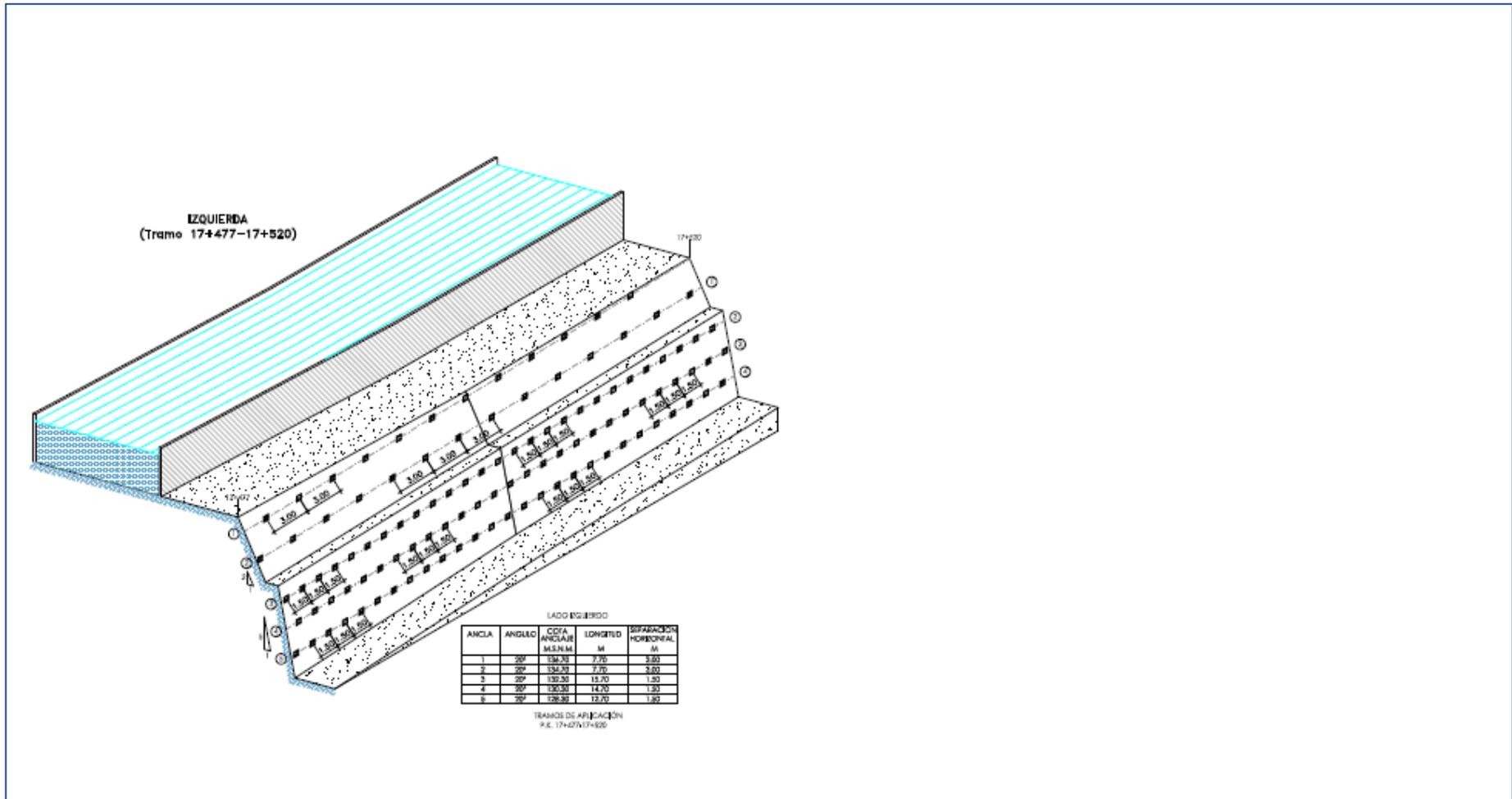
Técnica y Proyectos S.A; Estudio de la estabilidad de taludes para la excavación del túnel PK 17+420 al 17+620, Lima ,2012.

