

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



**ANALISIS DE RENDIMIENTOS Y PRODUCTIVIDAD DE MUROS DE
SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL EN TERRAPLENES
CONFINADOS - PROYECTO TREN ELECTRICO.**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RONALD ARI HUANCA

Lima- Perú

2013

	Pág.
RESUMEN	2
LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	7
1.1 PROYECTO TREN ELÉCTRICO: LÍNEA 1 – TRAMO 2	7
1.2 MURO DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL	12
1.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MUROS DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL	18
1.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE MUROS DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL	19
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE EJECUCIÓN DEL MURO DE SUELO REFORZADO	30
2.1 PRODUCTIVIDAD	30
2.2 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD TEÓRICO, META Y REAL ACUMULADO	31
2.3 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS CON EL MÉTODO TRADICIONAL	37
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS COSTOS REALES DE EJECUCIÓN DEL MURO DE SUELO REFORZADO	42
3.1 PRECIOS UNITARIO	42
3.2 PRECIOS UNITARIOS TEÓRICO Y REAL DE EJECUCIÓN	42
3.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DIRECTOS CON EL MÉTODO TRADICIONAL	48
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1 CONCLUSIONES	51
4.2 RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

RESUMEN

Como parte del proyecto del Tren Eléctrico, línea 1 tramo 2, se tiene considerado la construcción de un patio de maniobras y la cola vía ambos ubicados al final de la línea, a la altura de la intersección de la Av. Próceres de la independencia y la Av. Héroes del Cenepa, para lo cual se tienen que ejecutar terraplenes confinados de 400.00m y 120.00m de longitud respectivamente.

Estos terraplenes confinados fueron ejecutados empleando la tecnología de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, que consiste en un sistema formado por suelo y elementos de refuerzo sintético, geomallas plásticas, insertados en el mismo con la finalidad de absorber los esfuerzos de tensión y minimizar las deformaciones, además de un paramento frontal conformado por bloques prefabricados de concreto.

La ejecución de los muros de suelo reforzado comprende la ejecución de una losa de nivelación para asegurar la estabilidad y nivelación del paramento frontal, que será levantada de forma similar a un muro de albañilería, en paralelo a la conformación del relleno granular, en capas de 0.20m de espesor hasta alcanzar el 95% del P.M, que de acuerdo a su ubicación se podrá conseguir empleando equipos tipo vibroapisonadores de hasta 1 ton y rodillos lisos vibrocompactadores de 2ton hasta 12 ton de capacidad. Por otro lado cada 3 capas o según indique el diseño se instalarán las geomallas de refuerzo sintético.

Para estos trabajos de ejecución del paramento frontal de bloques prefabricados y la instalación de la geomalla de refuerzo sintético serán ejecutadas de forma manual, por lo que en el presente informe se analizará su índice de productividad teórico, meta y el real obtenido durante la ejecución de los trabajos, así como los precios unitarios teóricos y reales de las partidas correspondientes a estos trabajos.

Con ello se verificará que la ejecución de terraplenes confinados con muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, requiere un menor plazo y un menor costo directo de ejecución que con el sistema tradicional de muros de concreto armado.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1.1 Granulometría del Material de Relleno.	14
Cuadro N°1.2 Propiedades de la Geomalla Mac-Grid WG.	15
Cuadro N°1.3 Granulometría de Material de Filtro.	16
Cuadro N°1.4 Empotramiento de muro de suelo reforzado.	19
Cuadro N°2.1 Registro diario del avance del muro de suelo reforzado – cola de vía.	33
Cuadro N°2.2 Registro semanal del avance del muro de suelo reforzado – cola de vía.	34
Cuadro N°2.3 Registro de productividad promedio para el relleno granular en la cola de vía.	37
Cuadro N°2.4 Cuadro de dimensiones según la altura del relleno.	38
Cuadro N°2.5 Cuadro de metrados para los muros de contención de concreto armado.	38
Cuadro N°2.6 Cuadro de índices de productividad para muros de contención.	39
Cuadro N°2.7 Cuadro de días necesarios para la ejecución de muros de contención.	40
Cuadro N°2.8 Cuadro de días necesarios para la ejecución del relleno granular.	40
Cuadro N°3.1 Precio Unitario Teórico de las partidas para el muro de suelo reforzado.	43
Cuadro N°3.2 Precio Unitario Teórico del relleno con material de filtro por metro cuadrado de Muro de suelo reforzado.	44
Cuadro N°3.3 Precio Unitario Teórico de Instalación de Geomalla UX 1600 MSE por metro cuadrado de muro de suelo reforzado.	45
Cuadro N°3.4 Mano de obra real para la ejecución del muro de suelo reforzado –Cola de Vía.	46
Cuadro N°3.5 Precio Unitario Real de las partidas para el muro de suelo reforzado.	47
Cuadro N°3.6 Reducción del Costo Directo por la optimización de la mano de obra.	48

Cuadro N°3.7	Metrados a considerar para los muros de contención – Cola de Vía.	48
Cuadro N°3.8	Cuadro de dimensiones según la altura del relleno.	49
Cuadro N°3.9	Precio Unitario Real de las partidas para muro de concreto armado.	50
Cuadro N°3.10	Comparación de Costos Directos entre el MSR y el MCA.	50

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura N°1.1	Proyecto Tren Eléctrico: Línea 1 – Tramos 2 – Ubicación.	7
Figura N°1.2	Patio de Maniobras – Ubicación.	8
Figura N°1.3	Patio de Maniobras – Ubicación de muro de suelo reforzado.	9
Figura N°1.4	Patio de Maniobras – Ubicación de muro de suelo reforzado.	10
Figura N°1.5	Cola de Vía – Ubicación.	11
Figura N°1.6	Cola de Vía – Perfil de muro de suelo reforzado y muro de contención de concreto armado.	11
Figura N°1.7	Cola de Vía – Elevación de muro de suelo reforzado.	12
Figura N°1.8	Muro de suelo reforzado - Composición.	13
Figura N°1.9	Muro de suelo reforzado – Bloques de concreto Mac-Wall.	17
Figura N°1.10	Muro de suelo reforzado – Pin de Anclaje.	18
Figura N°1.11	Muro de suelo reforzado – Secciones típicas de Excavaciones.	20
Figura N°1.12	Muro de suelo reforzado – Losa de Nivelación.	20
Figura N°1.13	Muro de suelo reforzado – Detalle de Calzadura.	21

Figura N°1.14	Muro de suelo reforzado – Colocación de Bloques de Concreto.	22
Figura N°1.15	Muro de suelo reforzado – Colocación de Pines de Anclaje.	23
Figura N°1.16	Muro de suelo reforzado –Detalle típico de relleno de alveolos.	23
Figura N°1.17	Muro de suelo reforzado – Detalle de relleno de concreto en alveolos.	24
Figura N°1.18	Muro de suelo reforzado – Detalle de colocación de Geomalla Mac-Grid.	25
Figura N°1.19	Muro de suelo reforzado – Detalle de traslape en Geomalla Mac-Grid.	25
Figura N°1.20	Muro de suelo reforzado – Compactación con equipo pesado.	27
Figura N°1.21	Muro de suelo reforzado – Compactación con equipo mediano.	27
Figura N°1.22	Muro de suelo reforzado – Colocación de Filtro.	28
Figura N°1.23	Muro de suelo reforzado – Ubicación de Filtro y Geotextil.	29
Figura N°1.24	Muro de suelo reforzado – Colocación de Filtro y Geotextil.	29
Figura N°2.1	Índices de Productividad – Cola de Vía.	34
Figura N°2.2	Curva S del avance del relleno granular compactado en la cola de Vía.	36
Figura N°2.3	Sección típica del Muro de Contención de Concreto para cola de vía.	37
Figura N°2.4	Cronograma Comparativo de ambas alternativas de conformación de terraplenes confinados.	41
Figura N°3.1	Sección típica del Muro de Contención de Concreto para cola de vía.	49

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se realizará un análisis del sistema constructivo de conformación de terraplenes confinados con muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, que se ha ejecutado como parte del proyecto del Tren Eléctrico, línea 1 – tramo 2.

El objetivo general del presente informe es establecer la ejecución de muros de suelo reforzado como una solución rentable en la ejecución de terraplenes confinados en proyectos de corto plazo, asimismo se tiene los siguientes objetivos específicos:

- Verificar los plazos reales de ejecución de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, mediante el análisis de los índices de productividad reales obtenidos en el proyecto del Tren Eléctrico.
- Verificar los menores costos directos de ejecución de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, sobre el sistema tradicional con muros de contención de concreto armado.
- Describir el procedimiento de ejecución de muros de suelo reforzado, aplicado en el proyecto del Tren Eléctrico.

Para ello se ha desarrollado un informe conformado por cuatro capítulos que permitirán esquematizar el desarrollo de la metodología constructiva que se emplea en desarrollo del sistema, el análisis de rendimientos, índices de productividad y costos directos reales obtenidos durante la ejecución de la cola de vía como parte de los alcances del proyecto del Tren Eléctrico, línea 1 – tramo 2.

En el capítulo 1, se describirá el procedimiento constructivo del sistema no tradicional de estabilización y refuerzo de taludes empleando muros de suelo reforzado, que gracias al desarrollo de los refuerzos plásticos o geosintéticos su empleo para la conformación de terraplenes confinados de pared vertical se hace más frecuente.

En los capítulos 2 y 3 se analizará los índices de productividad y costos directos reales, respectivamente a fin de señalar sus ventajas sobre el sistema tradicional mediante muros de contención de concreto armado.

En el capítulo 4 se indicará las conclusiones y recomendaciones a considerar para garantizar los índices de productividad y costos directos señalados.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 PROYECTO TREN ELECTRICO: LINEA 1 – TRAMO 2

El Proyecto de Ejecución de las Obras Civiles y Electromecánicas del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima Callao Línea 1 - Tramo 2, conocido también como proyecto del Tren Eléctrico, a cargo del Consorcio Tren Eléctrico conformado por las empresas Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción y Graña y Montero, permitirá completar la primera línea del Metro de Lima que va desde Villa el Salvador hasta la Av. Grau en el centro de Lima y de ahí hasta San Juan de Lurigancho.

La Línea 1 – Tramo 2 se extiende desde la Av. Grau y termina en la cola de vía de la Estación Bayóvar en San Juan de Lurigancho con 12,40 Km de viaducto elevado, 10 estaciones de pasajeros, 2 puentes especiales, 4 subestaciones eléctricas y un patio de maniobras, atravesando 3 distritos: Cercado de Lima, El Agustino y San Juan de Lurigancho.



Figura N°1.1.- Proyecto Tren Eléctrico: Línea 1 – Tramos 2 – Ubicación.

1.1.1 PATIO DE MANIOBRAS

El patio de maniobra ha sido proyectado al final del tramo 2, entre las intersecciones de las avenidas Próceres de la Independencia y Héroes del Cenepa, ocupando un área aproximada de 36, 292.85m², como un centro de aparcamiento y mantenimiento auxiliar, por lo que está conformado por una zona de edificaciones técnicas y administrativas, y una zona de maniobra de trenes.

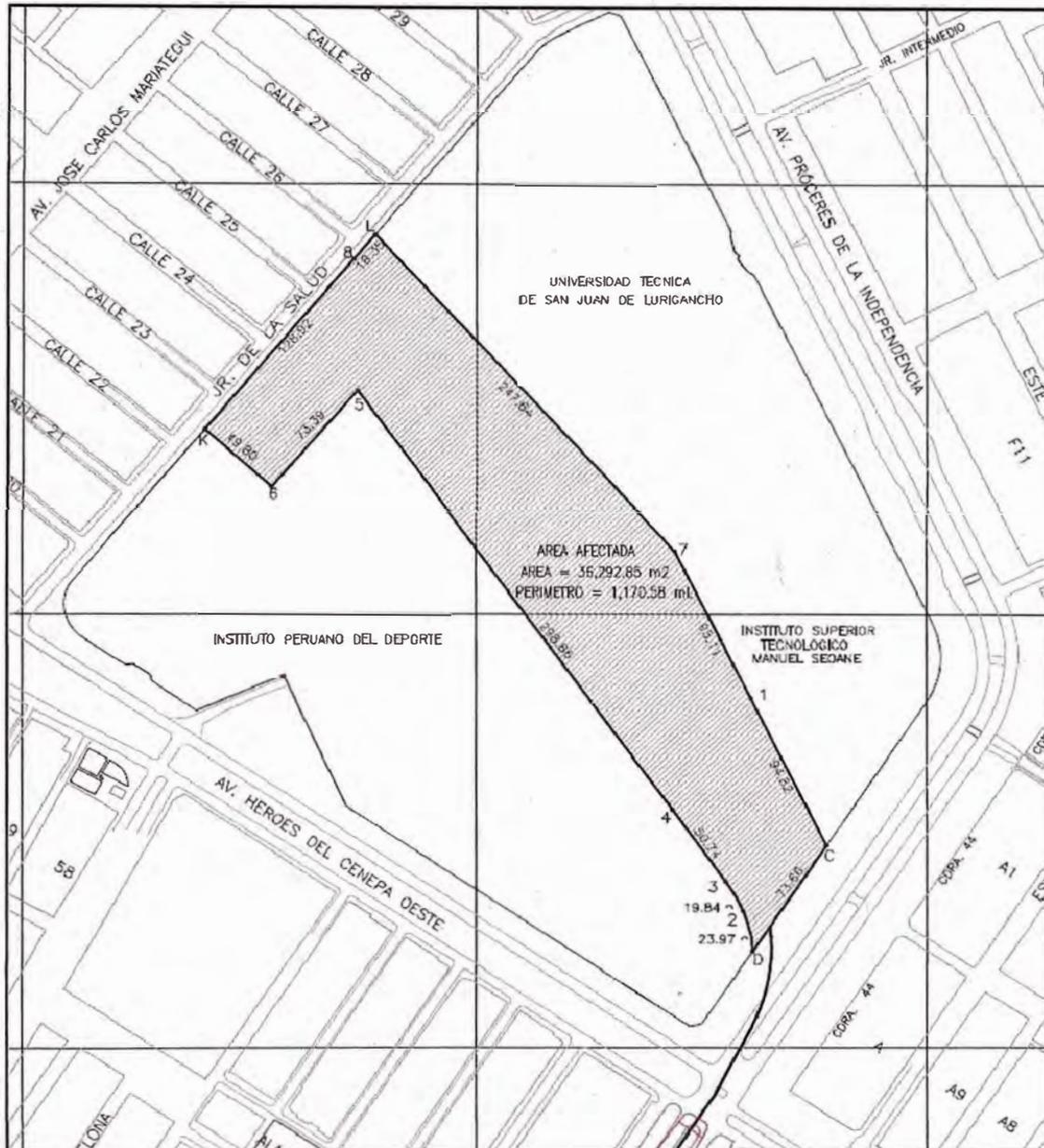


Figura N°1.2.- Patio de Maniobras – Ubicación.

La zona de maniobra de trenes a la cual llega el viaducto elevado, se desarrolla sobre un terraplén de casi 6.00m de altura y 18,000.00m² de área superficial, contenido por muros de contención de concreto y un muro de suelo reforzado tipo Mac-Wall, para el lado adyacente al Instituto Peruano de Deporte.

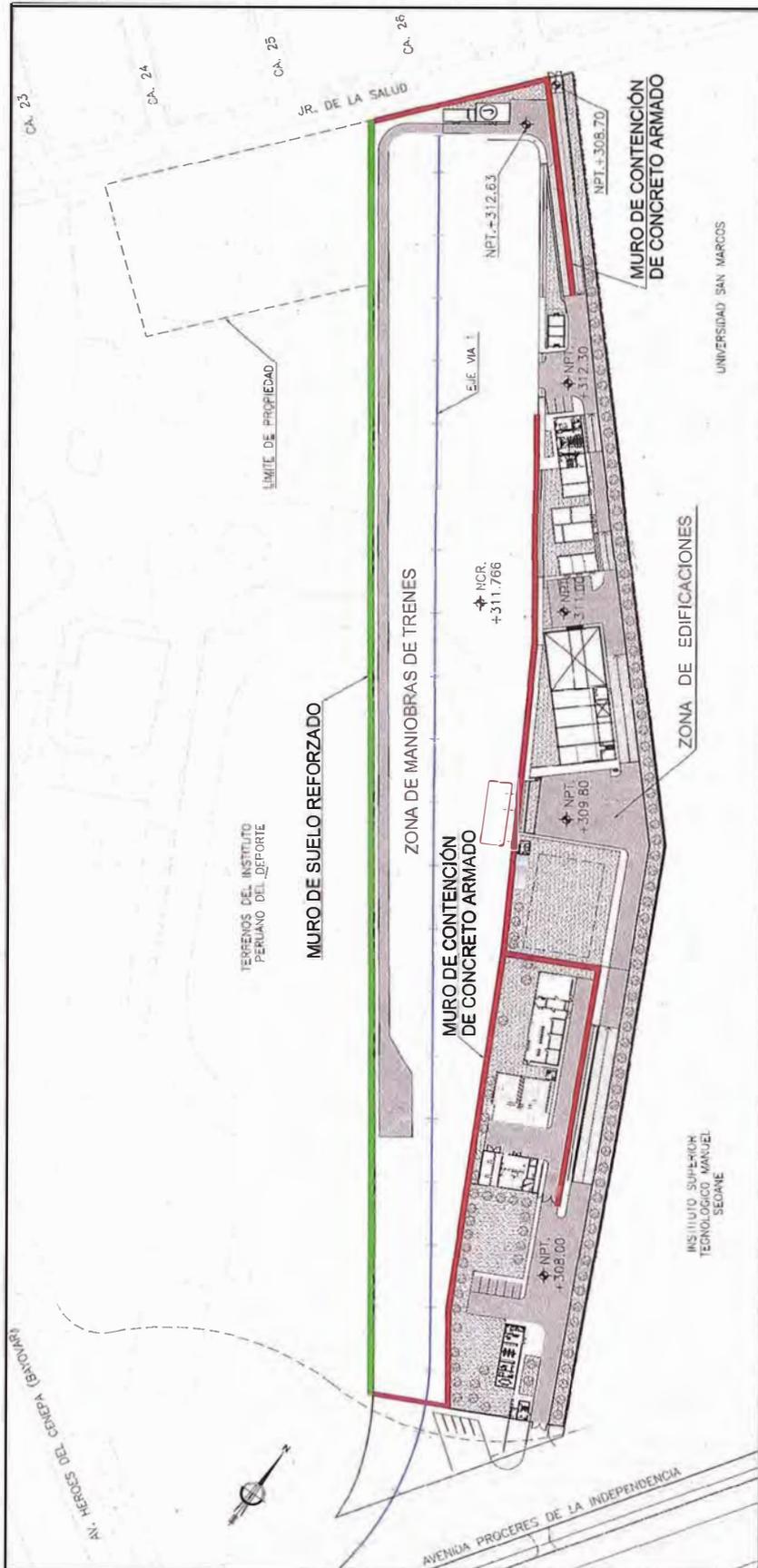


Figura N°1.3.- Patio de Maniobras – Ubicación de muro de suelo reforzado.

El muro de suelo reforzado del patio de maniobras, definido en un solo alineamiento, con una longitud aproximada de 400m de longitud, levantada sobre un terreno con una topografía variable, ascendente hacia la parte interna, hace que se considere tres muros de alturas iguales a 6.00m, 6.80m y 7.20m, pero con un solo nivel superior de tope.

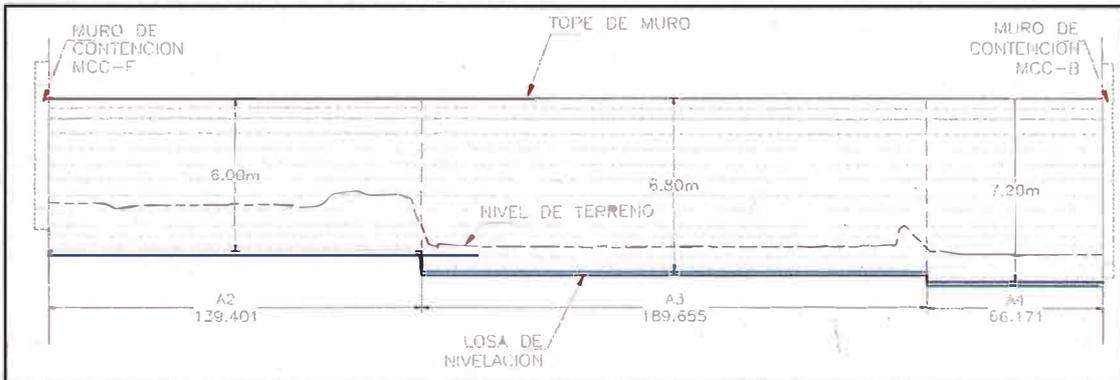


Figura N°1.4.- Patio de Maniobras – Elevación de muro de suelo reforzado.

1.1.2 COLA DE VÍA

La cola de vía ubicada en la cuadra 44 de la Av. Próceres de la Independencia, es un área al final de la línea 1, que permite el retorno de los trenes y a su vez cumple la función de estacionamiento de los trenes ya sea a corto tiempo o nocturno mientras no haya servicio, está conformado por un sistema de dos vías férreas, y andenes de acuerdo a las necesidades y reglamentación vigente.

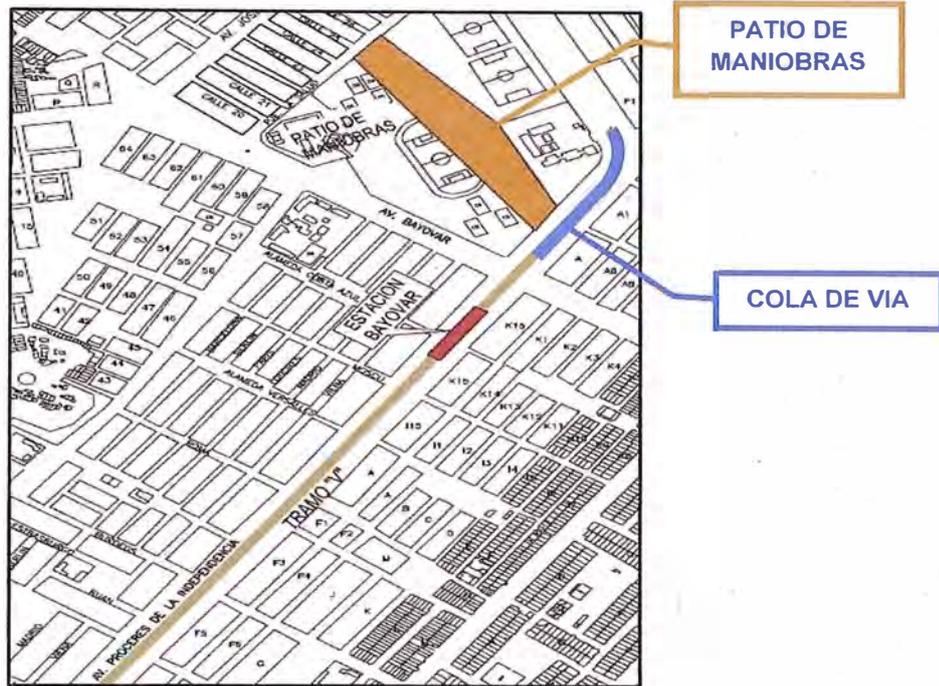


Figura N°1.5.- Cola de Vía – Ubicación.