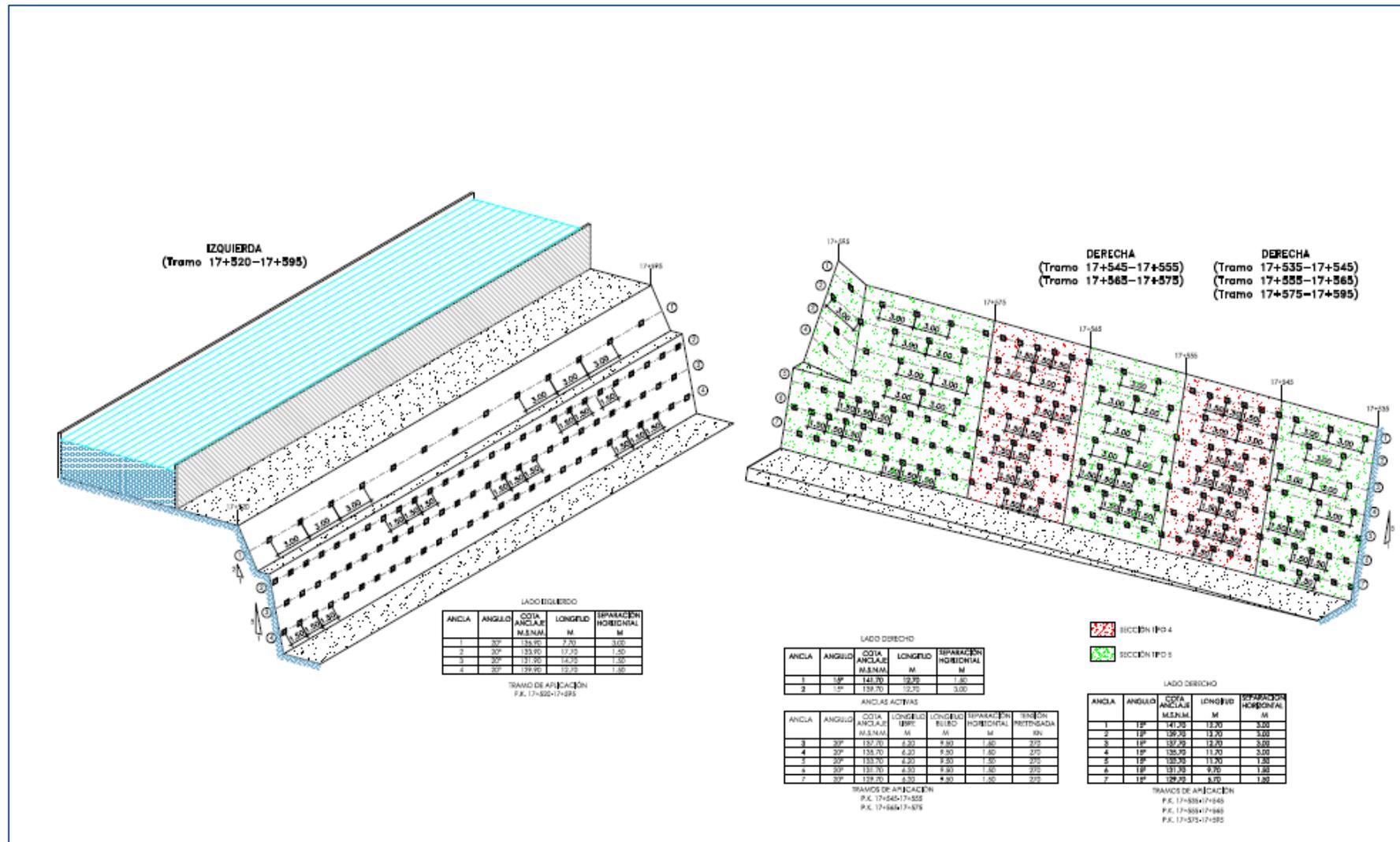
ANEXOS

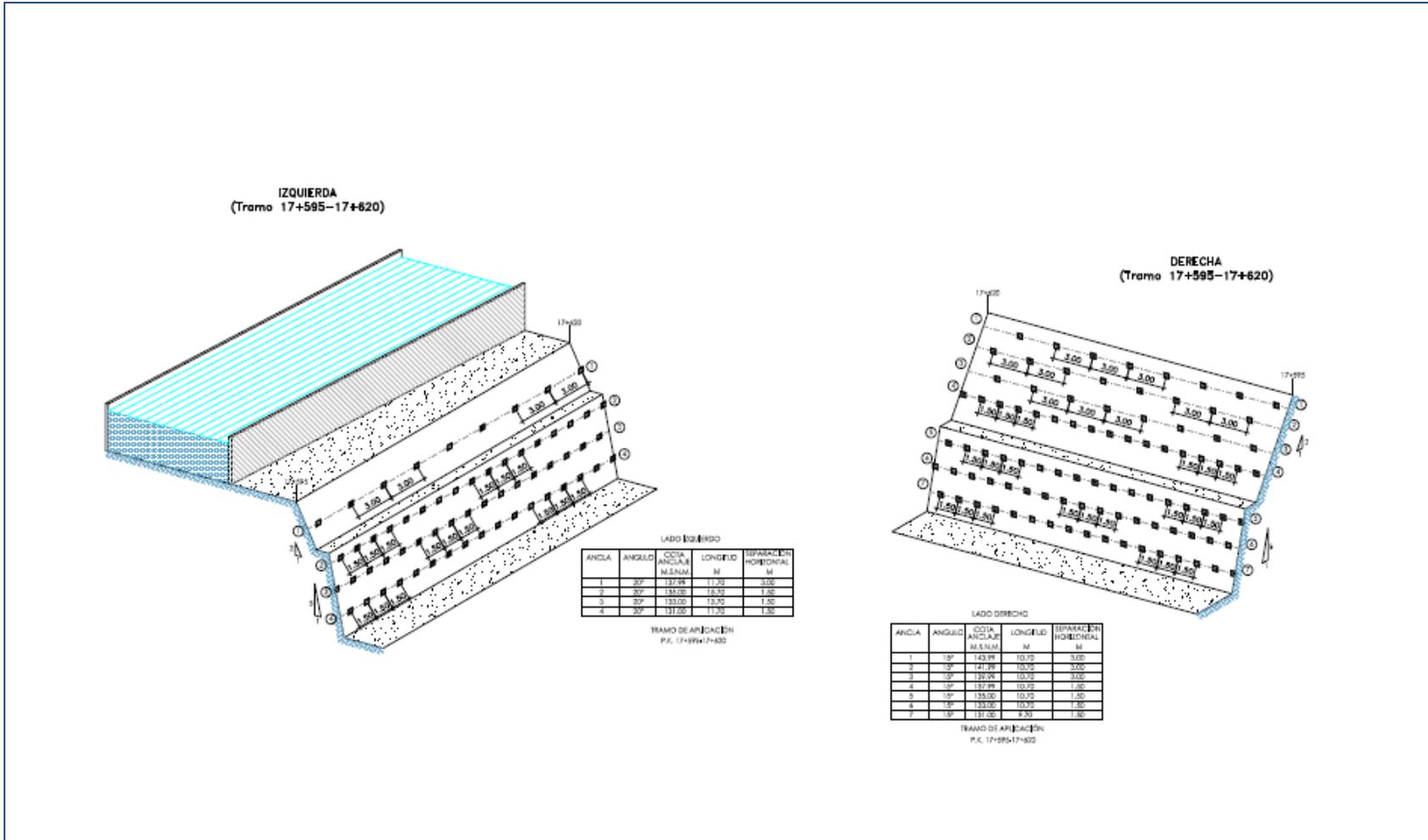
- PLANOS ANCLAJES PASIVOS Y ACTIVOS PRIMERO TRAMO- PROYECTO VÍA PARQUE RÍMAC











• RELACION DE ANCLAJES PASIVOS Y ACTIVOS –PROYECTO VÍA PARQUE RÍMAC

										TOTAL LONGITUD ANCLAJES (m)		Nº ANCLAJES
										ACTIVOS	3140	200
										PASIVOS	12560	1022
										ANCLAJES		
TRAMO	LONGITUD DEL TRAMO (m)	LADO	SECCIÓN TIPO	NIVEL DE ANCLAJE	TIPO A = Activo P = Pasivo	SEPARACION HORIZONTAL ENTRE ANCLAJES	LONGITUD / ANCLAJE	LONGITUD / BULBO	TOTAL LONGITUD ANCLAJES	Nº ANCLAJES		
unidades						m	m		m	u		
17+420 AL 17+453	33	DERECHO	1	1	P	3	11,7	-	128,70	11,00		
				2	P	3	11,7	-	128,70	11,00		
				3	P	3	10,7	-	117,70	11,00		
				4	P	3	9,7	-	106,70	11,00		
				5	P	1,5	11,7	-	257,40	22,00		
				6	P	1,5	9,7	-	213,40	22,00		
				7	P	1,5	7,7	-	169,40	22,00		
		IZQUIERDO	1	1	P	3	7,7	-	84,70	11,00		
				2	P	3	7,7	-	84,70	11,00		
				3	P	1,5	16,7	-	367,40	22,00		
				4	P	1,5	14,7	-	323,40	22,00		
				5	P	1,5	13,7	-	301,40	22,00		
									SUBTOTAL		2283,60	198,00
		17+453 AL 17+460	7	DERECHO	3	1	P	3	13,7	-	41,10	3,00
2	P					3	13,7	-	31,97	2,33		
3	P					3	13,7	-	31,97	2,33		
4	P					3	12,7	-	29,63	2,33		
5	P					1,5	11,7	-	54,60	4,67		
6	P					1,5	10,7	-	49,93	4,67		
7	P					1,5	8,7	-	40,60	4,67		
IZQUIERDO	1			1	P	3	7,7	-	17,97	2,33		
				2	P	3	7,7	-	17,97	2,33		
				3	P	1,5	16,7	-	77,93	4,67		
				4	P	1,5	14,7	-	68,60	4,67		
				5	P	1,5	13,7	-	63,93	4,67		
							SUBTOTAL		526,20	42,67		

17460 AL 17467	7	DERECHO	3	1	F	3	13,7	-	31,97	2,33
				2	F	3	13,7	-	31,97	2,33
				3	F	3	13,7	-	31,97	2,33
				4	F	3	12,7	-	29,63	2,33
				5	F	1,5	11,7	-	54,60	4,67
				6	F	1,5	10,7	-	49,93	4,67
				7	F	1,5	8,7	-	40,60	4,67
	IZQUIERDO	3	1	F	3	7,7	-	17,97	2,33	
			2	F	3	7,7	-	17,97	2,33	
			3	F	1,5	17,7	-	82,60	4,67	
			4	F	1,5	18,7	-	87,27	4,67	
			5	F	1,5	17,7	-	82,60	4,67	
			SUBTOTAL						539,07	42,00