La cola de vía tiene como inicio la progresiva 33+721.525 del eje de la vía permanente y debido a la diferencia de cotas entre el terreno natural y el viaducto elevado, se deberán hacer rellenos con material selecto y compactado contenido con dos tipos de muros, el primero es un muro de suelo reforzado tipo Mac-Wall, para el tramo recto y continúa con muros de contención de concreto en el tramo curvo y la zona de corte, puesto la cola de vía va perdiendo altura respecto al nivel de terreno natural hacia el final de la vía.

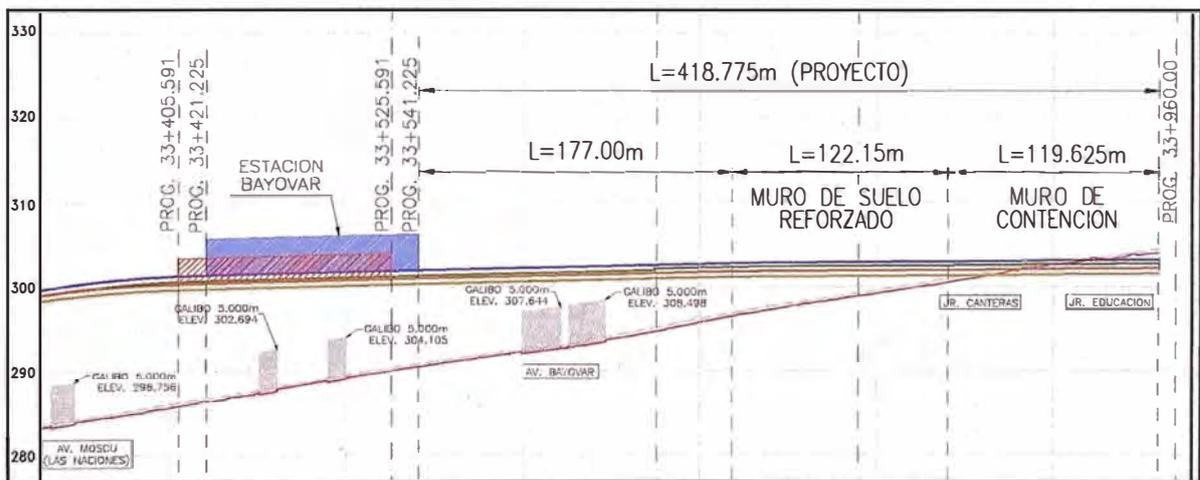


Figura N°1.6.- Cola de Vía – Perfil de muro de suelo reforzado y muro de contención de concreto armado.

Para el caso de la cola de vía, el diseño geométrico de la vía permanente, y la topografía del terreno natural, el muro de suelo reforzado proyectado en dos alineamientos casi paralelos, con 118.51m de longitud cada una, quedo definido en 19 segmentos de alturas variables, entre 2.60m y 6.40m, tal como se observa en la siguiente elevación.

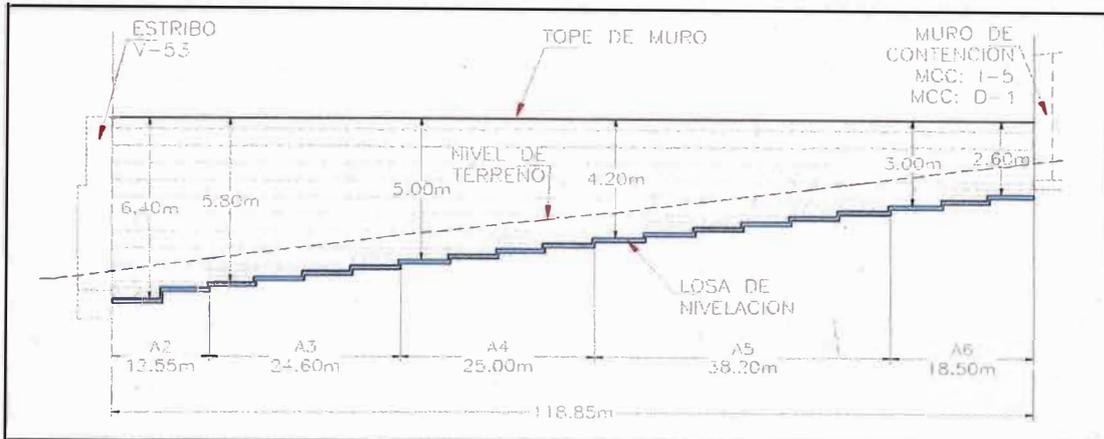


Figura N°1.7.- Cola de Vía – Elevación de muro de suelo reforzado.

1.2 MURO DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL

Tal como se había indicado anteriormente, como parte del proyecto del Tren Eléctrico, se ha considerado la conformación de terraplenes, para la integración del viaducto elevado con el del patio de maniobras y la cola de vía.

Esta tecnología de muros de suelo reforzado con elementos que absorban los esfuerzos de tensión ha sido desarrollada desde 1960 con un rápido crecimiento a partir del año 1985, sin embargo debido a los nuevos refuerzos plásticos desarrollados en los últimos años ha posibilitado el uso más frecuente de éstos sistemas en la estabilización de taludes y la conformación de terraplenes.

Los muros de suelo reforzado están básicamente formados por suelo, los elementos de refuerzos insertados en el suelo tienen la función principal de absorber los esfuerzos de tensión y minimizar las deformaciones. Actualmente con el avance de la tecnología se está utilizando refuerzos plásticos como las geomallas las cuales tienen mejor comportamiento anticorrosivo que los refuerzos metálicos.

1.2.1 MATERIALES DEL SISTEMA MAC-WALL

El sistema Mac-Wall es uno de los tipos de muros de suelo reforzado, el cual está compuesto por siguientes materiales:

SISTEMA ESTRUCTURAL:

- Relleno Granular compactado al 95%.
- Geomalla Mac-Grid.
- Filtro.
- Drenaje.
- Geotextil.

ACABADO:

- Bloques prefabricados de concreto Mac-Wall.
- Pins de Anclaje.

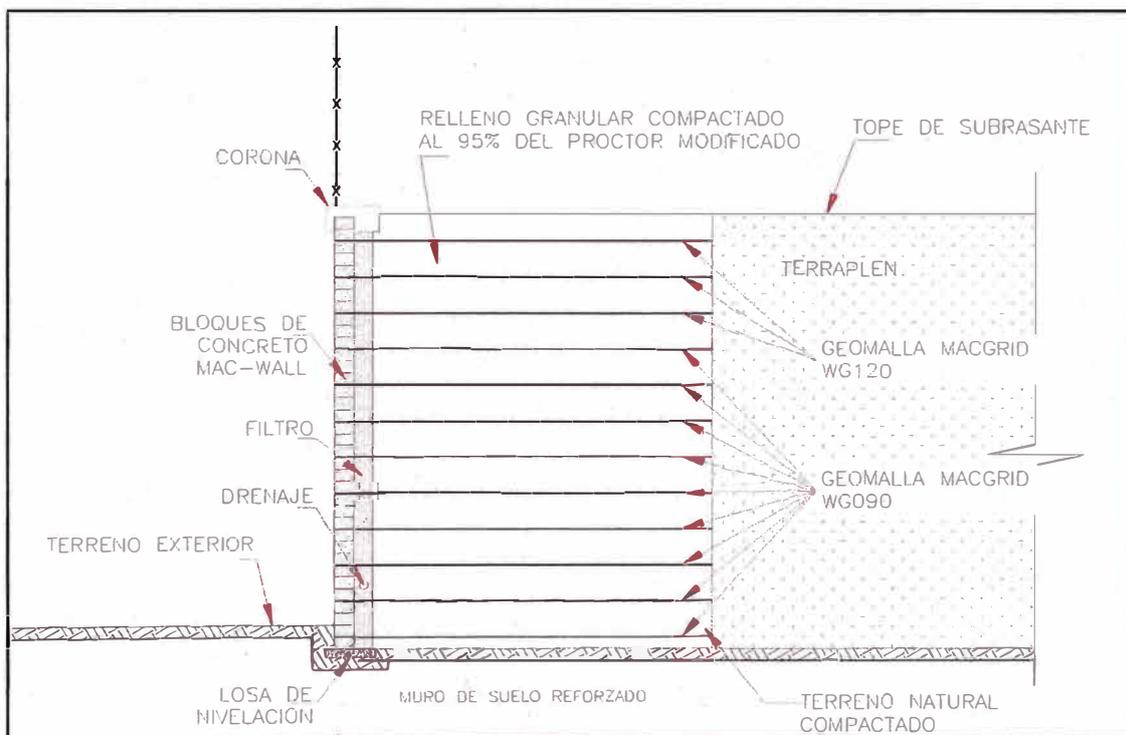


Figura N°1.8.- Muro de suelo reforzado - Composición.

1.2.2 RELLENO GRANULAR COMPACTADO AL 95%

El relleno granular compactado con material seleccionado, es el elemento principal del sistema estructural que conforma el muro de suelo reforzado e influye directamente a la estabilidad, avance de la construcción y el costo de la estructura.

Este material seleccionado conformado principalmente por arena y grava son compactados hasta alcanzar el 95% del proctor modificado, el cual se consigue con más facilidad que en suelos finos, y además tienen una buena permeabilidad.

Sin embargo si el material disponible para el relleno es con un contenido alto de finos, considerando unas condiciones especiales de construcción y servicio, también es posible emplearlo en la conformación del muro de suelo reforzado.

Este relleno de material seleccionado compactado que trabaja principalmente a fricción y cohesión, debe presentar las siguientes características para asegurar un buen funcionamiento y evitar algún tipo de deformaciones.

- Tamaño Máximo: 75 mm
- Desgaste Los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 40% máx. (ASTM D4318)
- Índice de Plasticidad: < 6% (ASTM D4318)
- Porcentaje de Compactación: 95% del Proctor Modificado.
- Tipo de Material: A-1-a; A-1-b; A-2-4; A-2-6 y A-3.
- $\gamma_d = 1.9 \text{ Tn/m}^3$ $c = 0$ $\Phi = 34^\circ$
- Granulometría de acuerdo a la recomendación de las normas AASHTO y la FHWA:

Cuadro N°1.1.- Granulometría del Material de Relleno

Abertura de la Malla	Material Pasante (%)
4"	100
N°40	0-60
N°200	0-15

Fuente: Manual de la Federal Highway Administration FHWA

1.2.3 GEOMALLAS MAC-GRID

El refuerzo estructural del relleno granular compactado es una geomalla tejida producida a partir de hilos de poliéster de alta tenacidad con revestimiento en

PVC para la protección del núcleo resistente a los daños de instalación, ataques químicos, biológicos y ambientales. Esta geomalla, químicamente inerte, ofrece una gran resistencia a la degradación causada por los rayos ultravioleta, y una óptima interacción con todo tipo de terreno. Además, debe contar con una resistencia mínima a la tracción última en el sentido transversal de 10 kN/m y en el sentido longitudinal, de acuerdo al diseño pueden ser de 90 ó 120 KN/m y cumplir con todos los valores conforme a la siguiente tabla:

Cuadro N°1.2.- Propiedades de la Geomalla Mac-Grid WG

Propiedades Mecánicas		Unidad	Norma	WG120/10	WG90/10
Resist. Longitudinal a la Tracción	Tult	kN/m	ASTM D 6637	120	90
Deformacion a la Rotura	e	%	ASTM D 6637	≤ 12	≤ 12
Resist. Transversal a la Tracción	Tult	kN/m	ASTM D 6637	10	10
Propiedades Mecánicas					
		Unidad	Norma	WG120/10	WG90/10
Abertura nominal de la malla longitudinal		mm		21	22
Abertura nominal de la malla transversal		mm		25	25
Propiedades a largo Plazo					
		Unidad	Norma	WG120/10	WG90/10
Factor Reducción, Fluencia – Creep	RF _o r	---	ASTM D 5262	1.43	1.43
Factor Reducción, Durabilidad	RF _d	---	FHWA RD 97-144	1.15	1.15
Factor Reducción, Daños de Instalación	RF _{id}	---	ASTM D 5818	1.03	1.03
Factor de Reducción Total, RF _g =(RF _{cr} *RF _d *RF _{id})				1.69	1.69
Resistencia a Largo Plazo, LTDS=Tult/RF _g		kN/m		71.0	53.3

Fuente: Especificaciones Técnicas Uniaxial Macgrid WG90, WG120. (Ver Anexos)

La geomalla deberá ser desenrollada por partes y en la dirección de instalación, y colocada entre capas compactadas de relleno, estirada manualmente hasta que ésta no tenga arrugas u ondulaciones asegurando el 100% de cobertura del área reforzada por lo que las geomallas adyacentes necesitan de traslapes laterales mínimos de 100mm. Por otro lado en todo momento se debe evitar el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas, colocando un relleno mínimo de 100mm para que los equipos de operación o compactación puedan transitar por encima.

1.2.4 SISTEMA DE DRENAJE Y AMORTIGUAMIENTO

El sistema de drenaje y amortiguamiento está conformado por un filtro vertical colocado entre el relleno granular compactado y los bloques de concreto Mac-Wall, una tubería de recolección y evacuación de las infiltraciones captadas y el Geotextil que impida la pérdida de material fino y por ende la deformación del muro de suelo reforzado y a su vez evite la contaminación del material de filtro instalado.

Este material de filtro, sirve además como una franja de amortiguamiento que toma las deformaciones elásticas y plásticas instantáneas en la etapa de conformación y servicio del muro de suelo reforzado, y las deformaciones propias a la consolidación del material a lo largo del tiempo.

Por otro lado este sistema permite drenar rápidamente el agua que se encuentre en la parte interna del muro de suelo reforzado y con ello evita el cambio de condiciones de compactación del mismo y a su vez evita que los bloques de concreto sufran presiones hidrostáticas que llevarían a una posible falla por estabilidad.

El material empleado para conformar el filtro y para rellenar la parte interna de los bloques de concreto, está compuesto por piedra chancada de tipo granular, libre de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales, el cual podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes, con una granulometría de acuerdo a la recomendación de las normas NCMA (National Concrete Masonry Association), la cual es:

Cuadro N°1.3.- Granulometría de Material de Filtro

Abertura de la Malla	Material Pasante (%)
1"	100
3/4"	75-100
N°4	0-60
N°40	0-50
N°200	0-5

Fuente: Manual de la National Concrete Masonry Association NCMA

El material debe tener una resistencia a la abrasión no mayor del 40%, medido en la máquina de los Ángeles según la norma de ensayo MTC E 207.

1.2.5 BLOQUES DE CONCRETO Y PIN DE ANCLAJE MAC-WALL

Los bloques de concreto que se utilizan para el sistema Macwall tiene el paramento frontal texturado para darle un acabado caravista al muro, prefabricados con concreto simple de resistencia a la compresión de diseño de 25MPa.

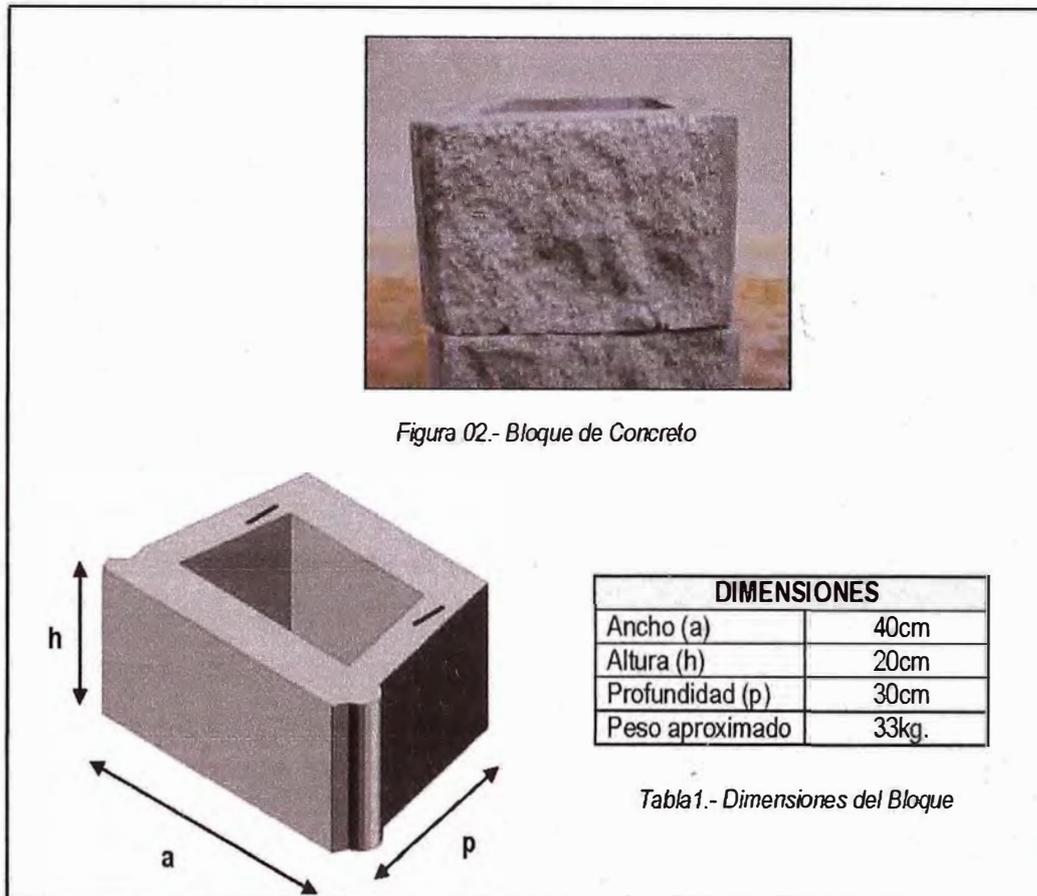


Figura 02.- Bloque de Concreto

Tabla 1.- Dimensiones del Bloque

Figura N°1.9.- Muro de suelo reforzado – Bloques de concreto Mac-Wall.

El pin de anclaje que va entre bloque y bloque está fabricado de Polipropileno cuya geometría permite mantener la verticalidad o escaalonamiento de los bloques y, de una manera indirecta, ayudar a incrementar la interacción entre bloque y bloque.

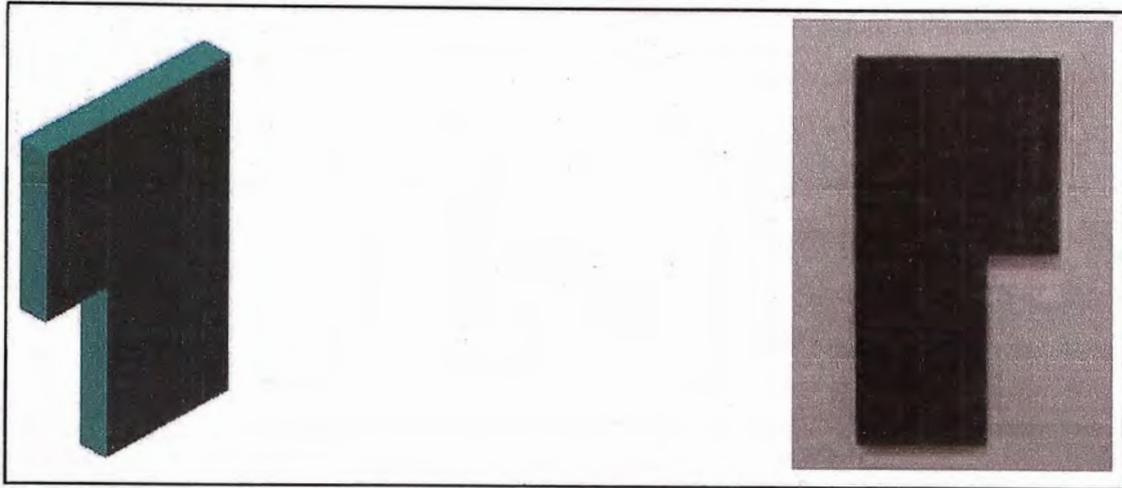


Figura N°1.10.- Muro de suelo reforzado – Pin de Anclaje.

1.3 METODOLOGIA DE DISEÑO DE MUROS DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL

La metodología aplicada para el cálculo de estabilidad de los muros de suelo reforzado considerada para el Proyecto del Tren Eléctrico de Lima, considera los parámetros de diseño del manual de la FHWA NHI-00-43 “MECHANICALLY STABILIZED EARTH WALLS AND REINFORCED SOIL SLOPES” de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos y el método de diseño de “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO LRFD).

El Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) es un método de diseño en el cual las cargas de diseño se mayoran y las resistencias de diseño se minoran (reducen) multiplicando por factores mayores y menores que la unidad, respectivamente. En este método las fundaciones se dimensionan de modo que las cargas mayoradas sean menores o iguales que las resistencias minoradas.

Los análisis de estabilidad de cada sección se modelaron en el software MSEW 3.0, software que en su primera versión fue creado exclusivamente para la Federal Highway Administration y entidades oficiales del gobierno de EE.UU y que desde hace algunos años es distribuido por la empresa ADAMA.

El empotramiento de los muros de suelo reforzado, está básicamente en función a la altura y las recomendaciones de los manuales antes mencionados, teniendo entonces los siguientes valores.

Cuadro N°1.4.- Empotramiento de muro de suelo reforzado

Pendiente frente al muro	Empotramiento mínimo
Todo tipo de geometría	60cm
Horizontal (muro)	H/20
Horizontal (Estribo)	H/10
3H : 1V	H/10
2H : 1V	H/7
1.5H : 1V	H/5

Fuente: Norma American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO

Por otro lado para poder conservar la continuidad del muro en un mismo alineamiento se debe considerar segmentos de muros adyacentes con desniveles de hasta 80cm como máximo, en caso contrario se debe considerar juntas de dilatación.

1.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE MUROS DE SUELO REFORZADO TIPO MAC-WALL

1.4.1 CONFORMACIÓN DEL FONDO DE CIMENTACIÓN

De acuerdo al diseño realizado y la altura de empotramiento definida, luego del trazo correspondiente, se tiene que ejecutar los trabajos de excavaciones hasta el nivel inferior de losa de nivelación, en todo el ancho del muro de suelo reforzado, para luego realizar una compactación del mismo.

Como parte de la conformación del fondo de cimentación se tiene también que verificar la capacidad admisible del mismo y que este corresponda a la considerada en el diseño del muro de suelo reforzado.

Para el caso del Patio de Maniobras y Cola de Vía del proyecto del Tren Eléctrico, se tiene un promedio una profundidad de empotramiento de 80cm, correspondiente a 4 filas de bloques de concreto prefabricados, en cuyo nivel se verificó una capacidad admisible de 4 kg/cm², tal como fue considerado en el diseño del muro de suelo reforzado para ambos casos.

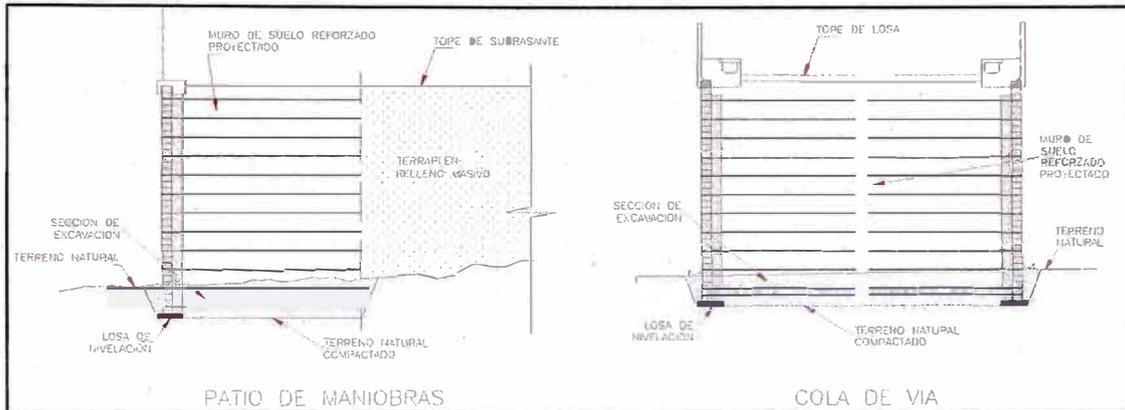


Figura N°1.11.- Muro de suelo reforzado – Secciones típicas de Excavaciones.

1.4.2 EJECUCIÓN DE LA LOSA DE NIVELACIÓN

Para poder asegurar la horizontalidad de la superficie de apoyo de la primera fila de bloques de concreto, es necesario construir una losa de nivelación, con concreto simple de resistencia a la compresión $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, sobre la cual se podrá empezar a asentar los bloques prefabricados de concreto, solo después de que haya alcanzado al menos el 45% de la resistencia de diseño.

Esta losa de nivelación de al menos 600mm de ancho y 150mm de altura debe tener una nivelación con una precisión de 2mm a 3mm, que corresponde a la mitad de la toleración de dimensiones que tienen los bloques de concreto prefabricado.



Figura N°1.12.- Muro de suelo reforzado – Losa de Nivelación.

Para el caso de los cambios de nivel, se debe considerar además de la losa de nivelación, calzaduras del segmento más alto, tal como se indica en el siguiente detalle.

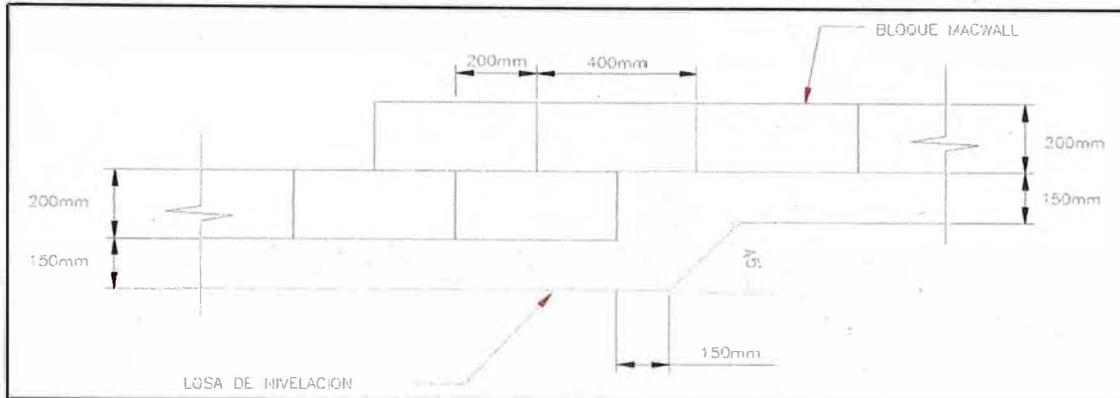


Figura N°1.13.- Muro de suelo reforzado – Detalle de Calzadura.

1.4.3 INSTALACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Una vez completada la losa de nivelación, se puede instalar la primera hilada de bloques. Las unidades de concreto deben colocarse de modo que los costados se toquen y el paramento frontal texturado quede hacia afuera. La primera hilada debe estar precisamente colocada, cuidadosamente espaciada y nivelada para facilitar la construcción y mejorar el aspecto del muro, para ello debe emplearse un cordel y trazos en la losa de nivelación y un mortero de fijación colocado en la parte interna o alveolos de los bloques de concreto.

Antes de instalar la segunda hilada y cada hilada posterior, debe limpiarse la parte superior de las unidades sobre las cuales se ha de colocar la siguiente hilada. El no hacerlo causará problemas para asentar y nivelar las unidades y aumentará la probabilidad de que se produzcan grietas en las unidades debido a las concentraciones de carga a medida que se colocan las hiladas adicionales.

Las unidades se apilan con trabazón corrida, en forma similar a la construcción estándar de los muros de mampostería y sin ningún tipo de material cementante.

Cada hilada de unidades de concreto debe ser perfectamente nivelada tanto longitudinal como transversalmente.

Para facilitar el alineamiento y la fijación de los bloques se instalan los conectores o pines de anclaje de polietileno, de tal manera que el conector estándar encaje en las aberturas dispuestas en la parte superior de los bloques de concreto, y la parte sobresaliente de esta en la parte interna del alveolo del bloque de concreto que se coloca en la parte superior, tal como se ve en los siguientes esquemas.

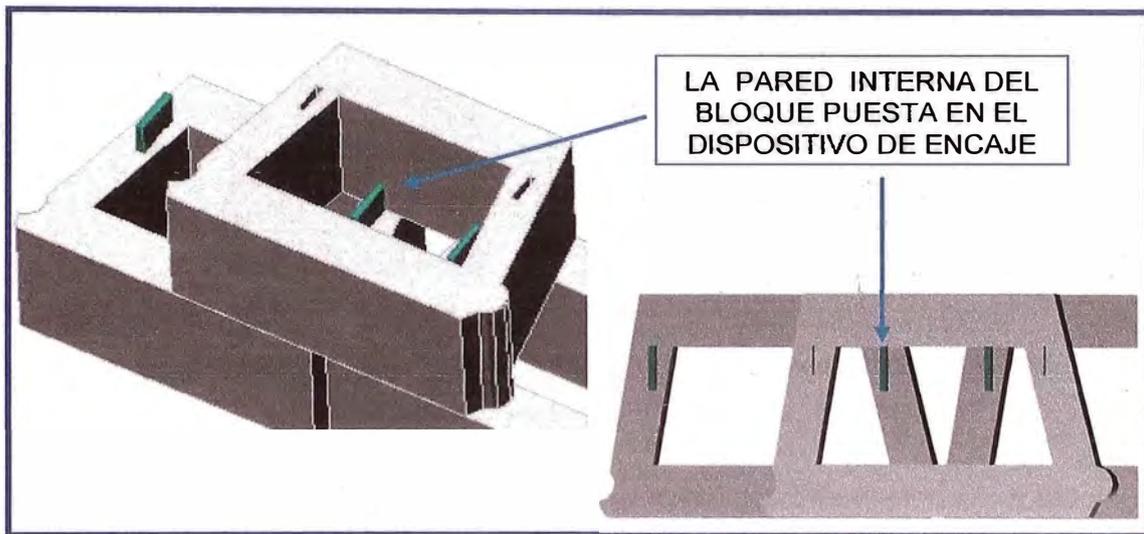


Figura N°1.14.- Muro de suelo reforzado – Colocación de Bloques de Concreto.

La posición del pin de anclaje definirá la verticalidad o inclinación del paramento frontal, es decir si la colocación del conector queda apuntando hacia el frente del muro resultará en un muro casi vertical, mientras que si son colocados hacia el lado relleno posterior del muro, el paramento frontal resultará con una inclinación aproximada de 5° , respecto a la vertical, tal como se observa en el siguiente esquema.

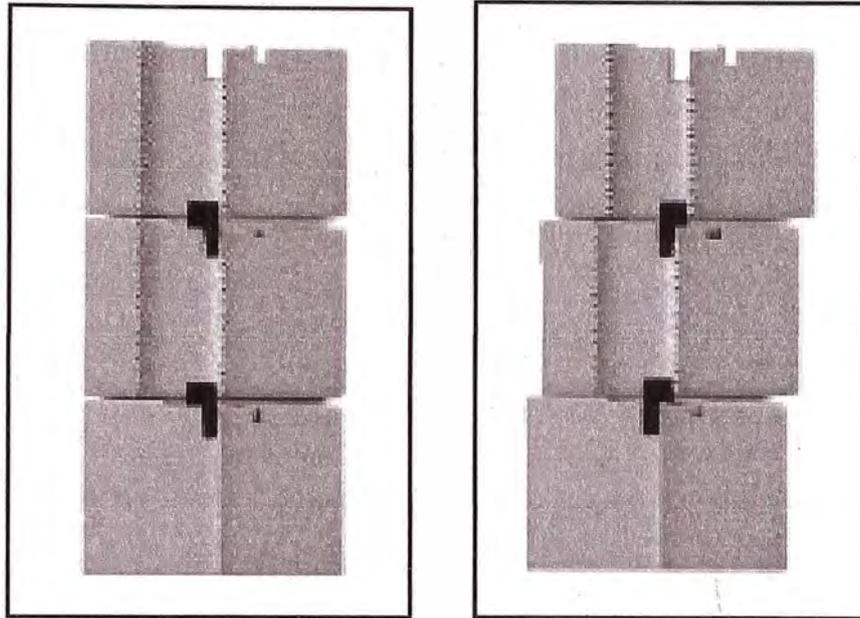


Figura N°1.15.- Muro de suelo reforzado – Colocación de Pines de Anclaje.

Los alveolos de los bloques de concreto, así como los intersticios entre bloques deben ser rellenados con material de filtro, para asegurar el confinamiento y estabilidad de las hiladas de bloques colocados.

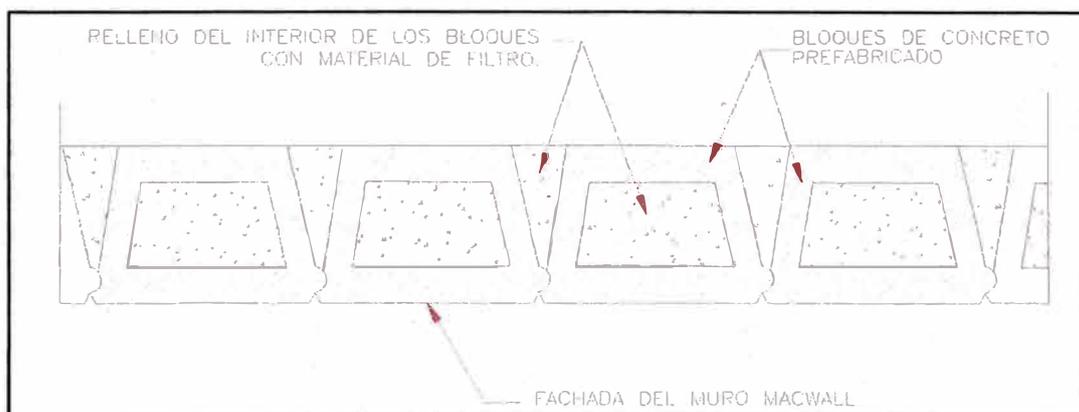


Figura N°1.16.- Muro de suelo reforzado – Detalle típico de relleno de alveolos.

Para las últimas hiladas, los alveolos de los bloques de concreto, así como los intersticios entre bloques deben ser rellenados con concreto y una distribución de acero de refuerzo.

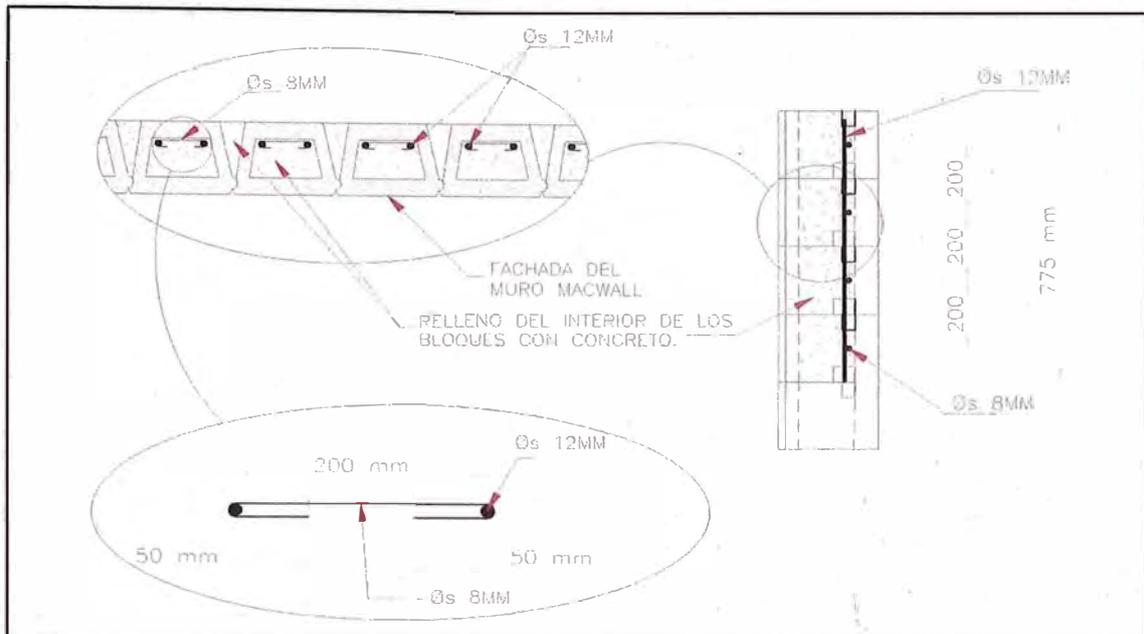


Figura N°1.17.- Muro de suelo reforzado – Detalle de relleno de concreto en alveolos.

1.4.4 COLOCACIÓN DE LA GEOMALLA

La geomalla debe ser tendida en la hilada y orientación indicada en los planos de construcción y según lo especificado en el diseño del muro de suelo reforzado.

La geomalla se cortará de acuerdo a largos definidos por el diseño, utilizando navajas, tijeras, cuchillo afilado, amoladoras, etc.

Desdoblar la geomalla estructural en el sentido transversal al alineamiento del muro y enganchar los extremos en los pines de anclaje colocados en los bloques mientras que para el otro extremo se pueden emplear ganchos u anclajes que garanticen que la malla quede totalmente tendido, tensado y sin arrugas, además en este sentido se debe garantizar la continuidad de la malla, es decir no se permite empalmes en el sentido transversal al alineamiento del muro.

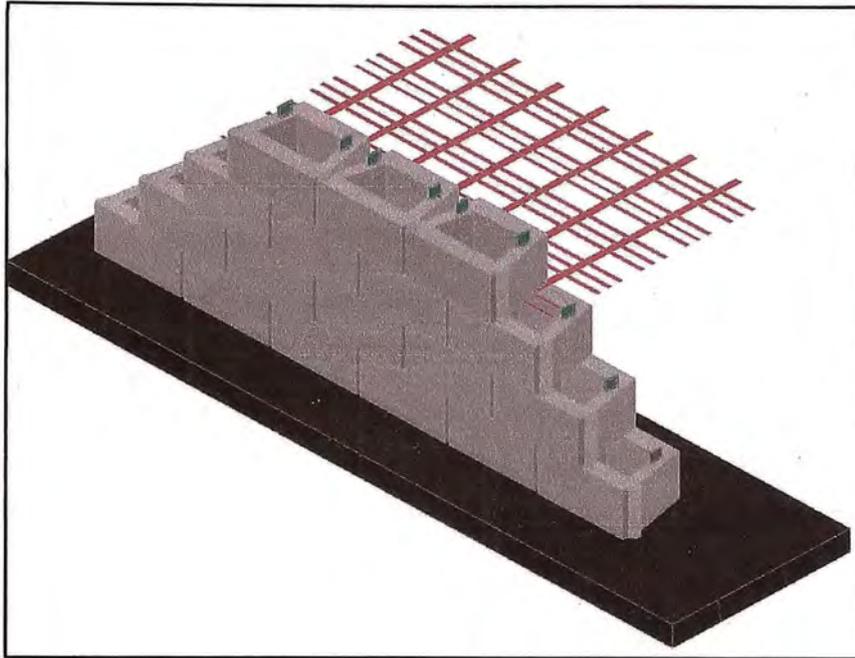


Figura N°1.18.- Muro de suelo reforzado – Detalle de colocación de Geomalla Mac-Grid.

Por otro lado en el sentido longitudinal al alineamiento del muro se debe de considerar un traslape mínimo de 10 cm entre segmentos de malla colocados.

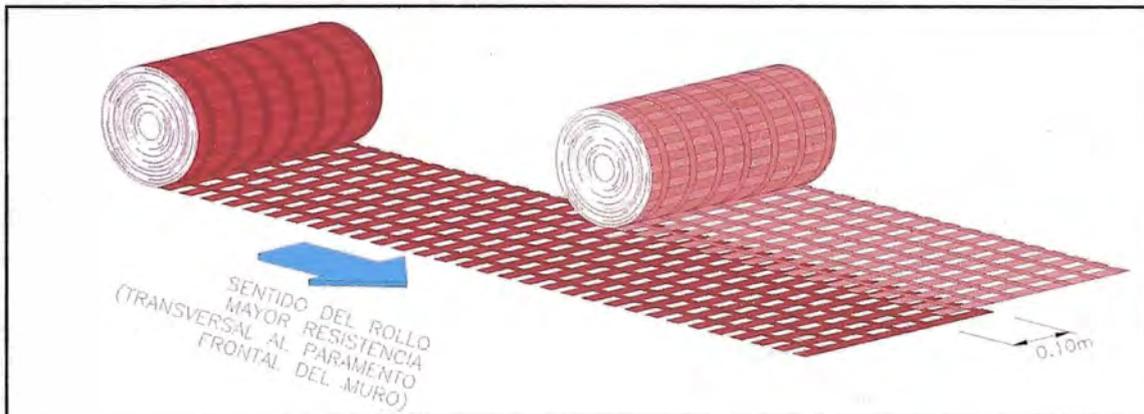


Figura N°1.19.- Muro de suelo reforzado – Detalle de traslape en Geomalla Mac-Grid.

Se tendrá especial cuidado de evitar el tránsito de cualquier vehículo sobre la geomalla. Solo se podrá permitir el tránsito de vehículos sobre una capa mínima de 10cm de relleno conformado.

1.4.5 COLOCACIÓN DEL RELLENO GRANULAR CONTROLADO

Una vez colocada las hiladas de los bloques de concreto se procede a la colocación del relleno granular controlado, el mismo que se realiza siguiendo un procedimiento similar al de la conformación de rellenos controlados, considerando los siguientes parámetros particulares adicionales.

- El control de calidad que se debe realizar al material a colocar debe ser más estricto, de tal forma de garantizar que este material tenga las características requeridas según el diseño.
- El relleno se conformará en capas de 20cm como máximo, que corresponde a la altura de las hiladas de bloques de concreto, que además garantizará conseguir el grado de compactación del 95% del proctor modificado requerido el muro de suelo reforzado, antes de triturar el material colocado en la parte superior.
- La compactación del relleno comprendido en los primeros 0.50m adyacentes a los bloques de concreto se realizará con equipos de compactación livianos tipo vibroapisonadores o placas vibratoras de compactación.
- La compactación del relleno comprendido en los primeros 2.00m adyacentes a los bloques de concreto se realizará con equipos lisos de compactación de baja energía de compactación, de hasta 6ton de peso.
- La compactación del relleno comprendido más allá de los dos 2.00m de distancia podrá ser realizado con equipos pesados de compactación, pero de ninguna forma se podrá emplear equipos con orugas o similares.
- Los equipos deben circular a velocidades muy reducidas, menores a 16Km/h, en línea recta, evitando giros y frenados bruscos, para evitar dañar la geomalla instalada en las capas inferiores.
- Solo se procederá a realizar los trabajos de compactación luego de la conformación de la capa de relleno correspondiente, evitando en todo momento baches u otras formas de bombeo.



Figura N°1.20.- Muro de suelo reforzado – Compactación con equipo pesado.



Figura N°1.21.- Muro de suelo reforzado – Compactación con equipo mediano.

1.4.6 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE Y AMORTIGUAMIENTO

El relleno de filtro se coloca como mínimo a 30cm detrás de los bloques de concreto, con la finalidad de formar una capa amortiguadora que permita contener las deformaciones elásticas y plásticas instantáneas en la etapa de conformación y servicio del muro de suelo reforzado y las deformaciones propias a la consolidación del material a lo largo del tiempo.

De acuerdo al proyecto se instalará o no la tubería de captación y evacuación del agua de la parte interna del muro hacia el punto de eliminación definido en el proyecto, en tal sentido y afín de evitar la pérdida de material fino se colocará un geotextil entre el relleno y el material de filtro, de esta forma también se evitará la contaminación del filtro.

El filtro debe ser compactado, solo se debe asegurar que se ha colocado uniformemente en toda su extensión.