17467 AL 17477	10	DERECHO	2	1	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				2	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				3	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				4	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				5	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				6	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				7	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
	IZQUIERDO	2	1	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			2	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			3	F	1,5	17,7	-	118,00	6,67	
			4	F	1,5	18,7	-	124,67	6,67	
			5	F	1,5	17,7	-	118,00	6,67	
			SUBTOTAL						1026,67	66,67
17477 AL 17485	8	DERECHO	3	1	F	3	13,7	-	36,53	2,67
				2	F	3	13,7	-	36,53	2,67
				3	F	3	13,7	-	36,53	2,67
				4	F	3	12,7	-	33,87	2,67
				5	F	1,5	11,7	-	62,40	5,33
				6	F	1,5	10,7	-	57,07	5,33
				7	F	1,5	8,7	-	46,40	5,33
	IZQUIERDO	3	1	F	3	7,7	-	20,53	2,67	
			2	F	3	7,7	-	20,53	2,67	
			3	F	1,5	15,7	-	83,73	5,33	
			4	F	1,5	14,7	-	78,40	5,33	
			5	F	1,5	12,7	-	67,73	5,33	
			SUBTOTAL						580,27	48,00
17485 AL 17495	10	DERECHO	2	1	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				2	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				3	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				4	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				5	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				6	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
				7	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67
	IZQUIERDO	3	1	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			2	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			3	F	1,5	15,7	-	104,67	6,67	
			4	F	1,5	14,7	-	98,00	6,67	
			5	F	1,5	12,7	-	84,67	6,67	
			SUBTOTAL						953,33	66,67
17495 AL 17495	10	DERECHO	3	1	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				2	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				3	F	3	13,7	-	45,67	3,33
				4	F	3	12,7	-	42,33	3,33
				5	F	1,5	11,7	-	78,00	6,67
				6	F	1,5	10,7	-	71,33	6,67
				7	F	1,5	8,7	-	58,00	6,67
	IZQUIERDO	3	1	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			2	F	3	7,7	-	25,67	3,33	
			3	F	1,5	15,7	-	104,67	6,67	
			4	F	1,5	14,7	-	98,00	6,67	
			5	F	1,5	12,7	-	84,67	6,67	
			SUBTOTAL						725,33	60,00