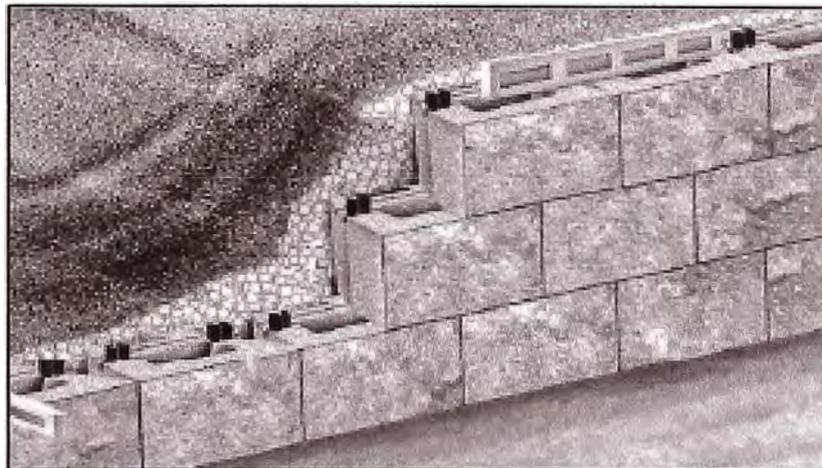


Figura N°1.22.- Muro de suelo reforzado – Colocación de Filtro.

Para el caso particular del patio de maniobras, se ha considerado la colocación del filtro, la tubería de drenaje y el tendido del geotextil correspondiente, para así asegurar una capa de drenaje y amortiguamiento del muro de suelo reforzado, Sin embargo para el caso de la cola de vía, solo se ha considerado la colocación del filtro, como una capa de amortiguamiento, dado que por sus dimensiones y consideraciones de diseño, se ha concebido una losa de concreto en la parte superior del muro, la cual evitará la infiltración de agua hacia el relleno, no siendo necesario entonces algún sistema de drenaje.

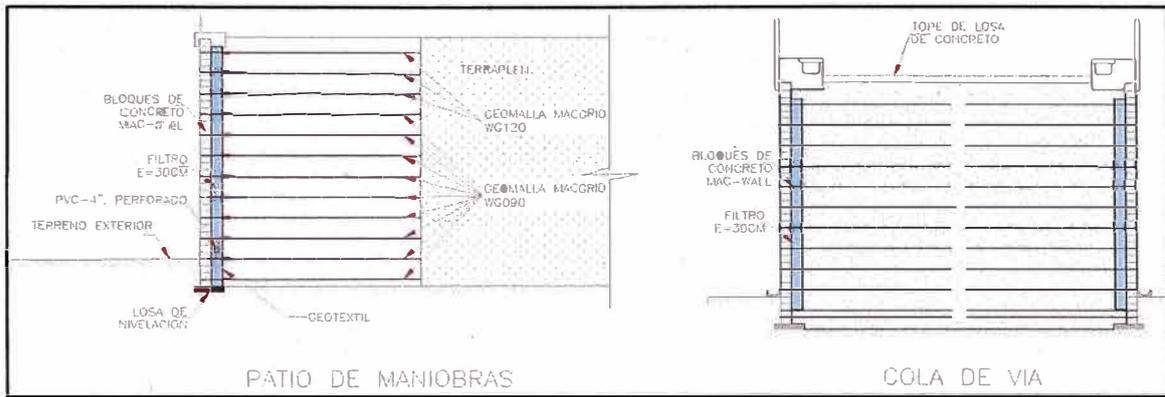


Figura N°1.23.- Muro de suelo reforzado – Ubicación de Filtro y Geotextil.



Figura N°1.24.- Muro de suelo reforzado – Colocación de Filtro y Geotextil.

CAPITULO II

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE EJECUCIÓN DEL MURO DE SUELO REFORZADO

2.1 PRODUCTIVIDAD

La productividad, definida como *“el cociente entre la producción y los recursos usados para lograr dicha producción”*, por el Ing. GhioVirgilio.

En tal sentido en este informe la producción analizada son de la conformación del paramento frontal y el refuerzo de geomalla sintética del muro de suelo reforzado ejecutado tanto en el patio de maniobras como en la cola de vía del proyecto del tramo 2 de la línea 1 del Tren Eléctrico, en función a la utilización de los recursos tales como: la mano de obra, materiales, herramientas y/o equipos.

Para el presente estudio se evaluó el Nivel de Productividad de uno de los dos frentes definidos de forma semanal, la cola de vía, considerando de los recursos antes mencionados solo la mano de obra. Se analizó la productividad de la mano de obra debido a que es un factor crítico ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros.

El análisis de productividad de mano de obra analizado, corresponde a las actividades de colocación de bloques de concreto prefabricado tipo Mac-Wall, la colocación de la geomalla sintética de refuerzo Mac-Grid y la colocación del relleno con material de filtro en los alveolos de los bloques de concreto, dado que son las únicas actividades en la conformación del muro de suelo reforzado que son ejecutados por procedimientos manuales.

Sin embargo debe aclararse que el ritmo de producción de dichas actividades están en función del ritmo de conformación del relleno estructural, dado que por condición de estabilidad y evitar retrabajos, la colocación de bloques solo puede estar dos filas por encima de la conformación del relleno estructural.

El control de avance del relleno estructural fue realizado mediante el control diario y semanal del volumen conformado y su representación en una curva S, mediante el cual se pudo prever el tiempo de conclusión de los trabajos y las medidas correctivas para cumplir con los trabajos en el plazo establecido.

2.2 INDICE DE PRODUCTIVIDAD TEORICO, META Y REAL ACUMULADO

2.2.1 INDICE DE PRODUCTIVIDAD TEORICO

El patio de maniobra ha sido proyectado al final del tramo 2, entre las intersecciones de las avenidas Próceres de la Independencia y Héroes del Cenepa, ocupando un área aproximado de 36, 292.85m², como un centro de aparcamiento y mantenimiento auxiliar, por lo que está conformado por una zona de edificaciones técnicas y administrativas, y una zona de maniobra de trenes.

El índice de productividad teórico obtenido considerando para la colocación de bloques de concreto tipo Mac-Wall, el relleno con material de filtro en el interior de los alveolos y la colocación de la geomalla Mac-Grid, considera para la actividad las siguientes premisas de ejecución:

- Colocación de bloques de concreto con el mismo rendimiento que la colocación de bloquetas del sistema de muro de albañilería armada.
- Traslado de los bloques de concreto, empleado un minicargador tipo Botcat.
- Transporte del material de filtro para el relleno en los alveolos solo empleando carretillas tipo buggy.
- Colocación de material de filtro en los alveolos con herramientas manuales tipo pala u otros.
- Colocación de Geomalla Mac-Grid, por cada fila de bloques de concreto colocado.
- Garantizar la rentabilidad planteada por la empresa.

En función a ello se ha planteado el siguiente índice de productividad teórico, para la mano de obra de las actividades definidas.

$$\text{IP. Teórico} = \underline{\underline{6.215 \text{ HH/m}^2}}$$

2.2.2 INDICE DE PRODUCTIVIDAD META

Luego de haber estudiado las condiciones inicialmente planteadas y las condiciones reales de trabajo, se tiene las siguientes conclusiones:

- A diferencia de las bloquetas de albañilería armada, los bloques de concreto Mac-Wall son dimensiones mayores, por lo que por cada HH, se coloca más metros cuadrado de muro y dado que esta actividad

representa el 70% de las actividades analizadas, entonces se tendrá la siguiente modificación.

Bloquetas de albañilería armada: $0.39 \times 0.19 = 0.074 \text{ m}^2$

Bloques Mac-Wall: $0.405 \times 0.205 = 0.083 \text{ m}^2$

Entonces: $IP. 1 = (0.074 * IP. \text{Teórico} / 0.083) * 0.70$

$$\underline{IP. 1 = 3.8787 \text{ HH/m}^2}$$

- El transporte y colocación del filtro se realizará con minicargadores tipo Botcat, por lo que se podrá realizar el trabajo de relleno de alveolos de los bloques de concreto 9 veces más rápido que con las herramientas manuales y dado que el traslado y colocación de material de filtro en los alveolos de los bloques de concreto solo representa el 15% de las actividades totales analizadas, se tiene las siguientes modificaciones:

$$IP. 2 = (1 * IP. \text{Teórico} / 10) * 0.15$$

$$\underline{IP. 2 = 0.093 \text{ HH/m}^2}$$

- La Geomalla Mac-Grid solo se coloca cada tres hileras por lo que en lugar de considerar la instalación de 3 filas de geomallas, solo se instalará 1 fila de geomalla.

$$IP. 3 = (1 * IP. \text{Teórico} / 3) * 0.15$$

$$\underline{IP. 3 = 0.311 \text{ HH/m}^2}$$

- Además se quiere obtener una mayor rentabilidad en dichas actividades, de hasta 5% más.

$$IP. \text{Meta} = (IP. 1 + IP. 2 + IP. 3) / 1.05$$

$$IP. \text{Meta} = (3.8787 + 0.093 + 0.311) / 1.05$$

$$\underline{IP. \text{Meta} = 4.078 \text{ HH/m}^2}$$

Luego de las premisas anteriores, se planteó finalmente que el índice de productividad meta será:

$$\underline{IP. \text{Meta} = 4.00 \text{ HH/m}^2}$$

2.2.3 INDICE DE PRODUCTIVIDAD REAL ACUMULADO

De los registros diarios y semanales obtenidos de campo se ha obtenido los siguientes datos:

Cuadro N°2.1.- Registro diario del avance del muro de suelo reforzado – cola de vía

Sem	Día	HH	M2	IP.	Sem	Día	HH	M2	IP.
1		505.5	76	6.651	5		642.5	152.3	4.220
	1	141				1	121.5	36	
	2	121	30.72			2	112	31.36	
	3	104	16.24			3	117	21.76	
	4	139.5	29.04			4	115.5	18.72	
2		434	166.4	2.608		5	98.5	28.32	
	1	53.5	30.72			6	78	16.08	
	2	77.5	15.52		6		532.5	201.7	2.640
	3	85	23.68			1	135	45.68	
	4	90	34.96			2	108	17.2	
	5	57.5	35.68			3	112	42.24	
	6	70.5	25.84			4	85.5	36.24	
3		599.5	80.24	7.471		5	68	43.44	
	1	138	31.2			6	24	16.88	
	2	98	12.64		7		548.5	140.1	3.913
	3	136	18			1	58.5		
	4	89	4.8			2	86	47.6	
	5	138.5	13.6			3	44		
4		650	160.3	4.056		4	84.5	23.28	
	1	138.5	36.64			5	171	69.28	
	2	143.5	50.48			6	104.5		
	3	150	35.76						
	4	138	20						
	5	80	17.36						

Fuente: Registros de datos tomados durante la ejecución de la obra.

De estos datos diarios se puede resumir lo siguientes datos semanales:

Cuadro N°2.2.- Registro semanal del avance del muro de suelo reforzado – cola de vía

	Semanal			Acumulado		
	H.H.	M2	IP. Real	H.H.	M2	IP.Acum
Sem.1	505.5	76.0	6.651	505.5	76	6.651
Sem.2	434.0	166.4	2.608	939.5	242.4	3.877
Sem.3	599.5	80.2	7.471	1539.0	322.6	4.770
Sem.4	650.0	160.3	4.056	2189.0	482.9	4.533
Sem.5	642.5	152.3	4.220	2831.5	635.2	4.458
Sem.6	532.5	201.7	2.64	3364.0	836.9	4.020
Sem.7	548.5	140.1	3.913	3912.5	977.0	4.005
Promedio			4.508			4.616

Fuente: Registros de datos tomados durante la ejecución de la obra, ver cuadro 2.1.

Además se tiene la siguiente gráfica que reúne los datos obtenidos para los índices de productividad teóricos, meta y real acumulado:

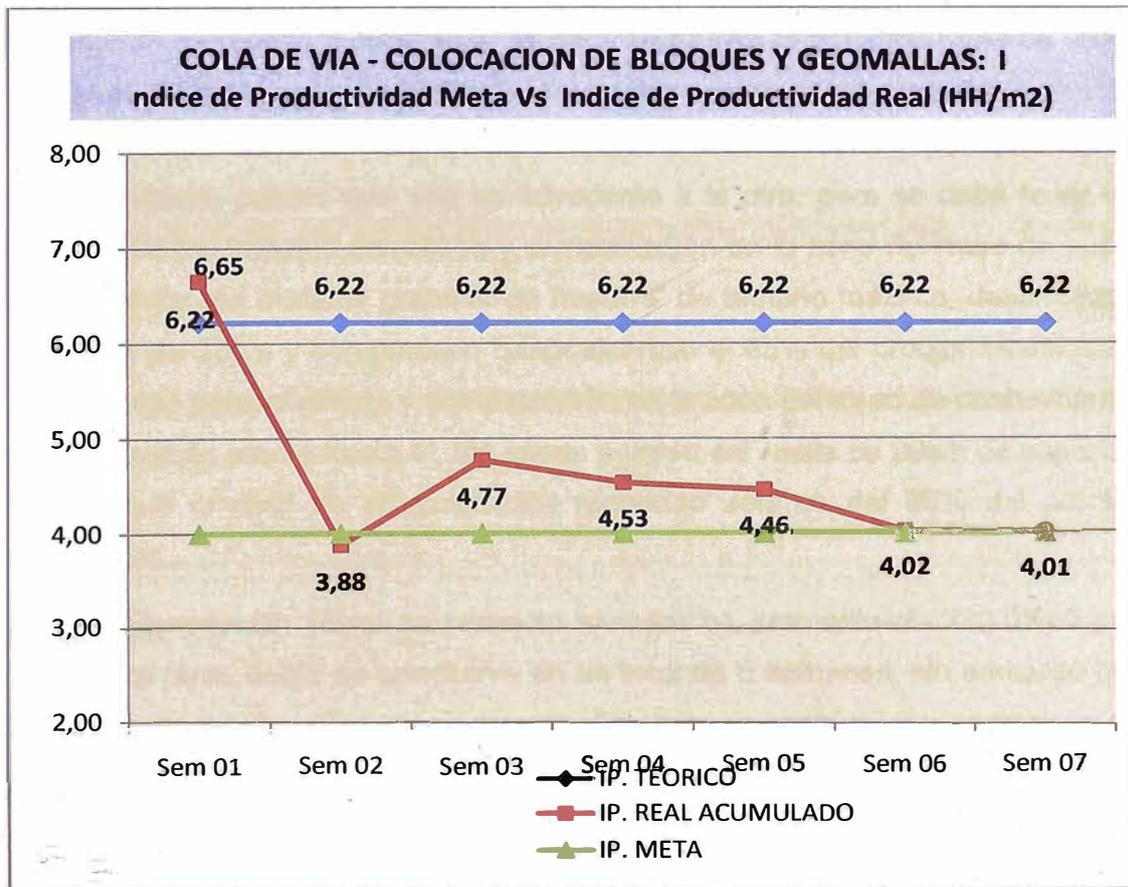


Figura N°2.1.- Índices de Productividad – Cola de Vía.

Por lo tanto, con la finalidad de ser conservadores para el presente informe se definirá como índice de productividad real al promedio de los índices acumulados registrados en las siete semanas de análisis.

$$\text{IP real} = 4.616 \text{ HH / m}^2$$

2.2.4 CONFORMACIÓN DEL RELLENO GRANULAR COMPACTADO:

Para el análisis de los índices de productividad indicados, se tuvo que analizar también la forma de avance en la conformación del relleno granular compactado.

Además de esta forma, se apreciará mejor la relación existente entre el avance del relleno granular controlado y el proceso de colocación de bloques de concreto tipo Mac-Wall y las actividades complementarias, tal como se había indicado anteriormente.

Además debemos indicar que el procedimiento de conformación del relleno, fue tal como se indicó en el capítulo anterior, ítem "1.4 Procedimiento De Ejecución De Muros De Suelo Reforzado Tipo Mac-Wall".

El volumen de relleno a compactar es de 5 280m³ en la zona del muro de suelo reforzado (M.S.R.) y de 1 153.00m³ en la zona comprendida entre los muros de contención. Se debe considerar que ambos rellenos se tienen que ejecutar en forma paralela, puesto que uno es adyacente a la otra, pero se debe tener en cuenta que los trabajos de relleno y compactación en la zona del muro de suelo reforzado es con material granular de hasta 3" de tamaño máximo, desarrollado en capas de 20cm y compactado hasta alcanzar el 95% del proctor modificado; sin embargo para el relleno y compactación en la zona del muro de contención el material puede ser de hasta 4", las capas pueden ser hasta de 30cm de espesor, puesto que el nivel de compactación requerido solo es del 90% del proctor modificado.

En la programación inicial se proyectó ejecutar un promedio de 220.00m³ por día, por lo tanto debía de concluirse en un total de 6 semanas, sin embargo por motivos que detallaremos más adelante el trabajo se concluyó en un total de 41 días que corresponde a aproximadamente 7.5 semanas.

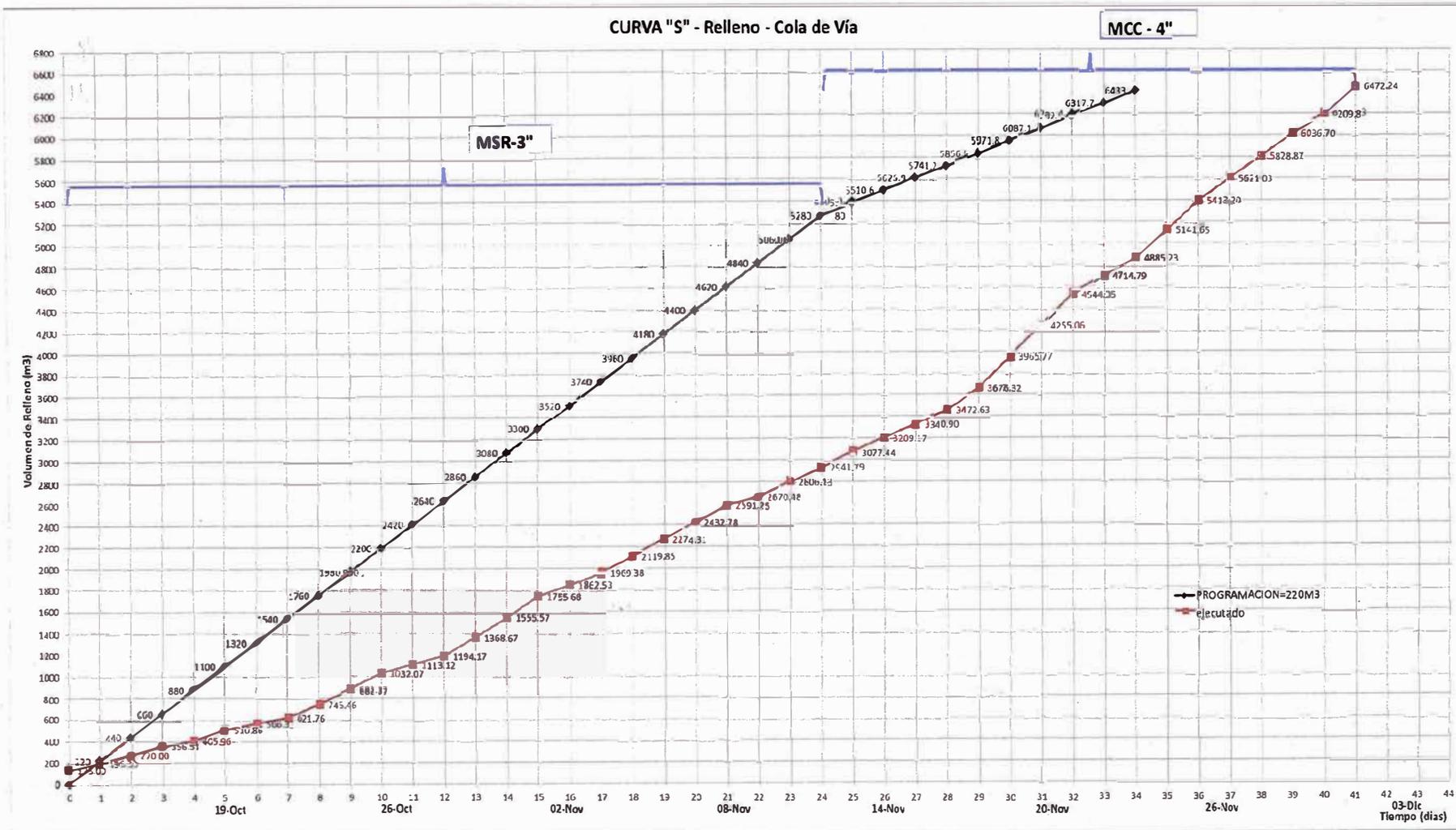


Figura N°2.2.- Curva S del avance del relleno granular compactado en la cola de Vía.

De la gráfica anterior se puede definir las siguientes productividades promedio por hora, de las cuales se observa que se tiene una mejor productividad en la conformación de terraplenes en la zona de muros de contención de concreto armado (M.C.C.), que en la conformación del relleno estructural del muro de suelo reforzado (M.S.R.), tal como se puede apreciar en el cuadro siguiente:

Cuadro N°2.3.- Registro de productividad promedio para el relleno granular en la cola de vía

	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	PROMD.
REND.	m3/día							
M.S.R.	94.39	109.36	149.88	134.66	133.69	235.43	256.42	159.12
M.C.C.	---	---	---	---	---	---	221.77	221.76
I.P.	día/m3							
M.S.R.	0.0106	0.0091	0.0067	0.0074	0.0075	0.0042	0.0039	0.0063
M.C.C.	—	---	---	---	---	---	0.0045	0.0045

Fuente: Registros de datos tomados durante la ejecución de la obra, ver figura 2.2.

2.3 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS CON EL METODO TRADICIONAL:

El método tradicional de conformación de terraplenes, por medio de muros de contención de concreto armado como paredes de confinamiento lateral, será analizado considerando las siguientes secciones típicas, las mismas que fueron determinadas considerando las mismas condiciones de suelo y carga y la metodología AASHTO 2009.

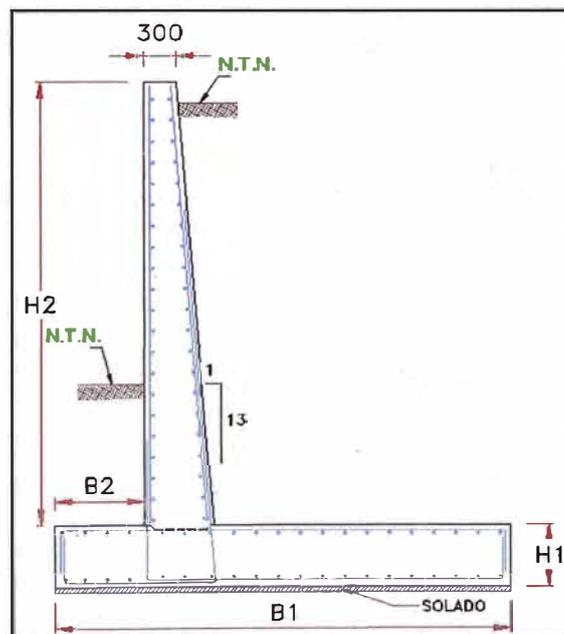


Figura N°2.3.- Sección típica del Muro de Contención de Concreto para cola de vía.

Las dimensiones de los muros de contención estará en correspondencia a las alturas del relleno a contener, en este sentido se han definido hasta 4 tipos de muros de contención, de las siguientes dimensiones:

Cuadro N°2.4.- Cuadro de dimensiones según la altura del relleno.

MURO	H1	H2	H2-Prom.	B1	B2	Longitud
TIPO	M	m	m	m	m	m
M – 1	0.70	5.70 – 4.50	5.10	5.00	0.80	37.15
M – 2	0.40	4.60 – 4.00	4.30	5.00	0.70	25.00
M – 3	0.40	3.80 – 2.80	3.30	3.55	0.65	38.20
M – 4	0.40	2.60 – 2.20	2.40	3.55	0.65	18.50

Fuente: Figura 2.3 y Figura 1.7 del presente informe, ver planos DWG-42116_01, DWG-42117_01, DWG-42118_01, adjuntos en los Anexos.

Para los diferentes tipos de muros de contención definidos en el cuadro anterior se tiene los siguientes metrados de acero, encofrado y concreto que definirán el plazo de ejecución correspondiente. Cabe mencionar que el metrado de acero de las zapatas y pantallas de los muros de contención de concreto armado se ha realizado considerando los ratios de acero de 180 Kg/m³ y 50 Kg/m³ de concreto de zapata y pantalla respectivamente, el acero de la zapata incluye todos los aceros de pantalla que empiecen desde la zapata, dado que estos trabajos se ejecutarán como parte de la zapata. Los metrados pueden ser verificados de los planos adjuntos en los anexos.

El metrado siguiente corresponde a ambos alineamientos de muros de contención de concreto armado alternativo.

Cuadro N°2.5.- Cuadro de metrados para los muros de contención de concreto armado.

MURO	Zapata			Pantalla		
	Concreto m ³	Encofrado m ²	Acero Kg	Concreto m ³	Encofrado m ²	Acero Kg
M – 1	260.05	104.02	46809.00	188.01	757.86	9400.50
M – 2	100.00	40.00	18000.00	100.06	430.00	5003.00
M – 3	108.49	61.12	19528.20	107.64	504.24	5382.00
M – 4	52.54	29.60	9457.20	34.84	177.60	1742.00
TOTAL	521.08	234.74	93794.40	430.54	1869.70	21527.50

Fuente: Cuadro 2.4 y la Figura 2.3, del presente informe.

Por otro lado debemos señalar que el volumen de relleno granular a colocar será el mismo considerado para el análisis de conformación del muro de suelo reforzado que es el siguiente:

$$\mathbf{V_{relleno} = 5\ 280m^3}$$

Además para la ejecución de muros de contención consideraremos los siguientes índices de productividad, obtenidos del análisis del trabajo realizado en el Patio de maniobras, en las zonas indicadas en la figura 1.3, del capítulo anterior.

Cuadro N°2.6.- Cuadro de índices de productividad para muros de contención.

INDICE DE PROD.	Zapata			Pantalla		
	Conc. HH/m ³	Encof. HH/m ²	Acero HH/Kg	Conc. HH/m ³	Encof. HH/m ²	Acero HH/Kg
I.P. TEORICO	1.71	2.62	0.124	5.05	5.20	0.124
I.P. META	1.68	2.60	0.045	2.50	3.00	0.045
I.P. REAL	1.77	3.74	0.035	2.06	1.08	0.044

Fuente: Registros de datos tomados durante la ejecución de la obra.

En tal sentido para los fines del presente informe se emplearán los índices de productividad reales, así también se considerará las siguientes premisas para estimar el tiempo que tomaría desarrollar el terraplén por el método tradicional:

- Las cuadrillas (Cd) estarán formadas por 10 personas.
- Se considera 6 días laborales de 9 horas de trabajo por semana.
- Solo se podrá ejecutar la conformación del relleno granular, cuando los muros alcancen al menos el 85% de su resistencia de diseño, es decir a los 7 días, de acuerdo a los ensayos practicados al concreto premezclado que se emplea en el proyecto.
- Se considerará una programación de tipo secuencial.
- Para la conformación del relleno granular se considera, solo el metrado correspondiente al tramo del muro de suelo reforzado.

Cuadro N°2.7.- Cuadro de días necesarios para la ejecución de muros de contención.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	I.P. REAL	H.H.	# de Cd.	H.H. / DIA	N° DIAS
A.	ZAPATA							
1.0	Acero	Kg	93794.40	0.04	3282.80	2.50	225.00	15.00
2.0	Encofrado	m2	234.74	3.74	877.93	0.80	72.00	12.00
3.0	Concreto	m3	521.08	1.77	922.31	0.80	72.00	13.00
B.	PANTALLA							
4.0	Acero	Kg	21527.50	0.04	947.21	1.00	90.00	11.00
5.0	Encofrado	m2	1869.70	1.08	2019.28	2.00	180.00	11.00
6.0	Concreto	m3	430.54	2.06	886.91	1.00	90.00	10.00

Fuente: Cuadros 2.5 y 2.6 del presente informe.

Asimismo el plazo de ejecución para la conformación del relleno estructural sería de acuerdo al siguiente resumen:

Cuadro N°2.8.- Cuadro de días necesarios para la ejecución del relleno granular.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	I.P. REAL (dias/m3)	N° dias
C.	TERRAPLEN				
7.0	Relleno granular	m3	5280.00	0.0045	24.00
C.	M.S.R.				
7.0	Relleno estructural	m3	5280.00	0.0063	33.00

Fuente: Figura 2.2 y el Cuadro 2.3 del presente informe.

Finalmente a continuación mostramos el cronograma comparativo entre el tiempo requerido con el método tradicional y el tiempo empleado considerando la ejecución del muro de suelo reforzado, donde se aprecia que este último permite conformar el terraplén en aproximadamente 10 días menos que con el método tradicional, lo que representa una optimización del 25% de plazo sobre el método tradicional.

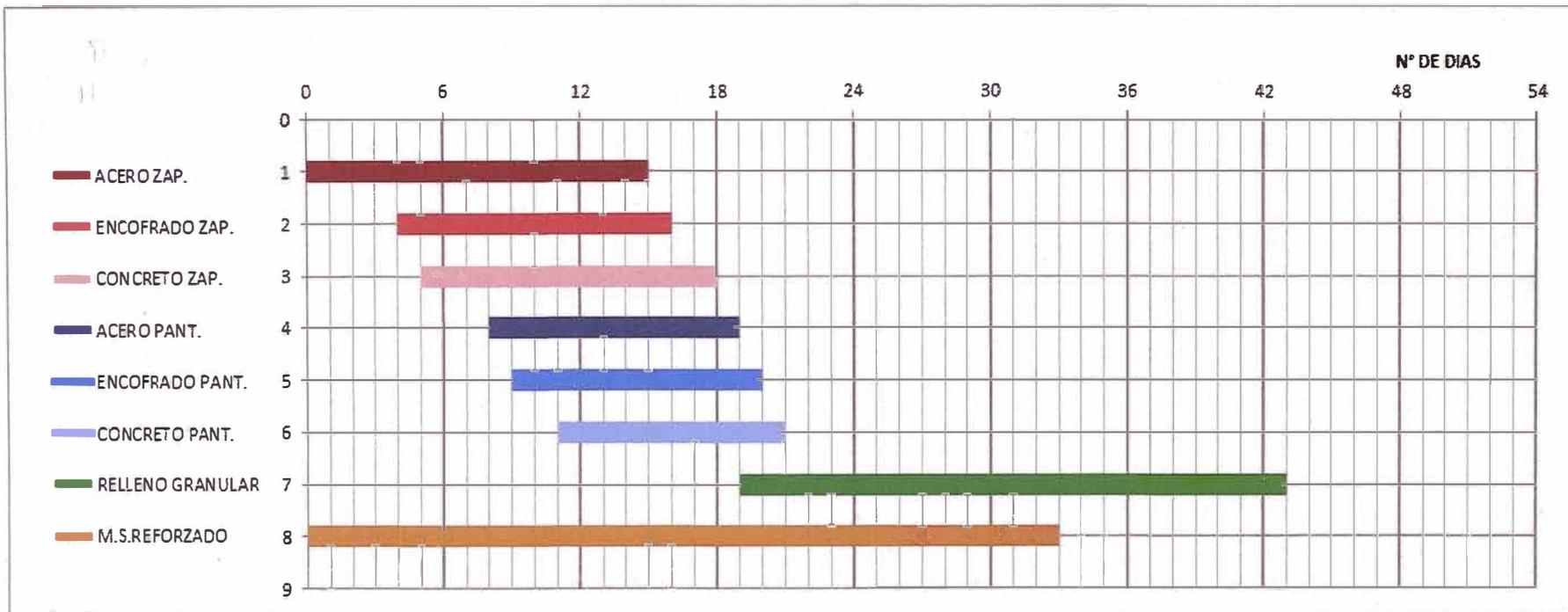


Figura N°2.4.- Cronograma Comparativo de ambas alternativas de conformación de terraplenes confinados.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LOS COSTOS REALES DE EJECUCIÓN DEL MURO DE SUELO REFORZADO

3.1 PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios, como una metodología para el desarrollo del presupuesto de obra, comprende la sumatoria del costo de todos los componentes necesarios (mano de obra, materiales, herramientas, equipos y otros) para la ejecución de una cantidad unitaria de una actividad determinada; en tal sentido en el presente informe se describirá el análisis de costos de ejecución de los muros de suelo reforzado realizado para los trabajos de conformación del paramento frontal de bloques de concreto e instalación del refuerzo de geomalla sintético del muro de suelo reforzado ejecutado en la cola de vía del proyecto del tramo 2 de la línea 1 del Tren Eléctrico, empleando la metodología de análisis por precios unitarios.

Los costos de conformación del relleno estructural así como los trabajos de excavación y otros no serán analizados como parte del presente informe, puesto que para los sistemas analizados se tendrá el mismo volumen y metodología de ejecución.

3.2 PRECIO UNITARIO TEORICO Y REAL DE EJECUCIÓN

3.2.1 PRECIO UNITARIO TEORICO

El precio unitario teórico obtenido solo para el costo directo de las siguientes partidas, las cuales permitirán cuantificar los correspondientes procesos de ejecución a analizar en el presente informe:

- Muro de bloque de concreto estándar.- Para cuantificar la ejecución del paramento frontal con bloques prefabricados de concreto.
- Instalación de geomalla UX 1600 MSE.- Para cuantificar la instalación de la geomalla de refuerzo sintético del muro de suelo reforzado.
- Relleno con material de filtro.- Para cuantificar la colocación del relleno con material de filtro en los alveolos de los bloques de concreto prefabricado del paramento frontal.

En tal sentido la composición unitaria teórica de cada una de las partidas antes indicadas son:

Cuadro N°3.1.- Precio Unitario Teórico de las partidas para el muro de suelo reforzado.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRAD O	P.U. TEO. (\$)	PARCIAL (\$)
A.	ALTERNATIVA CON MURO DE SUELO REFORZADO				
1.	MURO DE BLOQUE DE CONCRETO ESTANDAR	m2			90.39
1.1.	Mano de Obra		6.2000		30.78
1.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.2000	10.80	2.16
1.1.2.	Oficial	hh	2.0000	4.69	9.38
1.1.3.	Operario	hh	2.0000	5.40	10.80
1.1.4.	Peon	hh	2.0000	4.22	8.44
1.2.	Materiales				56.01
1.2.1.	Acero corrugado fy=4200 kg/cm2 sin habilitar	kg	1.1000	0.89	0.98
1.2.2.	Bloque de concreto 0.40x0.30x0.20 m	und	14.0000	2.34	32.76
1.2.3.	Conector para ladrillo estandar	und	28.0000	0.71	19.88
1.2.4.	Grout Nivelante	m3	0.0015	1,590.15	2.39
1.3.	Subcontratos				3.60
1.3.1.	SC alquiler de andamio metalico	hm	2.0000	1.80	3.60
2.	INSTALACION DE GEOMALLA UX 1600 MSE	m2			5.43
2.1.	Mano de Obra		0.0820		0.38
2.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0020	10.80	0.02
2.1.2.	Operario	hh	0.0200	5.40	0.11
2.1.3.	Peon	hh	0.0600	4.22	0.25
2.2.	Materiales				4.82
2.2.1.	Geomallaux 1600 mse	m2	1.1000	4.36	4.80
2.2.2.	Herramientas manuales (5%MO)	%mo	0.3900	0.05	0.02
2.3.	Equipos				0.23
2.3.1.	Camiongrua 16 ton - 420 hp	H	0.0040	58.00	0.23
3.	RELLENO CON MATERIAL DE FILTRO	m3			42.45
3.1.	Mano de Obra		2.4000		13.23
3.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.4000	10.80	4.32
3.1.2.	Operario	hh	0.4000	5.40	2.16
3.1.3.	Peon	hh	1.6000	4.22	6.75
3.2.	Materiales				21.97
3.2.1.	Material para filtro	m3	1.3000	16.90	21.97
3.3.	Equipos				7.25
3.3.1.	Camion volquete 15 m3 360 hp	H	0.0400	45.30	1.81
3.3.2.	Minicargador 70 hp	H	0.0800	26.19	2.10
3.3.3.	Vibroapisonador	H	0.4000	8.34	3.34

Fuente: Costos Unitarios de ejecución–Proyecto Tren Eléctrico.

3.2.2PRECIO UNITARIO REAL

Dado que los precios unitarios teóricos resultan de una composición correspondiente a la mano de obra, equipos, materiales y subcontratas necesarios para ejecutar cada unidad de actividades o partidas a analizar, el precio real resulta solo de la actualización del componente de la mano de obra con el índice real obtenido en campo, puesto que las cantidades y precios unitarios de los otros componentes no pueden ser optimizados como parte del proceso de producción.

En tal sentido dado que la tercera partida está por metros cúbicos de filtro empleado determinaremos su equivalente a cada metro cuadrado de muro ejecutado.

Para ello cada bloque de 0.40m x 0.30m x 0.20m de dimensiones tiene un alveolo de 0.16m x 0.22m x 0.20m, por lo tanto:

$$\text{Superficie de cada bloque} = 0.40\text{m} \times 0.20\text{m} = 0.08\text{m}^2$$

$$\text{Volumen de cada alveolo} = 0.16\text{m} \times 0.22\text{m} \times 0.20\text{m} = 0.007\text{m}^3$$

$$\text{Entonces: } 0.08\text{m}^2 \text{ de superficie} \leftrightarrow 0.007\text{m}^3 \text{ de volumen de alveolo.}$$

$$\text{Por lo tanto: } \underline{1.00\text{m}^2 \text{ de superficie} \leftrightarrow 0.0875\text{m}^3 \text{ de volumen.}}$$

Para lo antes definido el precio unitario del relleno con material de filtro por metro cuadrado de muro ejecutado será:

Cuadro N°3.2.- Precio Unitario Teórico del relleno con material de filtro por m2 de M.S.R.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. TEO. (\$)	PARCIAL (\$)
3.	RELLENO CON MATERIAL DE FILTRO	m2			3.71
3.1.	Mano de Obra		0.2100		1.16
3.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0350	10.80	0.38
3.1.2.	Operario	hh	0.0350	5.40	0.19
3.1.3.	Peon	hh	0.1400	4.22	0.59
3.2.	Materiales				1.92
3.2.1.	Material para filtro	m3	0.1138	16.90	1.92
3.3.	Equipos				0.63
3.3.1.	Camion volquete 15 m3 360 hp	H	0.0035	45.30	0.16
3.3.2.	Minicargador 70 hp	H	0.0070	26.19	0.18
3.3.3.	Vibroapisonador	H	0.0350	8.34	0.29

Fuente: Datos obtenidos a partir de los valores indicados en el cuadro 3.1 del presente informe.

Asimismo para el caso de la instalación de la geomalla de refuerzo sintético, la cantidad de metros cuadrados de geomalla a emplear por cada metro cuadrado de muro de suelo reforzado ejecutado es el siguiente:

Metrado total de Muro de Suelo Reforzado, según planos del proyecto:

Área total de MSR = 1,027.40 m²

Metrado total de Geomalla de refuerzo sintético, según planos del proyecto:

Geomallapara MSR = 12,362.28 m²

Entonces: 1.00m² de superficie <> 12.03m² de Geomalla.

Por lo tanto el precio unitario de instalación de geomalla sintética por metro cuadrado de muro de suelo reforzado ejecutado será:

Cuadro N°3.3.- Precio Unitario Teórico de Instalación de GeomallaUX 1600 MSE por m² de M.S.R.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. TEO. (\$)	PARCIAL (\$)
2.	INSTALACION DE GEOMALLA UX 1600 MSE	m²			65.33
2.1.	Mano de Obra		0.9865		4.61
2.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0241	10.80	0.26
2.1.2.	Operario	hh	0.2406	5.40	1.30
2.1.3.	Peon	hh	0.7218	4.22	3.05
2.2.	Materiales				57.93
2.2.1.	Geomallaux 1600 mse	m ²	13.2330	4.36	57.70
2.2.2.	Herramientas manuales (5%MO)	%mo	4.6917	0.05	0.23
2.3.	Equipos				2.79
2.3.1.	Camiongrua 16 ton - 420 hp	H	0.0481	58.00	2.79

Fuente: Datos obtenidos a partir de los valores indicados en el cuadro 3.1 del presente informe.

Además para obtener el precio unitario real emplearemos en el análisis los índices de productividad reales definidos en el capítulo anterior, considerando además que esos corresponden a la ejecución de las actividades o alcances de

las tres partidas del presente análisis de costos de ejecución. En tal sentido de lo concluido en el ítem 2.2.3 del presente informe se tiene que:

$$\text{IP real} = 4.616 \text{ HH / m}^2$$

Por lo tanto los metrados o componentes de la mano de obra real para cada una de las partidas analizadas serán obtenidas de la distribución del índice de productividad real obtenido, en forma proporcional a las cantidades teóricas definidas para dichas partidas:

Cuadro N°3.4.- Mano de obra real para la ejecución del muro de suelo reforzado –Cola de Vía

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO TEORICO	METRADO REAL
A.	ALTERNATIVA CON MURO DE SUELO REFORZADO			
1.	MURO DE BLOQUE DE CONCRETO ESTANDAR	m2	7.3965	4.6160
1.1.	Mano de Obra		6.2000	3.8693
1.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.2000	0.1248
1.1.2.	Oficial	hh	2.0000	1.2482
1.1.3.	Operario	hh	2.0000	1.2482
1.1.4.	Peon	hh	2.0000	1.2482
2.	INSTALACION DE GEOMALLA UX 1600 MSE	m2		
2.1.	Mano de Obra		0.9865	0.6157
2.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0241	0.0150
2.1.2.	Operario	hh	0.2406	0.1502
2.1.3.	Peon	hh	0.7218	0.4505
3.	RELLENO CON MATERIAL DE FILTRO	m2		
3.1.	Mano de Obra		0.2100	0.1311
3.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0350	0.0218
3.1.2.	Operario	hh	0.0350	0.0218
3.1.3.	Peon	hh	0.1400	0.0874

Fuente: Datos a partir de los valores de los cuadros 2.2, 3.1, 3.2 y 3.3 del presente informe.

Entonces de acuerdo a ello se tiene los siguientes Precios unitarios reales de cada una de las partidas definidas para el presente análisis:

Cuadro N°3.5.- Precio Unitario Real de las partidas para el muro de suelo reforzado.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO REAL	P.U. REAL (\$)	PARCIAL (\$)
A.	ALTERNATIVA CON MURO DE SUELO REFORZADO				
1.	MURO DE BLOQUE DE CONCRETO ESTANDAR	m2			78.82
1.1.	Mano de Obra		3.8693		19.21
1.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.1248	10.80	1.35
1.1.2.	Oficial	hh	1.2482	4.69	5.85
1.1.3.	Operario	hh	1.2482	5.40	6.74
1.1.4.	Peon	hh	1.2482	4.22	5.27
1.2.	Materiales				56.01
1.2.1.	Acero corrugado fy=4200 kg/cm2 sin habilitar	kg	1.1000	0.89	0.98
1.2.2.	Bloque de concreto 0.45x0.30x0.20 m	und	14.0000	2.34	32.76
1.2.3.	Conector para ladrillo estandar	und	28.0000	0.71	19.88
1.2.4.	Grout Nivelante	m3	0.0015	1,590.15	2.39
1.3.	Subcontratos				3.60
1.3.1.	SC alquiler de andamio metalico	hm	2.0000	1.80	3.60
2.	INSTALACION DE GEOMALLA UX 1600 MSE	m2			63.59
2.1.	Mano de Obra		0.6157		2.87
2.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0150	10.80	0.16
2.1.2.	Operario	hh	0.1502	5.40	0.81
2.1.3.	Peon	hh	0.4505	4.22	1.90
2.2.	Materiales				57.93
2.2.1.	Geomallaux 1600 mse	m2	13.2330	4.36	57.70
2.2.2.	Herramientas manuales (5%MO)	%mo	4.6917	0.05	0.23
2.3.	Equipos				2.79
2.3.1.	Camiongrua 16 ton - 420 hp	H	0.0481	58.00	2.79
3.	RELLENO CON MATERIAL DE FILTRO	m2			3.27
3.1.	Mano de Obra		0.1311		0.72
3.1.1.	Capataz - obras civiles	hh	0.0218	10.80	0.24
3.1.2.	Operario	hh	0.0218	5.40	0.12
3.1.3.	Peon	hh	0.0874	4.22	0.37
3.2.	Materiales				1.92
3.2.1.	Material para filtro	m3	0.1138	16.90	1.92
3.3.	Equipos				0.63
3.3.1.	Camion volquete 15 m3 360 hp	H	0.0035	45.30	0.16
3.3.2.	Minicargador 70 hp	H	0.0070	26.19	0.18
3.3.3.	Vibroapisonador	H	0.0350	8.34	0.29

Fuente: Cuadros 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del presente informe.

Entonces, esta optimización de la mano de obra para la ejecución del muro de suelo reforzado ha generado una reducción de casi el 10% del Costo Directo de ejecución del muro de suelo reforzado, tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro N°3.6.- Reducción del Costo Directo por la optimización de la mano de obra.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	P.U. TEORICO (\$)	P.U. REAL (\$)	DIFERENCIA (%)
A.	MURO DE SUELO REFORZADO	m2	159.43	145.68	9%
1.	Muro de Bloque de Concreto Estandar	m2	90.39	78.82	13%
2.	Instalación de Geomalla UX 1600 MSE	m2	62.33	63.59	3%
3.	Relleno con Material de Filtro	m2	3.71	3.27	12%

Fuente: Cuadros 3.1 y 3.5 del presente informe.