174506 AL 174515	10	DERECHO	2	1	P	3	13,7	-	45,67	3,33				
				2	P	3	13,7	-	45,67	3,33				
				3	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				4	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				5	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				6	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				7	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
	10	IZQUIERDO	3	1	P	3	7,7	-	25,67	3,33				
				2	P	3	7,7	-	25,67	3,33				
				3	P	1,5	15,7	-	104,67	6,67				
				4	P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
				5	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
							SUBTOTAL			953,33	66,67			
				174515 AL 174520	5	DERECHO	3	1	P	3	13,7	-	22,83	1,67
2	P	3	13,7					-	22,83	1,67				
3	P	3	13,7					-	22,83	1,67				
4	P	3	12,7					-	21,17	1,67				
5	P	1,5	11,7					-	39,00	3,33				
6	P	1,5	10,7					-	35,67	3,33				
7	P	1,5	8,7					-	29,00	3,33				
5	IZQUIERDO	3	1		P	3	7,7	-	12,83	1,67				
			2		P	3	7,7	-	12,83	1,67				
			3		P	1,5	15,7	-	52,33	3,33				
			4		P	1,5	14,7	-	49,00	3,33				
			5		P	1,5	12,7	-	42,33	3,33				
						SUBTOTAL			362,67	30,00				
			174520 AL 174525		5	DERECHO	3	1	P	3	13,7	-	22,83	1,67
2	P	3		13,7				-	22,83	1,67				
3	P	3		13,7				-	22,83	1,67				
4	P	3		12,7				-	21,17	1,67				
5	P	1,5		11,7				-	39,00	3,33				
6	P	1,5		10,7				-	35,67	3,33				
7	P	1,5		8,7				-	29,00	3,33				
5	IZQUIERDO	4 y 5		1	P	3	7,7	-	12,83	1,67				
				2	P	1,5	17,7	-	59,00	3,33				
				3	P	1,5	14,7	-	49,00	3,33				
				4	P	1,5	12,7	-	42,33	3,33				
							SUBTOTAL			356,90	28,33			
				174525 AL 174535	10	DERECHO	2	1	P	3	13,7	-	45,67	3,33
								2	P	3	13,7	-	45,67	3,33
3	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
4	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
5	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
6	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
7	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
10	IZQUIERDO	4 y 5	1		P	3	7,7	-	25,67	3,33				
			2		P	1,5	17,7	-	118,00	6,67				
			3		P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
			4		P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
						SUBTOTAL			941,00	63,33				
			174535 AL 174545		10	DERECHO	5	1	P	3	12,7	-	42,33	3,33
								2	P	3	13,7	-	45,67	3,33
3	P	3		12,7				-	42,33	3,33				
4	P	3		11,7				-	39,00	3,33				
5	P	1,5		11,7				-	78,00	6,67				
6	P	1,5		9,7				-	64,67	6,67				
7	P	1,5		6,7				-	44,67	6,67				
10	IZQUIERDO	4 y 5		1	P	3	7,7	-	25,67	3,33				
				2	P	1,5	17,7	-	118,00	6,67				
				3	P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
				4	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
							SUBTOTAL			683,00	56,67			
				174545 AL 174555	10	DERECHO	4	1	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67
								2	P	3	12,7	-	42,33	3,33
3	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
4	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
5	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
6	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
7	A	1,5	15,7					9,5	104,67	6,67				
10	IZQUIERDO	4 y 5	1		P	3	7,7	-	25,67	3,33				
			2		P	1,5	17,7	-	118,00	6,67				
			3		P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
			4		P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
						SUBTOTAL			976,67	66,67				