3.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DIRECTOS CON EL METODO TRADICIONAL:

Para la comparación de costos con el método tradicional de conformación de terraplenes, se empleará las mismas secciones consideradas para la comparación de rendimientos e índices de productividad, definidas en el capítulo anterior, de las cuales se tienen los siguientes metrados:

Cuadro N°3.7.- Metrados a considerar para los muros de contención – Cola de Vía.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO
1.	ZAPATA DE MURO DE CONTENCIÓN		
1.1	Acero de refuerzo ASTM A615 de zapata	Kg	93,794.40
1.2	Encofrado y desencofrado metálico para zapata	m2	234.74
1.3	Concreto $f_c=210$ Kg/cm ² para zapata	m3	521.08
2.	PANTALLA DE MURO DE CONTENCIÓN		
2.1	Acero de refuerzo ASTM A615 de pantalla	Kg	21,527.50
2.2	Encofrado y desencofrado metálico para pantalla	m2	1,869.70
2.3	Concreto $f_c=210$ Kg/cm ² para pantalla	m3	430.54

Fuente: Cuadro 2.5 del presente informe.

Estos metrados corresponden a los 237.70 metros lineales de muros de contención con la siguiente sección:

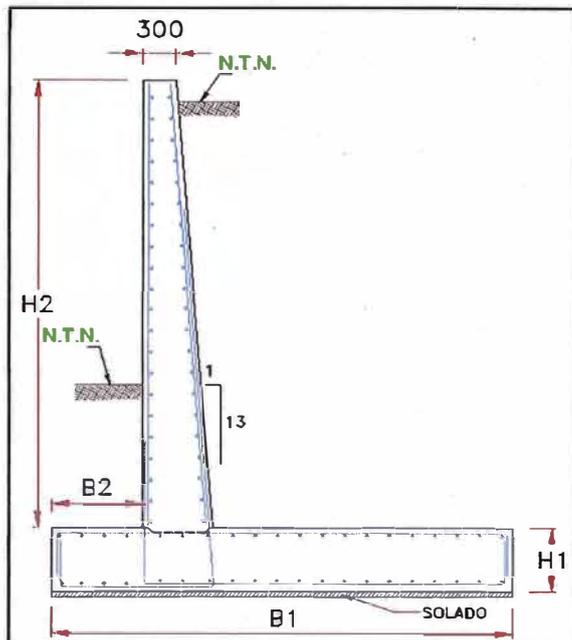


Figura N°3.1.- Sección típica del Muro de Contención de Concreto para cola de vía.

Cuadro N°3.8.- Cuadro de dimensiones según la altura del relleno.

MURO	H1	H2 Promedio.	B1	B2	Longitud	Área de Muro
TIPO	M	m	m	m	M	M2
M - 1	0.70	5.10	5.00	0.80	37.15	215.47
M - 2	0.40	4.30	5.00	0.70	25.00	117.50
M - 3	0.40	3.30	3.55	0.65	38.20	141.34
M - 4	0.40	2.40	3.55	0.65	18.50	51.80
TOTAL					118.85	526.11

Fuente: Cuadro 2.4 del presente informe.

Por lo tanto los metrados indicados en la tabla anterior corresponden a **1,052.22m²** de muros de contención, los cuales se reducirán a las cantidades correspondientes por cada metro cuadrado de muro de contención para los que además se consideraran los precios unitarios obtenidos en la ejecución de los muros de contención ejecutados en otros tramos de la Cola de Vía, cuyo análisis o procedimiento de obtención no forman parte de los alcances del presente informe.

Cuadro N°3.9.- Precio Unitario Real de las partidas para muro de concreto armado.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	METRADO REAL	P.U. REAL (\$)	PARCIAL (\$)
B.	ALTERNATIVA CON MURO DE CONCRETO ARMADO				
1.	ZAPATA DE MURO DE CONTENCIÓN	m2			184.07
1.1.	Acero de refuerzo ASTM A615 de zapata	Kg	89.14	1.41	125.69
1.2.	Encofrado y desencofrado metálico para zapata	m2	0.22	20.96	4.61
1.3.	Concreto $f'c=210$ Kg/cm2 para zapata	m3	0.50	107.55	53.78
2.	PANTALLA DE MURO DE CONTENCIÓN	m2			124.96
2.1.	Acero de refuerzo ASTM A615 de pantalla	Kg	20.46	1.42	29.05
2.2.	Encofrado y desencofrado metálico para pantalla	m2	1.78	28.02	49.88
2.3.	Concreto $f'c=210$ Kg/cm2 para pantalla	m3	0.41	112.27	46.03

Fuente: Datos obtenidos de los Cuadros 3.6 y 3.7 del presente informe.

Por lo tanto para cada metro cuadrado de muro de confinamiento de terraplenes se tiene los siguientes costos directos unitarios, en cada una de las dos alternativas analizadas en el presente informe:

Cuadro N°3.10.- Comparación de Costos Directos entre el MSR y el MCA.

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	P.U. REAL (\$)
A.	MURO DE SUELO REFORZADO (MSR)	m2	145.68
1.	Muro de Bloque de Concreto Estandar	m2	78.82
2.	Instalación de Geomalla UX 1600 MSE	m2	63.59
3.	Relleno con Material de Filtro	m2	3.27
B.	MURO DE CONCRETO ARMADO (MCA)	m2	309.03
1.	Zapata de Muro de Contención	m2	184.07
2.	Pantalla de Muro de Contención	m2	124.96

Fuente: Cuadros 3.5 y 3.9 del presente informe.

Por lo tanto de esta forma se deduce que la ejecución de terraplenes confinados empleando el sistema de muros de suelo reforzado tiene un costo directo de aproximadamente el 50% del costo directo del sistema tradicional, empleando muros de contención de concreto armado.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En el presente informe se desarrolla la técnica de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall para la conformación de terraplenes confinados, ejecutado como parte del proyecto del Tren Eléctrico, cuya información disponible fue empleada en la elaboración del presente informe técnico de análisis de productividad y costos directos de ejecución.
- Del análisis de rendimientos y productividad se concluye que la ejecución de terraplenes confinados empleando el sistema no tradicional de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall, requiere de un menor tiempo que ejecución que empleando un sistema tradicional con muros de contención de concreto armado, dado que permiten la conformación del terraplén de forma paralela a la ejecución de los muros de confinamiento lateral, razón por la cual se convierte en una buena alternativa ingenieril en proyecto de corto plazo de ejecución.
- Del análisis de costos directos se concluye que el sistema de confinamiento lateral de terraplenes de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall es una tecnología con un costo directo de solo el 50% del costo directo de ejecución de sistemas tradicional de confinamiento mediante muros de contención de concreto armado.
- Los sistemas de suelo reforzado requieren de un menor tiempo y costo de ejecución y permiten obtener estructuras con el mismo grado de seguridad que los sistemas tradicionales de confinamiento de terraplenes o contención de taludes de muros de contención de concreto armado.
- En la ejecución de muros de suelo reforzado tipo Mac-Wall la conformación del relleno estructural condicionará los plazos de ejecución.
- El índice de producción de la mano de obra para la ejecución de los paramentos frontales de bloques prefabricados de concreto e instalación de geomallas de refuerzo sintético que permita asegurar la calidad y rentabilidad del proyecto puede establecerse entre 4.5 y 5.0 horas hombre por metro cuadrado de muro de suelo reforzado tipo Mac-Wall ejecutado.

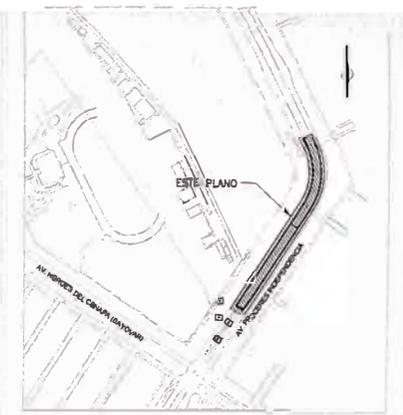
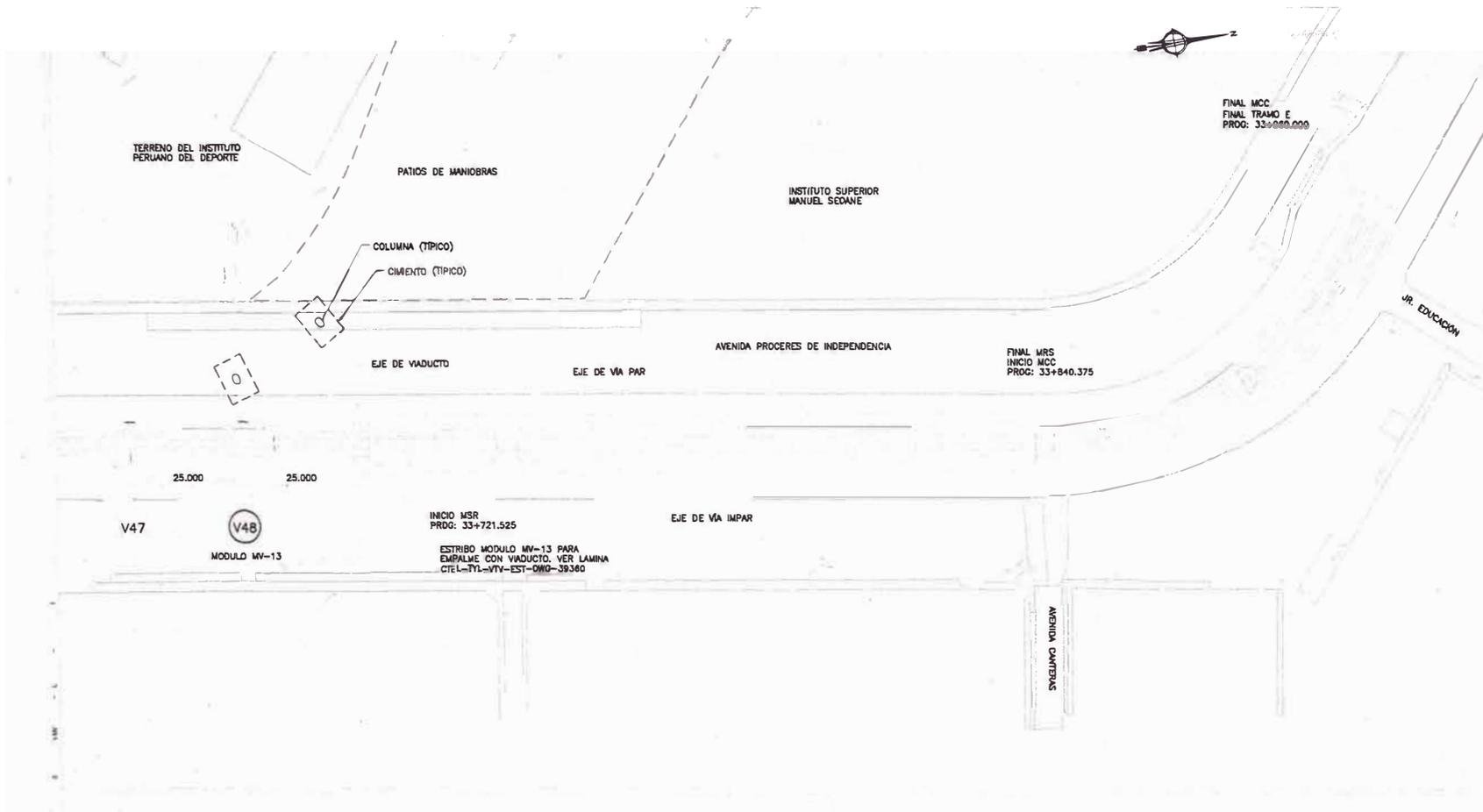
4.2 RECOMENDACIONES

- Para asegurar la productividad de ejecución de los muros de suelo reforzado es recomendable asegurar el abastecimiento constante de material de relleno, dado que la conformación del relleno estructural granular controlado es la que determina el plazo de ejecución del muro de suelo reforzado.
- Para la ejecución de muros de suelo reforzado es recomendable de acuerdo al volumen de trabajo a ejecutar, delegar el trabajo de conformación del relleno estructural granular controlado a empresas especializadas en la conformación de rellenos, debido a que para su ejecución se requiere de una amplia diversidad de equipos, los mismos que podrían generar un sobre costo elevado de no tener una buena administración de los mismos.
- Es recomendable establecer un buen cronograma de ejecución de los trabajos de ejecución del paramento frontal y la conformación del relleno estructural, para evitar trabajos en paralelo, que pudieran obstruir el desarrollo de la otra actividad o generar algún accidente al personal de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

- Capeco, "Construcción de Estructuras, Manual de Obra", Lima, 1988.
- Consorcio Tren Eléctrico, "Expediente Técnico Parcial Cola de Vía Tramo V – Módulo MV10 al MV13 y Muros", Lima, 2012.
- Consorcio Tren Eléctrico, "Expediente Técnico Parcial – Patio de Maniobras – Movimiento de Tierras", Lima, 2012.
- Ghio Virgilio, "Productividad en Obras de Construcción" - Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2001.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras no pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito", Lima, 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000)", Lima, 2000.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas", Lima, 2010.
- Valdivia Mercado Sonia, "Instrumentos de Gestión Ambiental en el Sector de la Construcción" - Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2002.

ANEXOS.



PLANTA GENERAL
esc. 1:500

LEYENDA

MSR = MURO DE SUELO REFORZADO
MCC = MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO

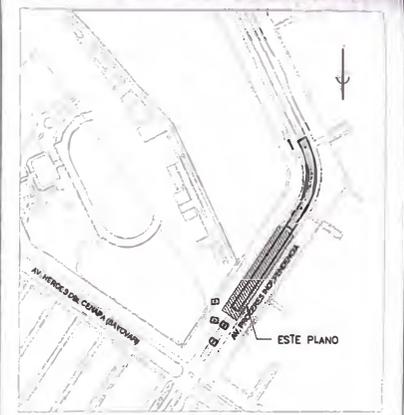
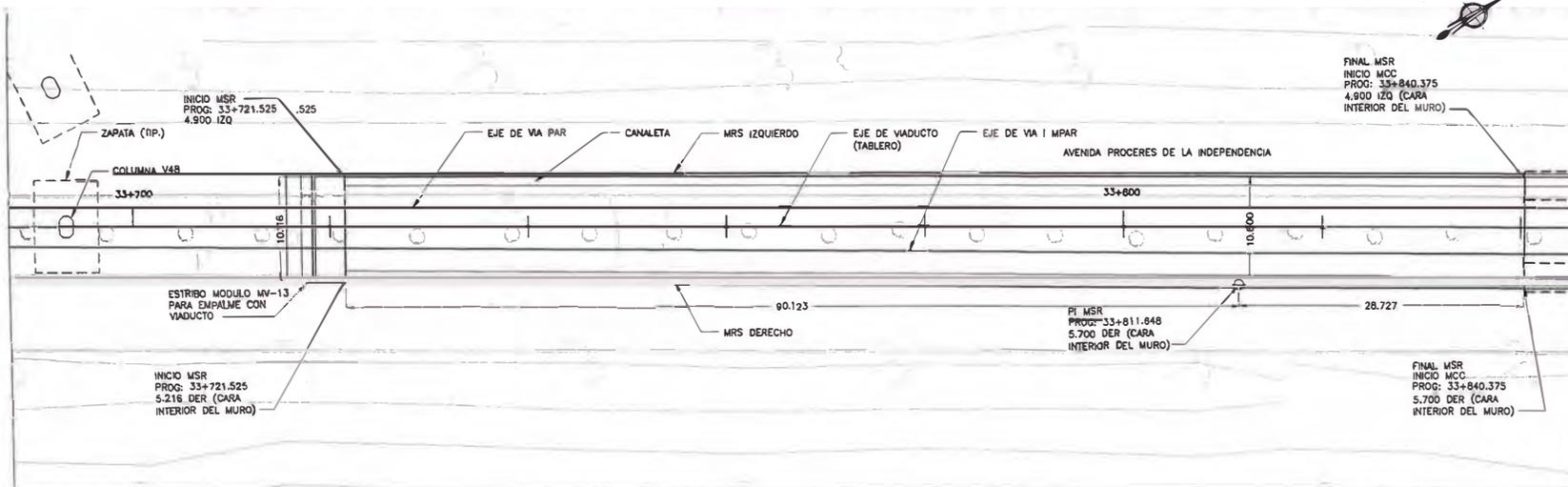
NOTAS:
1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN METROS SALVO INDICACIÓN

Referencias:
CTEL-TYL-CDV-EST-DWG-39402
CTEL-TYL-CDV-EST-DWG-39403
CTEL-TYL-CDV-EST-DWG-39408
CTEL-TYL-CDV-EST-DWG-39409
CTEL-TYL-CDV-EST-DWG-39360

APROBADO SIN COMENTARIOS	Cas. 1	FECHA:
APROBADO CON COMENTARIOS	Cas. 2	
REVISAR Y REBIBLAR	Cas. 3	

Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	REVIS.	APROB.
01	17-MAY-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO WVI
0A	11-ABR-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO WVI

Ejecución de las obras civiles y electromecánicas del sistema eléctrico de transporte masivo de Lima y Callao
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO
 Proyecto: **C.TEL.TYL.CDV.EST.DWG.39500.01**
 Plano: **COLA DE VIA PLANO GENERAL**
 Escala: (A1)
 INDICADA



LEYENDA

- JD = JUNTA DE DILATACION
- NCSR = NIVEL COTA SUBRASANTE
- NPT = NIVEL PISO TERMINADO
- MSR = MURO DE SUELO REFORZADO
- MCC = MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO
- FLN = FONDO LOSA DE NIVELACION

- Notas:
1. TODAS LAS NIVELLES Y MEDIDAS ESTÁN EN METROS, SALVO INDICACION.
 2. LA INFORMACION DE LOS MUROS ESTA DADA A LA CARA INTERIOR DEL MURO.

Referencias:
 CTEL-TYI-CDV-EST-DWG-36500
 CTEL-TYI-CDV-EST-DWG-36501
 CTEL-TYI-CDV-EST-DWG-36503

Supervisor:	APROBACION COMENTARIOS	CAD. 1	FIRMA:
REVISAR Y REDISENAR	APROBACION COMENTARIOS	CAD. 2	
	REVISAR Y REDISENAR	CAD. 3	

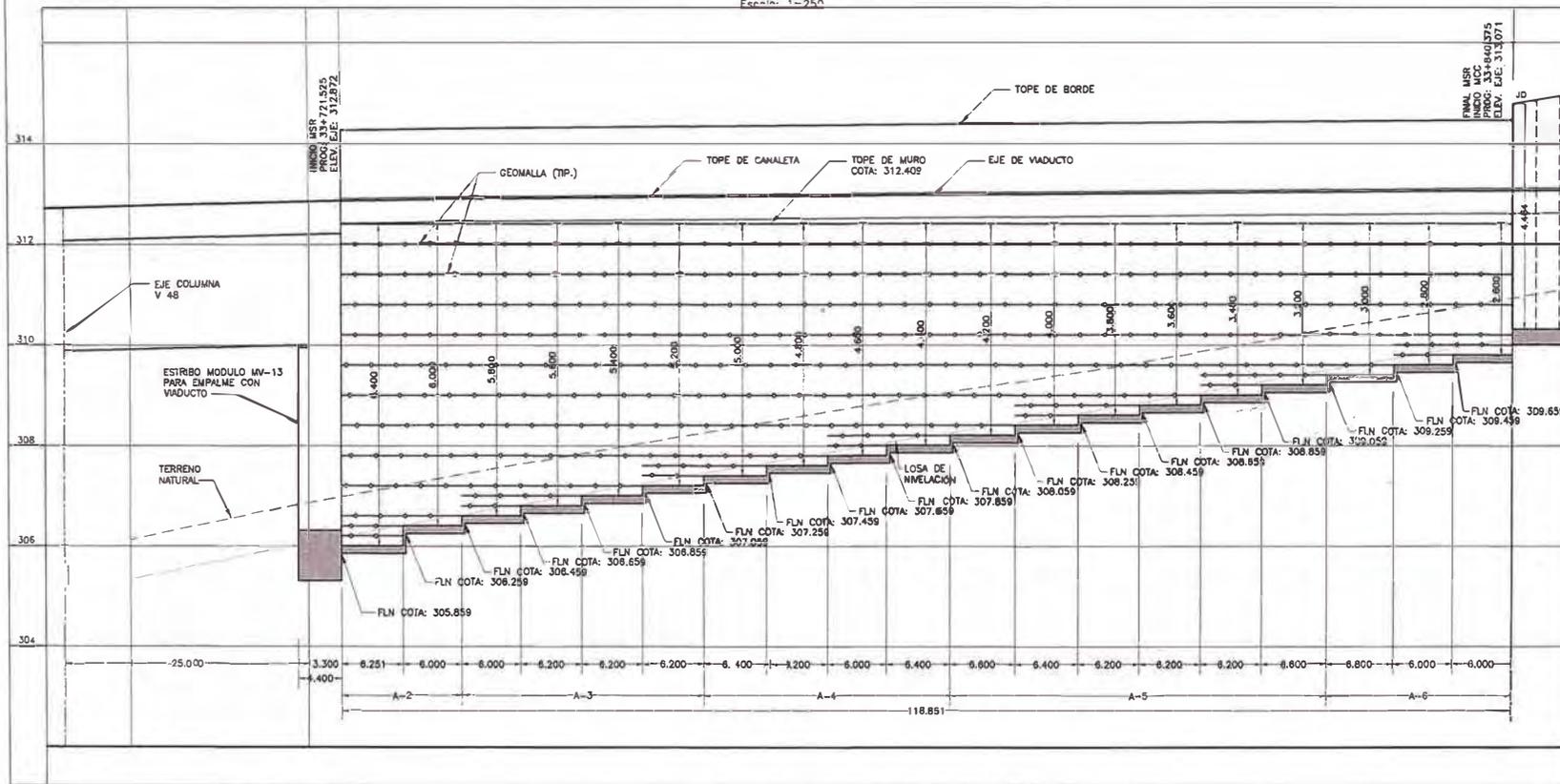
01-23-May-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WM
0A-11-ABR-12	EMIT. DOPARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WM
Rev. DOMANUA	Descripción de la revisión	PREP.	REVIS.	VERIF.	APROB.

Clientes: **MTC** **ODERBRECHT** **TYLIN INTERNATIONAL**

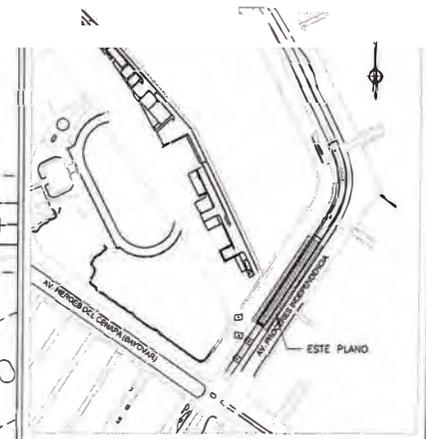
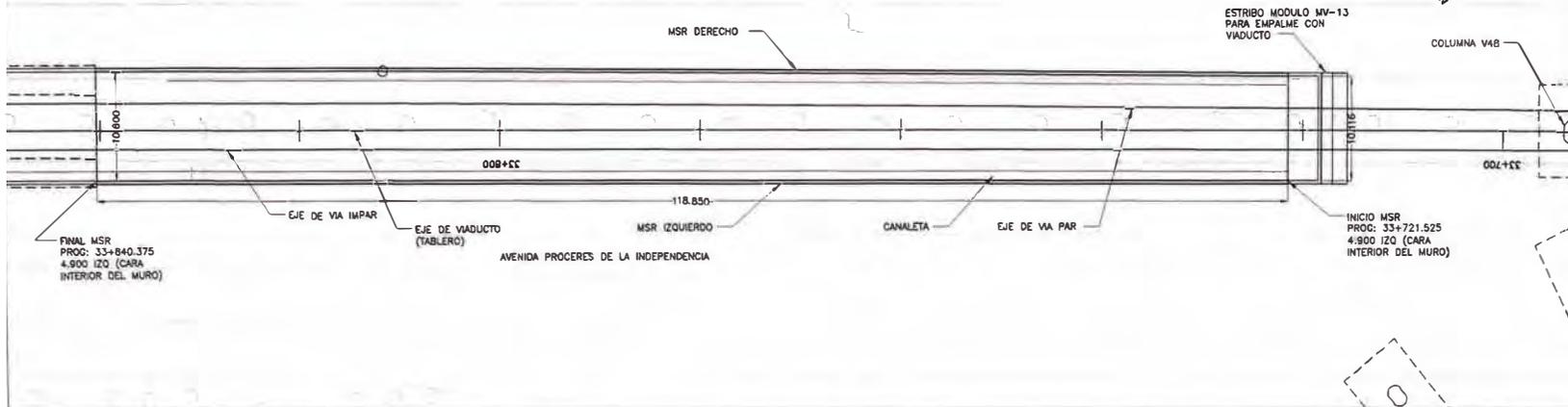
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código:	C, T, E, L, T, Y, L, C, D, V, E, S, T, D, W, G, 3, 9, 5, 0, 2, 0, 1	Rev.:	01
Título del Plano:	COLA DE VIA	Escala:	(A1)
	PLANO PERFIL MSR DERECHO	INICIADA	

MURO DE SUELO REFORZADO DERECHO
 PLANTA
 Escala: 1=250



MURO DE SUELO REFORZADO DERECHO
 PERFIL LONGITUDINAL
 Escala Horizontal: 1=250
 Escala Vertical: 1=250/3



LEYENDA

- JD = JUNTA DE DILATACION
- NCSR = NIVEL COTA SUBRASANTE
- NPT = NIVEL PISO TERMINADO
- MSR = MURO DE SUELO REFORZADO
- MCC = MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO
- FLN = FONDO LOSA DE NIVELACION

Notas:
 1. TODAS LOS NIVELES Y MEDIDAS ESTÁN EN METROS, SALVO INDICACION.
 2. LA INFORMACIÓN DE LOS MUROS ESTA DADA A LA CARA INTERIOR DEL MURO.

Referencias:
 CTEL-TYL-COV-EST-DWG-39500
 CTEL-TYL-COV-EST-DWG-39501
 CTEL-TYL-COV-EST-DWG-39502

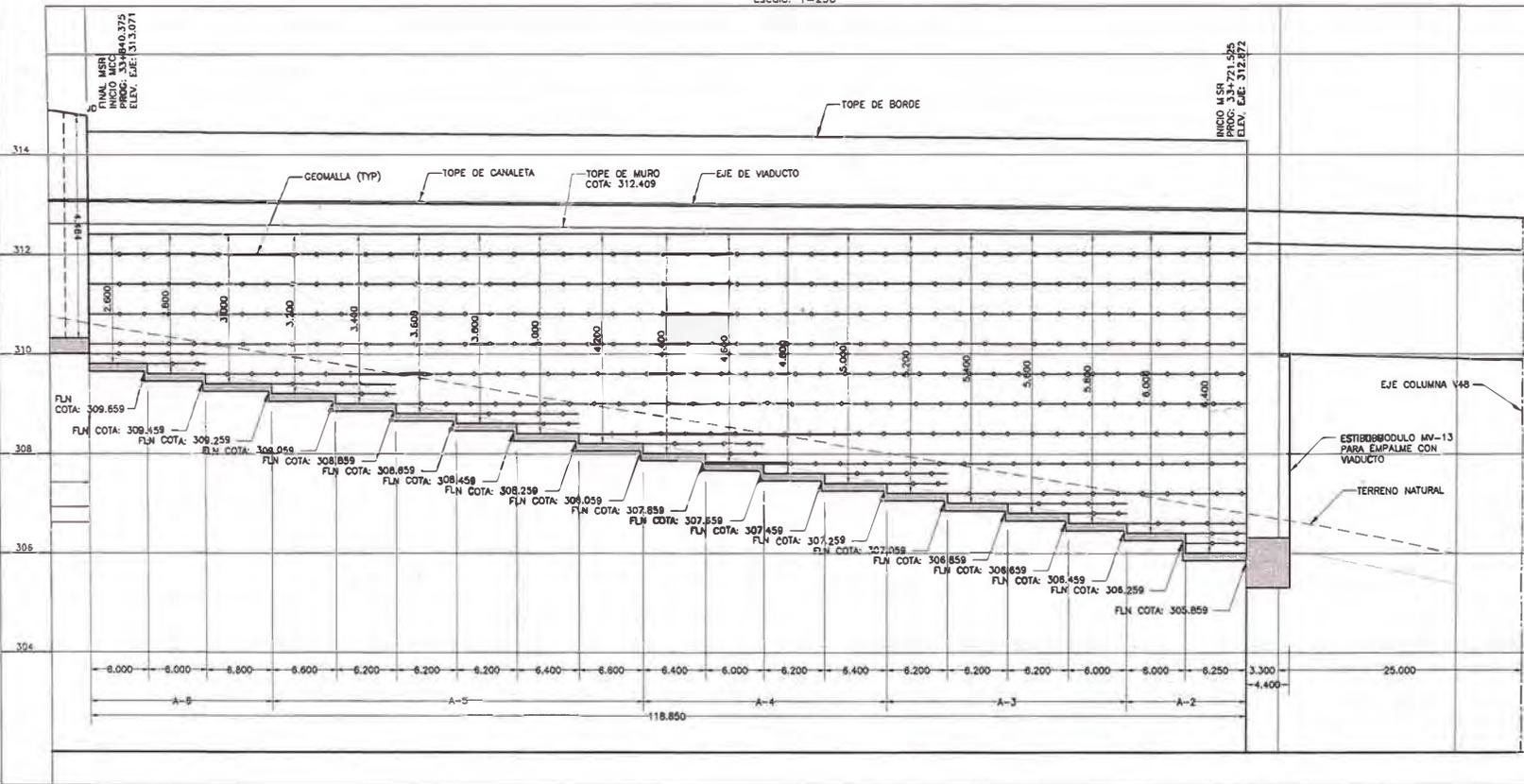
Supervisión:	APROBADO EN COMENTARIOS	Cad. 1	Firma:
CESEB	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
POYRY	REVISAR Y RESUMIR	Cad. 3	

D1 23-May-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	VM	
04 11-ABR-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	VM	
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	PREP.	REVIS.	VERIF.	APROB.

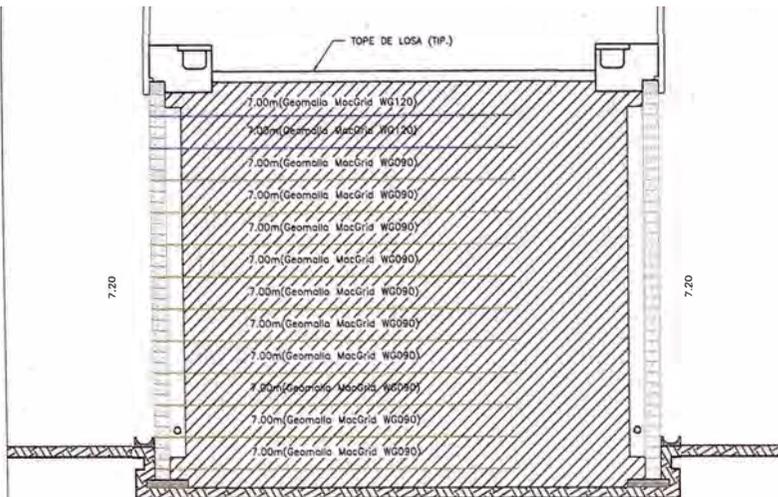
Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

C	T	E	L	T	L	C	D	V	E	S	T	D	W	G	3	9	5	0	3	0	1
Título del Plano:																				Escala:	
COLA DE VIA																				(A1)	
PLANO PERFIL MSR IZQUIERDO																				INDICADA	

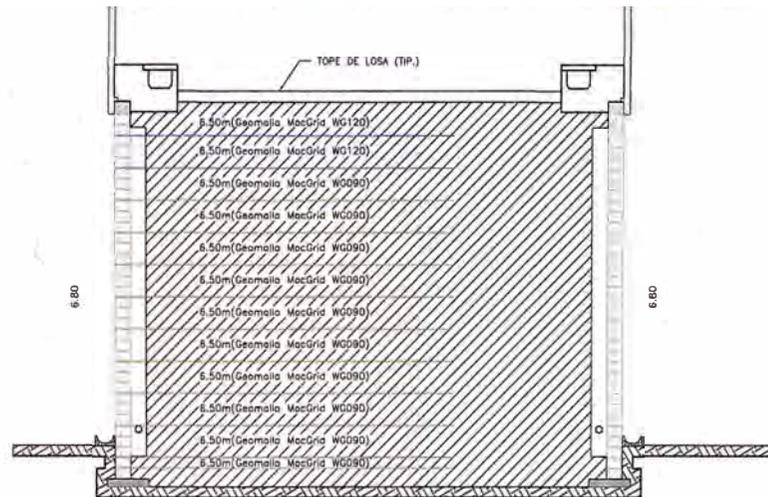
MURO DE SUELO REFORZADO IZQUIERDO
 ELABORA
 Escala: 1=250



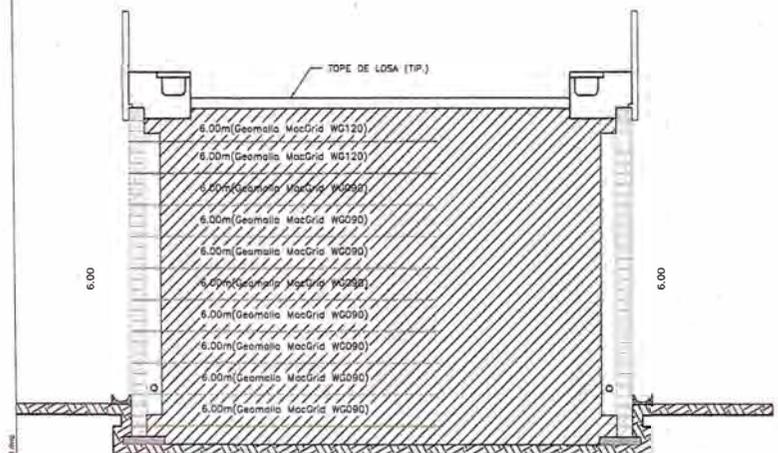
MURO DE SUELO REFORZADO IZQUIERDO
 PERFIL LONGITUDINAL
 Escala Horizontal: 1=250
 Escala Vertical: 1=250/3



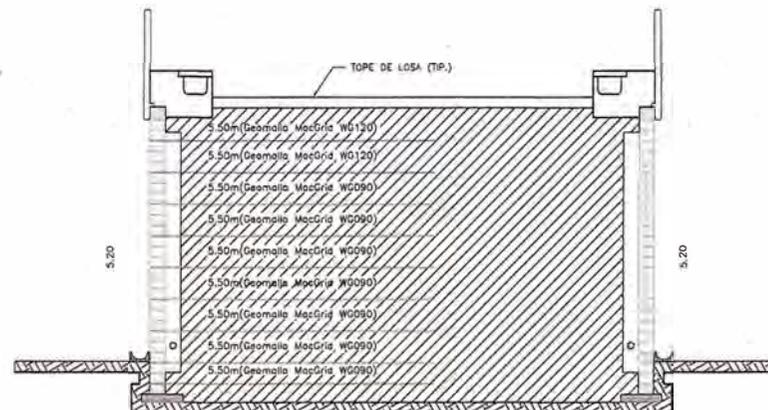
SECCIÓN MURO A-1 H=7.20
Esc: 1/50



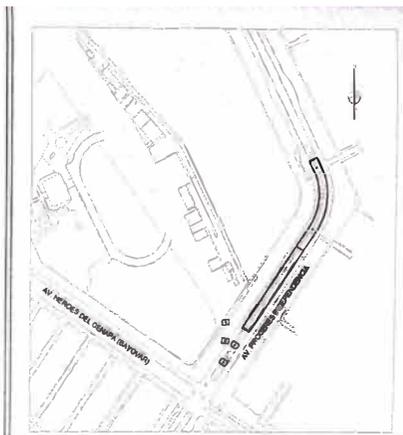
SECCIÓN MURO A-2 H=6.80
Esc: 1/50



SECCIÓN MURO A-3 H=6.00
Esc: 1/50



SECCIÓN MURO A-4 H=5.20
Esc: 1/50



LEYENDA

Notas:
1 - DIMENSIONES EN METROS, SALVO INDICADO.

Referencias:
• VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO DERECHO EN PLANO DWG-39502
• VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO IZQUIERDO EN PLANO DWG-39503

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cad. 1	Fecha:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
POYRY			

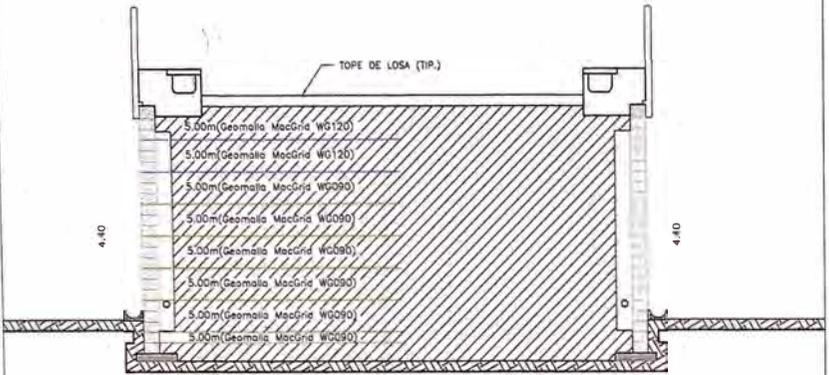
01 23-May-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
DA 11-ABR-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
Rev:	Fecha DISEÑO	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVISAR

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

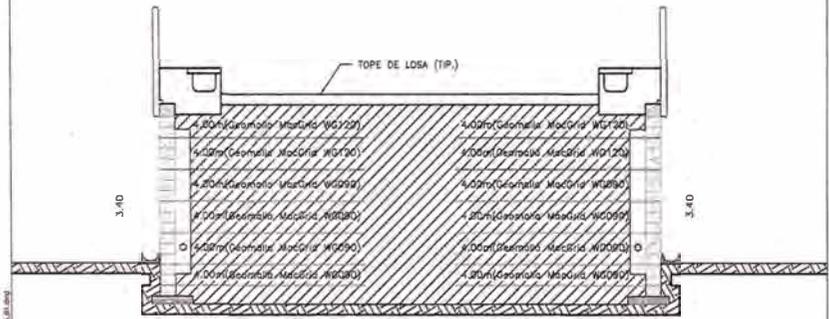
Coord: C, T, E, L, T, Y, L, C, D, V, E, S, T, D, W, G, 3, 9, 5, 0, 4, 0, 1

Plan: COLA DE VIA MSR - DETALLES

NOTA
La distribución de los refuerzos del muro Derecho son iguales a la del muro izquierdo



SECCIÓN MURO A-5 H=4.00
ESC: 1/50



SECCIÓN MURO A-6 H=3.40
ESC: 1/50

Especificaciones

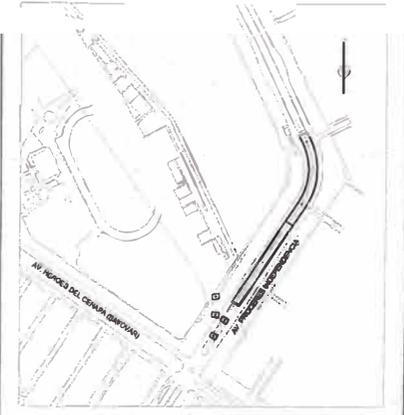
GEOMALLA MACGRID WG120		
Propiedades	Unidad	Valor
Resist. Última Longitudinal a la Tracción	kN/m	120.0
Deformación a la rotura	%	12
Abertura Nominal Longitudinal	mm	21
Abertura Nominal Transversal	mm	25
Factores de Reducción Global		
Fluencia - Creep RF_{CR}	---	1.43
Durabilidad RF_D	---	1.15
Daños de Instalación RF_I	---	1.03
Factor de Reducción Total RF_C	---	1.69
Resistencia a Largo Plazo, $LIDS=T_{u,0}/RF_C$	kN/m	71.0

GEOMALLA MACGRID WG90		
Propiedades	Unidad	Valor
Resist. Última Longitudinal a la Tracción	kN/m	90.0
Deformación a la rotura	%	10
Abertura Nominal Longitudinal	mm	22
Abertura Nominal Transversal	mm	25
Factores de Reducción Global		
Fluencia - Creep RF_{CR}	---	1.43
Durabilidad RF_D	---	1.15
Daños de Instalación RF_I	---	1.03
Factor de Reducción Total RF_C	---	1.69
Resistencia a Largo Plazo, $LIDS=T_{u,0}/RF_C$	kN/m	53.0

TUBERIA MACPIPE CP100		
Propiedades	Unidad	Valor
Diámetro nominal	mm (pulg)	100 - 4"
Diámetro externo (D)	mm	120
Diámetro interno (d)	mm	100
Rigidez mínima al 5% de Deflexión	kPa	210
Tipo de perforación		Ranura
Área abierta perforada	cm ² /m	50
Cantidad de perforaciones	und/m	244
Ancho de perforación	mm	1.3
Longitud de perforación	mm	16

GEOTEXTIL MACTEX N 40.1		
Propiedades	Unidad	Valor
Resistencia a la Tracción	N	711
Elongación a la Tracción	%	>50
Resistencia al Punzamiento	N	400
Resistencia al Estallido	KPa	2170
Resistencia al Desgarro Trapezoidal	N	289
Permeabilidad	cm/s	0.30
Permisividad	s-1	1.60
Tamaño de abertura aparente	mm	0.212

ÁREAS DE LOS MUROS				
MURO	IZO	DER	TOTAL	UNIDAD
MURO A-1	0	0	0	m ²
MURO A-2	76.00	76.00	152.00	m ²
MURO A-3	135.24	135.24	270.48	m ²
MURO A-4	117.53	117.53	235.06	m ²
MURO A-5	142.40	142.40	284.80	m ²
MURO A-6	52.80	52.80	105.60	m ²



LEYENDA

Notas:
1 - DIMENSIONES EN METROS, SALVO INDICADO.

Referencias:
• VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO DERECHO EN PLANO DWG-39502
• VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO IZQUIERDO EN PLANO DWG-39503

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cad. 1	Fecha:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
POYRY	NO APROBADO (COMENTARIOS)	Cad. 3	

01 23-May-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
DA 11-ASR-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
Rev:	Fecha: 20/MAR/11	Elaborador de la revisión:	ELABOR.	DISEÑO:	REVIS.

Proyecto: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO					
Codigo:	C, T, E, L, T, Y, L, C, D, V, E, S, T, V, T, V, 3, 9, 5, 0, 5, 0, 1	Rev:		Escala:	(A1)
Plano:	COLA DE VIA MSR - DETALLES				INDICADA

NOTA
La distribución de los refuerzos del muro Derecho son iguales a la del muro izquierdo

MUROS DE SUELO REFORZADO

1. TODAS LAS PROGRESIVAS Y DESPLAZAMIENTOS SON MEDIDOS DESDE LA CARA INTERIOR DEL MURO DE SUELO REFORZADO.
2. PARA INFORMACIÓN DE LOS SUELOS EXISTENTES Y SUS PROPIEDADES, REFERIRSE AL INFORME/REPORT DE GEOTECNIA.
3. LOS SUELOS EN LA ZONA DEL RELLENO REFORZADO, RELLENO RETENIDO, DE LA FUNDACION, Y DEL FILTRO, DEBERÁN ESTAR DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DE MUROS DE CONTENCIÓN POR SUELO REFORZADO, ADICIONALES O COMPLEMENTARIAS A LOS REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS PRESENTADOS A CONTINUACION.

LOS SUELOS A USARSE EN LA ZONA DEL RELLENO REFORZADO Y DEL FILTRO (DETRAS DEL MURO) DEBERAN CUMPLIR CON LA SIGUIENTE GRANULOMETRIA:

GRANULOMETRIA PARA RELLENO REFORZADO		GRANULOMETRIA PARA MATERIAL FILTRO (DETRAS DE MURO)	
TAMIZ No.	PORCENTAJE PASANDO	TAMIZ No.	PORCENTAJE PASANDO
No.40	0-80	3/4"	75-100
No.200	0-15	No.4	0-80
		No.40	0-50
		No.200	0-5

NOTA: EL INDICE DE PLASTICIDAD DEBE SER MENOR A 6 Y EL LIMITE LIQUIDO MENOR A 40

PARAMETROS DE SUELOS ADOPTADOS PARA EL DISEÑO: EL CONTRATISTA DEBERA OBTENER PROPIEDADES EQUIVALENTES DENTRO DE LOS LIMITES DE DESVIACION APLICABLES DURANTE LA SELECCION, INSTALACION Y COMPACTACION DE LOS SUELOS. APROBACION DE MATERIALES: RESULTADOS DE PRUEBAS DE MATERIALES Y METODO CONSTRUCTIVO DEBERA SER PREVIAMENTE REVISADO Y APROBADO POR EL INGENIERO GEOTECNICO DE FUNDACIONES. ESTAS VERIFICACIONES SERAN REALIZADAS AL MOMENTO DE LA CONSTRUCCION.