17+555 AL 17+565	10	DERECHO	5	1	P	3	12,7	-	42,33	3,33				
				2	P	3	13,7	-	45,67	3,33				
				3	P	3	12,7	-	42,33	3,33				
				4	P	3	11,7	-	39,00	3,33				
				5	P	1,5	11,7	-	78,00	6,67				
				6	P	1,5	9,7	-	64,67	6,67				
				7	P	1,5	6,7	-	44,67	6,67				
		IZQUIERDO	4 Y 5	1	P	3	7,7	-	25,67	3,33				
				2	P	1,5	17,7	-	118,00	6,67				
				3	P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
				4	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
				SUBTOTAL				683,00	56,67					
17+565 AL 17+575	10	DERECHO	4	1	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
				2	P	3	12,7	-	42,33	3,33				
				3	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				4	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				5	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				6	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
				7	A	1,5	15,7	9,5	104,67	6,67				
		IZQUIERDO	4 Y 5	1	P	3	7,7	-	25,67	3,33				
				2	P	1,5	17,7	-	118,00	6,67				
				3	P	1,5	14,7	-	98,00	6,67				
				4	P	1,5	12,7	-	84,67	6,67				
								SUBTOTAL				976,67	66,67	
				17+575 AL 17+595	20	DERECHO	5	1	P	3	12,7	-	84,67	6,67
								2	P	3	13,7	-	91,33	6,67
3	P	3	12,7					-	84,67	6,67				
4	P	3	11,7					-	78,00	6,67				
5	P	1,5	11,7					-	156,00	13,33				
6	P	1,5	9,7					-	129,33	13,33				
7	P	1,5	6,7					-	89,33	13,33				
IZQUIERDO	4 Y 5	1	P			3	7,7	-	51,33	6,67				
		2	P			1,5	17,7	-	236,00	13,33				
		3	P			1,5	14,7	-	196,00	13,33				
		4	P			1,5	12,7	-	169,33	13,33				
						SUBTOTAL				1366,00	113,33			
		17+595 AL 17+620	25			4 Y 5	6	1	P	3	10,7	-	89,17	8,33
								2	P	3	10,7	-	89,17	8,33
3	P			3	10,7			-	89,17	8,33				
4	P			1,5	10,7			-	178,33	16,67				
5	P			1,5	10,7			-	178,33	16,67				
6	P			1,5	10,7			-	178,33	16,67				
7	P			1,5	9,7			-	161,67	16,67				
IZQUIERDO	6			1	P	3	11,7	-	97,50	8,33				
				2	P	1,5	15,7	-	261,67	16,67				
				3	P	1,5	13,7	-	228,33	16,67				
				4	P	1,5	11,7	-	195,00	16,67				
								SUBTOTAL				1746,67	150,00	

		SONDEO DIAMANTINO REGISTRO GEOLOGICO Y GEOTECNICO				SONDEO N° 5-LA-3									
PROYECTO: Via Express Lima Arequipa CLIENTE: S&Z Consultores Asociados S.A UBICACION: Margen derecha del Rio Rímac, Paredón Norte EMPALZAMIENTO DEL SONDEO: COORDENADAS: 770461.56 E - 1067945.92 N COTA TERRENO: 100.877 m s.n.m. SISTEMA DE COORDENADAS: WGS84					REGISTRADO POR: SACP REVISADO POR: CEP PROFUNDIDAD: 14.85 m INCLINACION: 0° 00' NIVEL PRELIMINAR: 0.00 m FECHA DE EJECUCION: 21/08/19 FECHA DE FINALIZACION: 23/08/19										
PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y BAVAMENTO DE PERFORACION	TIPO Y BAVAMENTO DE REVESTIMIENTO	TUBO PERFORADO	INSTRUMENTOS	% AGUA DE RETENIDO	N° DE CALAS	PERFIL GEOLOGICO	UNOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	UNIDAD GEOLOGICA	RECUPERACION (%)	AGUA (%)	TIPO Y N° DE ENSAYO	TUBO DE ENSAYO m	PERMEABILIDAD cm/s
10.8											0 21 36 51 66	0 21 36 51 66			
11.0	DIAMANTINA				85%	3		GN	8.76 m - 11.08 m Grava predominantemente de roca intrusiva mal clasificada con limo-arenas, flocos de plasticidad media. Arenas, finas, raramente sueltas, saturadas, color marfil amarillado. Los gravos de forma subredondeada. T _{max} = 2.5°, abastecimiento bologno. T _{max} = 4.5°. Bolas = 15%, Gravas = 65%, Arenas = 18%, Flocos = 15%.	Q _{flv}					
11.2						GN		11.08 m - 12.86 m Grava predominantemente de roca intrusiva mal clasificada con limo-arenas y arenas. Arenas de mediana plasticidad, evidentemente compactas, saturadas, color marfil amarillado. Los gravos de forma subredondeada. T _{max} = 2°, abastecimiento bologno. T _{max} = 4°. Bolas = 23%, Gravas = 58%, Arenas = 8%, Flocos = 20%.	ENSAYO N° 14, DIF. SUPRAC. - NIVEL CONSTANTE				11.82	1.41E-03	
13.2					85%	12 m		GP-GM	12.85 m - 14.85 m Arenas y grava predominantemente de roca intrusiva mal clasificada con limo-arenas, flocos de mediana plasticidad, evidentemente compactas, saturadas, color marfil amarillado. Los gravos de forma subredondeada a subredondeada. T _{max} = 2.5°, bologno. T _{max} = 10°. Bolas = 30%, Gravas = 40%, Arenas = 28%, Flocos = 2%.				ENSAYO N° 08, TIPO SUPRAC. - NIVEL CONSTANTE	14.31 - 14.34	2.16E-03
14.85					14.85										
15.2															
16.0															
17.0															
18.0															
19.0															
20.0															
LEYENDA										OBSERVACIONES					
Q - G _{flv} CLASIFICACION FLUIDA  NIVEL PRELIMINAR										 Grava de roca mal clasificada con algunos bolones  Dista de roca con algunos bolones y contenido porcentajal de flocos					

		SONDEO DIAMANTINO REGISTRO GEOLOGICO Y GEOTECNICO				SONDEO N° 5-LA-4										
PROYECTO: Vía Expresa Lima Arequipa CLIENTE: SA Z Concreto Asociados S.A. UBICACION: Camino del Rio Seco - Pampa Ricardo Palma (Av. Alameda) EMPLAZAMIENTO DEL SONDEO: COORDENADAS: 77904209 E 966749312 N ELEVA TERRENO: 104.129 m s n m SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84					REGISTRADO POR: SACP REVISADO POR: CUPP PROFUNDIDAD: 11.30 m INCLINACION: -0° NIVEL PREVIATO: 1.71 m FECHA DE PERFO: 20/02/20 FECHA DE FINALIZACION: 19/03/20											
PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	TIPO Y DIAMETRO DE REFORZAMIENTO	TIPO DE REFORZAMIENTO	NIVEL PREVIATO	% AGUA DE RETORNO	N° DE CILINDROS	FEERTIL GEOLOGICO	USOS	DESCRIPCION LITOLOGICA	UNIDAD GEOLOGICA	REGISTRACION (m)	FOCOSA (m)	TIPO Y N° DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO (m)	FORMULACION (m)	
0.00											0 25 50 75 100	0 25 50 75 100				
1.00									9.08 m - 6.58 m Grava de roca intrusiva mal clasificada con arena y limo. Tipo de baja plasticidad. Bandas ocasionales de conchales, vag. humedades, color rosado claro. Las gravas son de forma subredondeada (Tmax. 2.5"), en pequeña proporción (bolasas: Titas = 10%, bolotas = 15%, gravas = 50%, arenas = 10%, Fines = 10%).	Q-8V						
1.50																
2.00																
2.50																
3.00																
3.50																
4.00																
4.50																
5.00																
5.50																
6.00																
6.50																
7.00																
7.50																
8.00																
8.50																
9.00																
9.50																
10.00																
10.50																
11.00																
11.30																
EXTENSA									OBSERVACIONES: En los cilindros (CCT) se tomaron los bolotas							
Q-8V: CUATERNARIO TERTIAL NIVEL PREVIATO									 Grava de roca mal clasificada con algunas bolotas Grava con algunas bolotas y con mucha porcentajes de fines							

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC - NIVEL CONSTANTE		UNPE S.A.S.
PROYECTO: Vía Expresa Línea Arequipa		PROF. DE ENSAYO DE: E.28 A 5.08 m
UNIDAD MINERA:		FECHA: 25/08/2016 De (MCO) 16:00 PM 16:30
CLIENTE: A & Z Construcción Arequipa S.A.		LITOLOGÍA DEL TRAMO: Grava con arena limosa
		ENSAYO N°: 2

ENSAYO REALIZADO		TIPO DE ENSAYO	
Detalle de la N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	Infiltración	<input type="checkbox"/>
Arbo de la N.F.	<input type="checkbox"/>	Rebato	<input checked="" type="checkbox"/>
Can Arbo de la N.F.	<input type="checkbox"/>	Empuje	<input type="checkbox"/>
		Rebajamiento	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE LAS MEDIDAS			
Rebajamiento	Clasificación	<input type="checkbox"/>	
	Altimétrica	<input type="checkbox"/>	
	Revelamiento	<input type="checkbox"/>	
Hilómetro		<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba		<input type="checkbox"/>	

C'	0,10 m	C''	0,27 cm
L	20,00 cm	h'	76,00 cm
L'	0,00 m	h''	0,00 cm

TIPO DE ENSAYO: Infiltración Constante

Orden	Hidrom.	Alt. (cm)
0	102,00	
1	104,70	2,70
2	105,10	3,10
3	105,00	3,00
4	105,10	3,10
5	105,00	3,00
6	105,10	3,10
7	105,10	3,10
8	105,10	3,10
9	105,10	3,10
10	105,10	3,10
11	105,10	3,10
12	105,10	3,10
13	105,10	3,10
14	105,10	3,10
15	105,10	3,10
16		
17		
18		
19		

Z_0 - PROFUNDIDAD DEL AGUA EN EL MANTENIMIENTO: 0,28 cm

h_0 - h_1 - h_2 - SOBRECARGA DE AGUA INICIAL: 0,27 cm

H - SOBRECARGA HIDRÁULICA FINAL: 0,27 cm

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

SJE 1		SJE 2	
L	ΔQ	L	ΔQ
8	0	15	0
8	14,8	15	14,8

	a	b	c
K	0,81E-03 cm/s	2,92E-03 cm/s	2,16E-03 cm/s
K	0,00E+00 cm/s	0,00E+00 cm/s	2,16E-03 cm/s

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CÁLCULO DEL CARGA Q:

Nivel Variable: $Q = \frac{\pi d^2}{4 \times 60} \times \frac{(H^2 - h^2)}{(L - l)}$ cm³/seg

Nivel Constante: $Q = 248,99$ cm³/seg

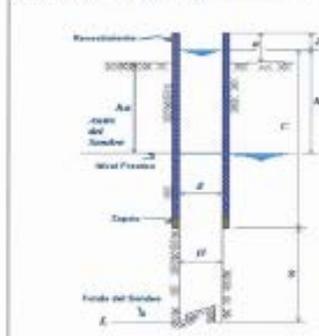
CÁLCULO DE K:

$\cos 3,0^\circ = 0 \quad K = \frac{Q}{L(2H - h)}$ a
 $\cos 3,0^\circ = 2 \quad K = \frac{Q}{L(2H - h) \sqrt{\frac{2H}{L} + 1}}$ b
 $\cos 3,0^\circ = 2 \quad K = \frac{Q}{L} \ln \left(\frac{L}{d} \right) / 2 \pi H S$ c

$S = 0 = 5,21$

K (NIVEL VARIABLE) = 0,81E-03 cm/s

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC - NIVEL CONSTANTE			ONLINE S.A.C.	
PROYECTO: Via Expresa Lima-Ancash		PROF DEL ENSAYO DE: J.S. A. J.M. M.	BOLETO N° 3-14-J	
UNIDAD MIDER: S.A. Z. Comercio Asociado SA		FECHA: 08/06/2018	H. (DICC): 21:00	H.V: 21:50
CLIENTE: S.A. Z. Comercio Asociado SA		LITOLOGÍA DEL TRAZO: Grava con arena finas	ENSAYO N° 1	



ENSAYO REALIZADO		TIPO DE ENSAYO	
Debajo de la N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	Infusión	<input type="checkbox"/>
Arriba de la N.F.	<input type="checkbox"/>	Rechazo	<input checked="" type="checkbox"/>
Con Admisión	<input type="checkbox"/>	Recuperación	<input type="checkbox"/>
		Rebajamiento	<input type="checkbox"/>

CONEXIONES DE LAS MEDIDAS			
Rebajamiento	}	Cilindro	<input type="checkbox"/>
		Módulo - cm	<input type="checkbox"/>
		Revolución	<input type="checkbox"/>
Hidrometro			<input checked="" type="checkbox"/>
Probeta			<input type="checkbox"/>

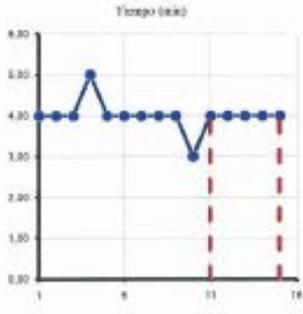
Zw = PROFUNDIDAD DEL AGUA EN EL TUBO DE ENSAYO	0,00	cm
Za = h ₁ + h ₂ = SOBRECARGA DE AGUA EN TUBOS	155,00	cm
Zr = SOBRECARGA EMBUDO CUALQUIERA	155,00	cm

TIPO DE ENSAYO: Tallas Carga Constante		
t (min)	Hidrom. (cm)	h ₁ (cm)
0	21060,00	4,00
1	21064,00	4,00
2	21069,00	4,00
3	21072,00	4,00
4	21075,00	2,00
5	21071,00	4,00
6	21062,00	4,00
7	21059,00	4,00
8	21053,00	4,00
9	21050,00	4,00
10	21100,00	2,00
11	21104,00	4,00
12	21108,00	4,00
13	21112,00	4,00
14	21116,00	4,00
15	21120,00	4,00
16		
17		
18		
19		

NIVEL VARIABLE $h = \frac{h_1 - h_2}{2} = \dots$ cm $h^2 - h_1^2 = \dots$ cm²

NIVEL CONSTANTE $h = h_0 = \dots$ 155,00 cm $2h - Z_0 = \dots$ cm

REPRESENTACION GRAFICA



E.E. 1		E.E. 2	
t	h-Q	t	h-Q
11	0	15	8
11	4	15	4

	a	b	c
K	6,77E-03	2,00E-03	2,18E-03
	cm/s	cm/s	cm/s
K	0,99E+06	0,99E+06	2,16E-03
	cm/s	cm/s	cm/s

K = 2,16E-03 cm/s

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD			
ESLEJO DEL CÁMBIL Q		ESLEJO DE z	
Nivel Variable	$q = \frac{\pi a^2}{4 \times 60} k \frac{(Z_0 - Z_1)}{(Z_0^2 - Z_1^2)} = \dots$ cm ³ /seg	{	$\cos 2\theta = 0$ $K = \frac{Q}{(2aH^2)}$ a
Nivel Constante	$q = \dots$ 62,33 cm ³ /seg		$\cos 5/\theta = 2$ $K = \frac{Q}{(2aH^2) \sqrt{(25/35 + 1)}}$ b
			$\cos 5/\theta > 2$ $K = \frac{Q \ln \left(\frac{5}{25} \right)}{2aH^2}$ c
5-θ = 3,21		K (NIVEL VARIABLE) = ... cm/s	
Usa: z		K (NIVEL CONSTANTE) = ... 2,15E-03 cm/s	

- FOTOS DE CAJAS DE MUESTRAS (SONDEO S-LA-3) –PROYECTO VIA PARQUE RIMAC

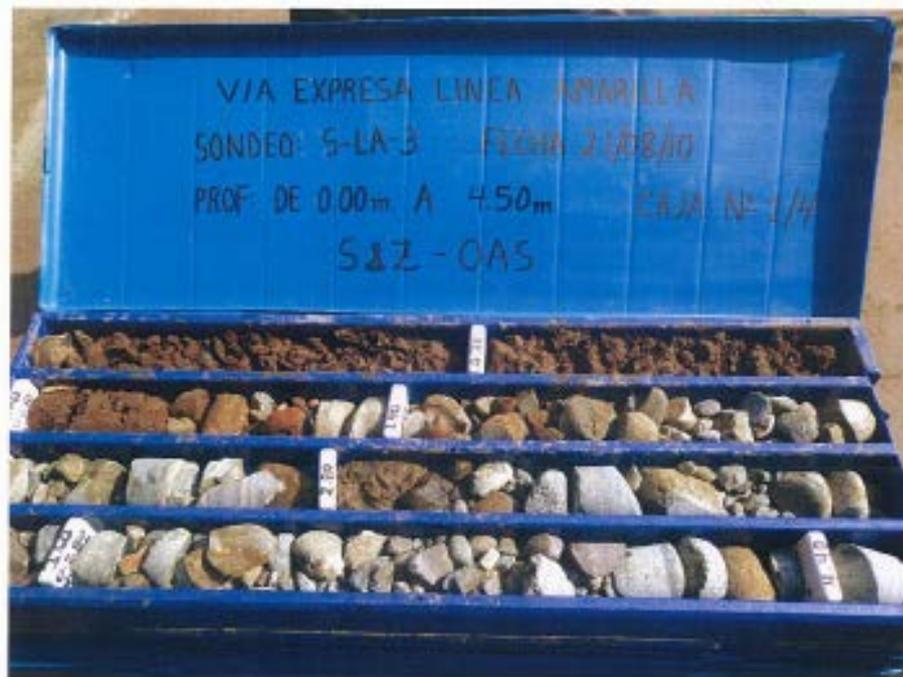


FOTO N° 1 VISTA DE LA CAJA 1/4 DEL SONDEO S-LA-3



FOTO N° 2 VISTA DE LA CAJA 2/4 DEL SONDEO S-LA-3



FOTO N° 3 VISTA DE LA CAJA 3/4 DEL SONDEO S-LA-3

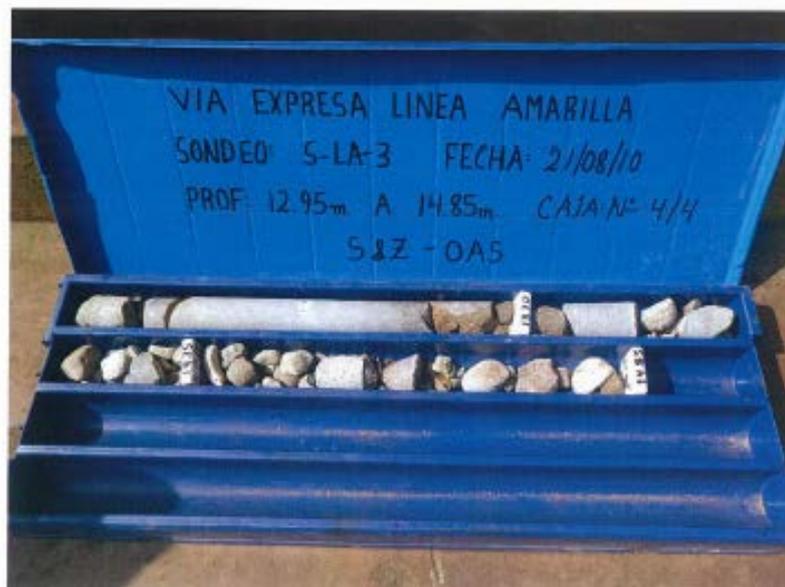


FOTO N° 4 VISTA DE LA CAJA 4/4 DEL SONDEO S-LA-3

- **FOTOS DE CAJAS DE MUESTRAS (SONDEO S-LA-4) –PROYECTO VIA PARQUE RIMAC**



FOTO N° 5 VISTA DE LA CAJA 1/4 DEL SONDEO S-LA-4

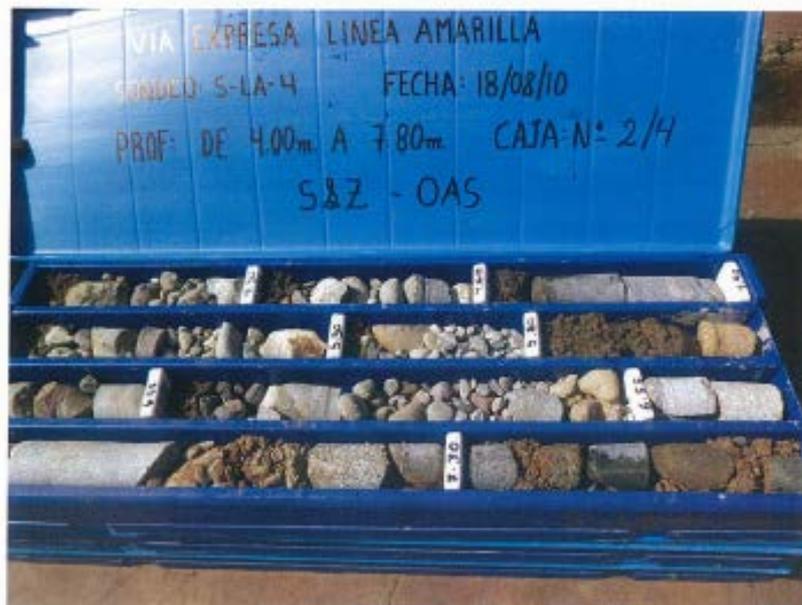


FOTO N° 6 VISTA DE LA CAJA 2/4 DEL SONDEO S-LA-4



FOTO N° 7 VISTA DE LA CAJA 3/4 DEL SONDEO S-LA-4



FOTO N° 8 VISTA DE LA CAJA 4/4 DEL SONDEO S-LA-4