SUELOS	PESO UNITARIO SECO γ_d (Ton/m ³)	PESO UNITARIO SATURADO γ_{sat} (Ton/m ³)	COHESION APARENTE c (Ton/m ²)	ANGULO FRICCION ϕ (GRADOS)
TERRENO DE FUNDACION	2.0	2.0	0	38
RELLENO POSTERIOR AL MURO	2.0	2.0	0	38
RELLENO GRANULAR COMPACTADO	1.9	1.9	0	34

4. CARGA SISMICA (ACELERACION HORIZONTAL MAXIMA A NIVEL DE SUELO): 0.50G (0.25G PARA EL DISEÑO PSEUDO ESTATICO)
5. METODOLOGIA DE DISEÑO: MASHITO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, 2010 (ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE PUENTES DE LA ASOCIACION NORTEAMERICANA DE AUTORIDADES ESTATALES DE TRANSPORTE POR CARRETERAS, DISEÑO POR FACTOR DE RESISTENCIA A LA CARGA, 2010), A TRAVES DEL MANUAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MUROS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS DE LA FHWA, PUBLICACION NO. FHWA-NHI-00-043 (NHI CURSO NO. 132042 (2001).
6. CONCRETO ARMADO O REFORZADO
 PROPVEER LOS SIGUIENTES MATERIALES CON SU RESPECTIVA CAPACIDAD MINIMA EN COMPRESION EN CILINDROS DE 28 DIAS:
 VACIADO IN-SITU (LOSA DE NIVELACION PARA MUROS DE SUELO REFORZADO) 21MPa
 PREFABRICADO (BLOQUES DE CONCRETO) 25MPa

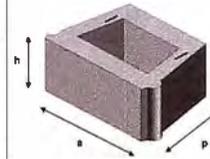
 ACERO DE REFUERZO ASTM A 615, GRADO 60 (4,200kg/cm2)

 RECUBRIMIENTO DE CONCRETO (A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN LOS DETALLES):
 ESQUINAS DE CONCRETO: A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO EN LOS DETALLES, BISELAR ESQUINAS EXPUESTAS POR 20MM.

 7. VIDA DE SERVICIO MINIMA PARA LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELOS REFORZADOS: 75 AÑOS.

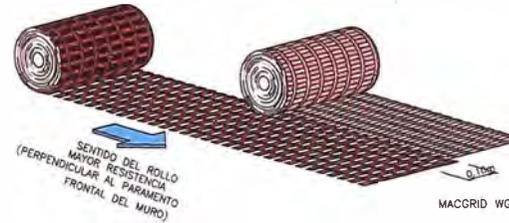
 8. SOBRECARGA VIVA VERTICAL UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA: 5.7 Ton/m2
 SOBRECARGA MUERTA VERTICAL UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA: 1.2 Ton/m2

 9. NO CONSTRUIR LOSA DE NIVELACION, NI INSTALAR RELLENO DE RETENCIÓN O PRIMERA CAPA DE MALLAS DE REFUERZO HASTA OBTENER APROBACION POR EL AREA DE CALIDAD.

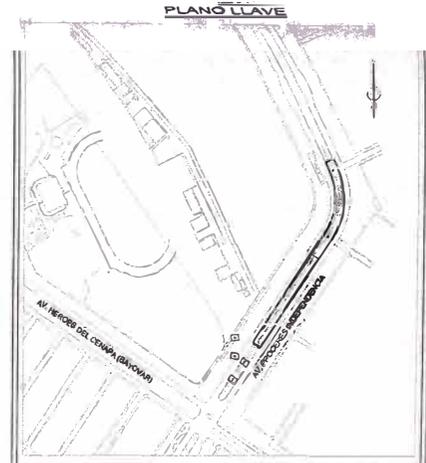


DIMENSIONES	
Largo (a)	40cm
Altura (h)	20cm
Profundidad (p)	30cm
Peso aproximado	33kg.

DETALLE DEL BLOQUE MACWALL O SIMILAR



DETALLE DE TRASLAPE LATERAL DE LA GEOMALLA MACGRID O SIMILAR



LEYENDA

Notas:			
Referencias:			

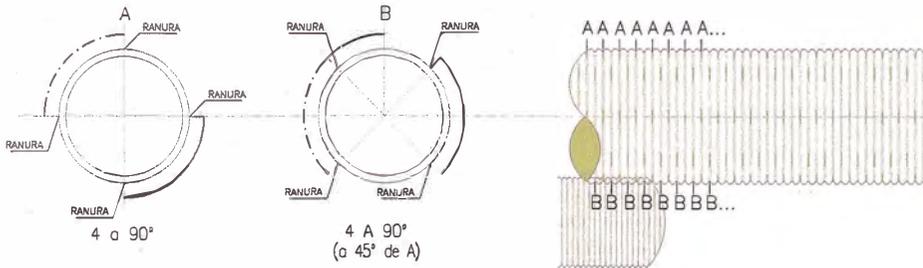
Supervisión:	APROBADO CON COMENTARIOS Cda.1	FORMA:
FEEL	APROBADO CON COMENTARIOS Cda.2	
POYRY	REVISAR Y REANIMAR Cda.3	

01	23-May-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	VVV
0A	11-ABR-12	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	VVV

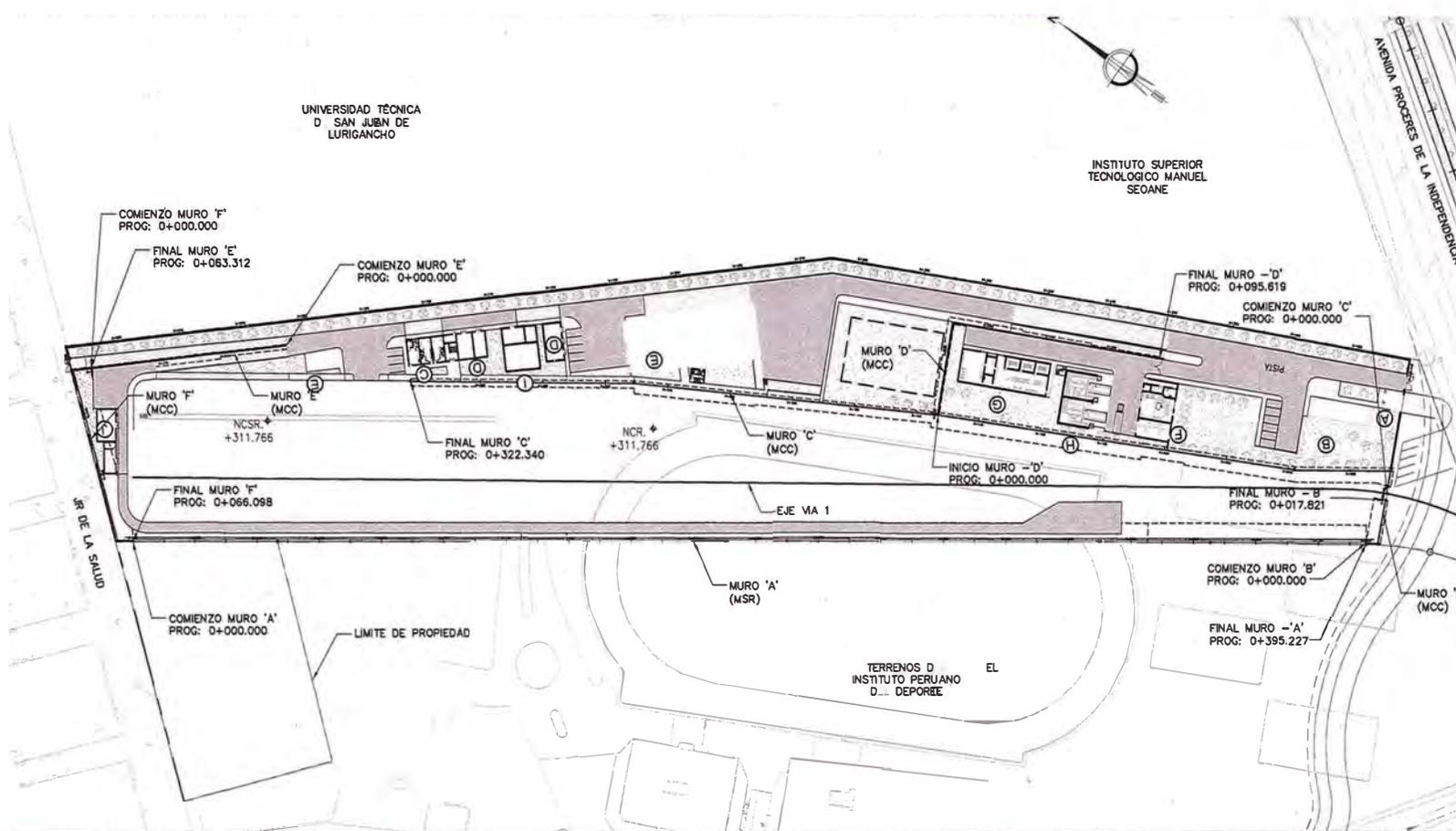
Rev.	Fecha DISEÑADA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
------	----------------	----------------------------	---------	--------	--------	--------

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código:	Rev:
C, T, E, L, T, Y, L, C, D, V, E, S, T, D, W, G, 3, 9, 5, 0, 6, 0, 1	
Plano:	Escala: (A1)
DETALLES MURO DE SUELO REFORZADO (1/2)	INDICADA



DETALLE DE TUBO MACPIPE CP100 O SIMILAR HDPE CORRUGADO FLEXIBLE Ø 4" PERFORADO



- LEYENDA**
- MSR = MURO SUELO REFORZADO
 - MCC = MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO
 - NPT = NIVEL PISO TERMINADO
 - NCR = NIVEL DE COTA RASANTE
 - NCSR = NIVEL COTA SUB-RASANTE

- NOTAS**
1. TODOS LOS NIVELES Y MEDIDAS ESTÁN EN METROS, SALVO INDICACIÓN.
 2. LA MALLA METÁLICA FORMA PARTE DE LAS OBRAS EXTERIORES, QUE SERÁN PRESENTADOS EN OTRO EXPEDIENTE TÉCNICO POR SEPARADO.

- Referencias:**
- CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42106
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42107
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42108
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42109
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42110
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42111
 - CTCL-TYL-PMA-OCI-DWG-42112

PLANTA
Escala: 1:750

TABULACIÓN D MUROSEDE CONTENCIÓN DE CONCRETO

NUMERO DE MURO	ZAPATA EN SUELO	TIPO	ALTURA MÁXIMA	COMENTARIO
B-1	SUELO NATURAL	B-I	7.879m	CON ENMALLADO METALICO
B-2	SUELO NATURAL	B-I	7.879m	CON ENMALLADO METALICO
C-1	SUELO NATURAL	C-I	7.879m	
C-2	SUELO NATURAL	C-I	7.879m	
C-3	SUELO NATURAL	C-I	7.879m	
C-4	SUELO NATURAL	C-I	7.879m	
C-5	SUELO NATURAL	C-II	6.892m	
C-6	SUELO NATURAL	C-III	5.904m	
C-7	SUELO NATURAL	C-III	5.904m	
C-8	SUELO NATURAL	C-III	5.904m	
C-9	SUELO NATURAL	C-IV	5.904m	
C-10	SUELO NATURAL	C-IV	5.904m	
C-11	RELLENO	C-V	4.522m	
C-12	RELLENO	C-V	4.522m	
C-13	RELLENO	C-VI	3.140m	
C-14	RELLENO	C-VI	3.340m	
C-15	RELLENO	C-VII	1.758m	

TABULACIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO

NUMERO DE MURO	ZAPATA EN SUELO	TIPO	ALTURA MÁXIMA	COMENTARIO
D-1	SUELO NATURAL	D-I	3.100m	
D-2	SUELO NATURAL	D-I	3.100m	
D-3	SUELO NATURAL	D-II	2.500m	
D-4	SUELO NATURAL	D-III	1.900m	
E-1	RELLENO	E-I	2.567m	
E-2	RELLENO	E-II	3.930m	
E-3	RELLENO	E-III	5.130m	
F-1	SUELO NATURAL	F-I	6.250m	
F-2	SUELO NATURAL	F-I	6.250m	CON ENMALLADO METALICO
F-3	SUELO NATURAL	F-I	6.250m	CON ENMALLADO METALICO
F-4	SUELO NATURAL	F-I	6.250m	CON ENMALLADO METALICO
F-5	SUELO NATURAL	F-I	5.686m	CON ENMALLADO METALICO

Supervisión:

APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1 / FIRM: []

APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2 / FIRM: []

APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 3 / FIRM: []

01 20-DIC-12 APROBADO PARA CONSTRUCCION TYL TYL MCA WW

02 26-DIC-11 EMITIDO PARA REVISION TYL TYL MCA WW

03 16-NOV-11 EMITIDO PARA REVISION TYL TYL MCA WW

Rev: [] Fecha: [] Descripción de la revisión: [] PREP. REVIS. VERIF. APROB.:

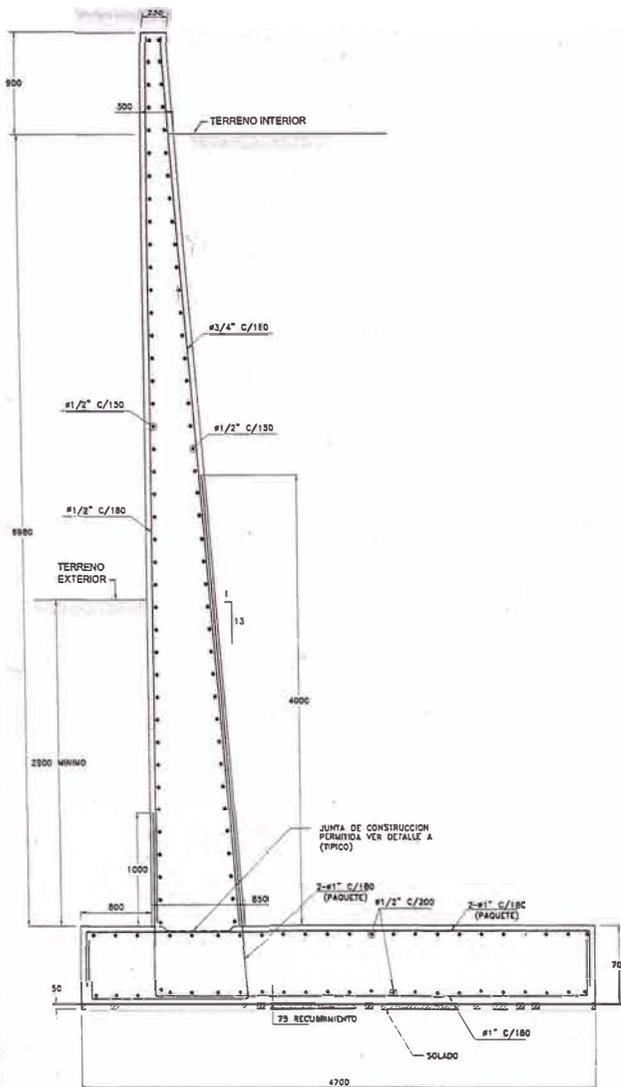
Cliente: [] Contrata: [] Proyectista: []

MTC **CONSEJO TREN ELECTRICO** **ODBRECHT**

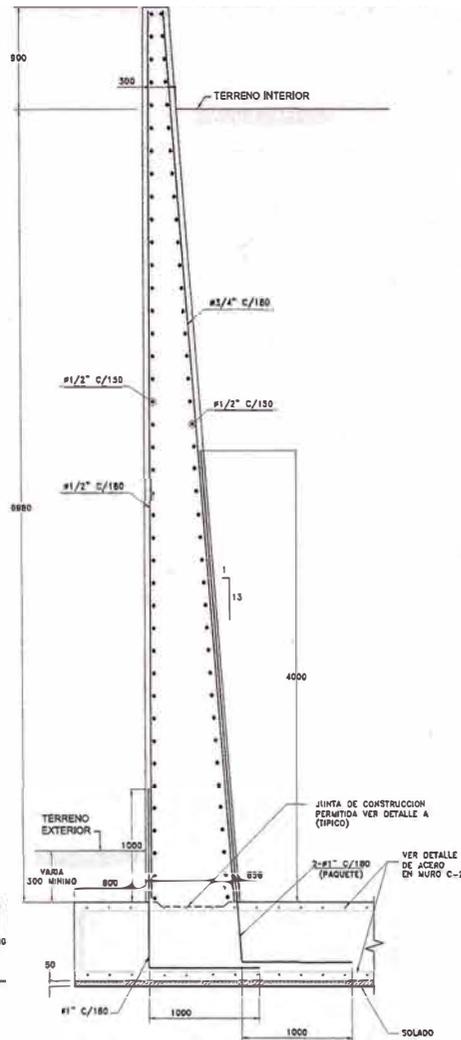
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Conteo: C, I, E, L, T, Y, L, P, M, A, O, C, I, D, W, G, 4, 2, 1, 0, 5, 0, 1

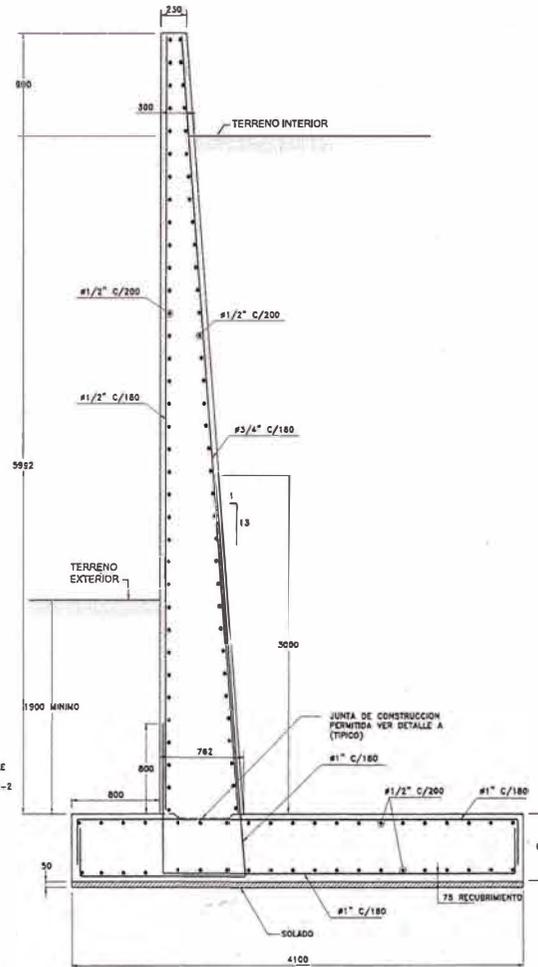
Título del Plano: **PLANO LLAVE MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO** Escala: (A1) INDICADA



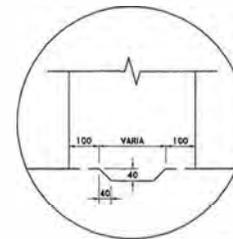
SECCION DE MURO C-2, C-3, C-4



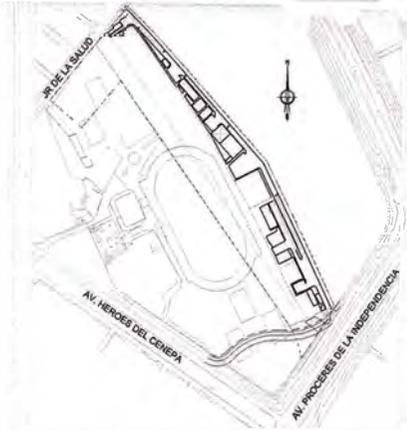
SECCION DE MURO C-1



SECCION DE MURO C-5



DETALLE A
JUNTA DE CONSTRUCCION



LEYENDA

- Notas:
- 1 - DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICADO.
 - 2 - ESPECIFICACIONES
 - CONCRETO DE MURO, f'c = 210 KG/CM2
 - SOLADO, f'c = 100 KG/CM2
 - RECUBRIMIENTO = 50 mm (SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO)
 - ACERO DE REFUERZO: ASTM 615 GRADO 60 Fy = 4200 kg/cm2
 - 3 - EL MURO DEBERA SER APOYADO EN SUELO NATURAL GRAVOSO CON PRESION ADMISIBLE DE 3 Kg/cm² O EN RELLENO CON PRESION ADMISIBLE DE 1.5 Kg/cm²
 - 4 - ESPESOR DEL SOLADO = 50mm

Referencias:
 - VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO C EN PLANOS DWG-42107 AL DWG-42109

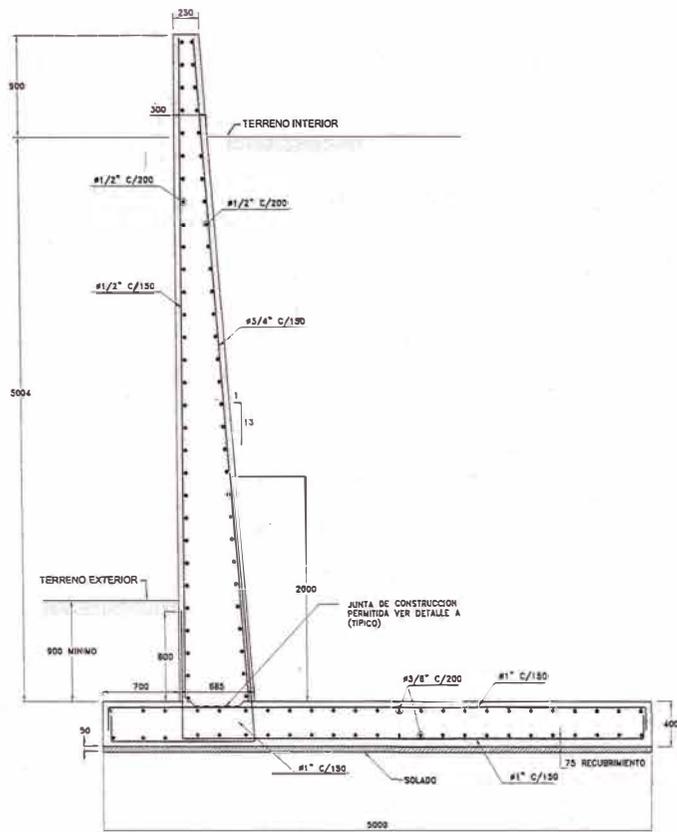
Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cad. 1	F.V.M.C.
CEBEL	POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cad. 2	
		REVISAR Y REZAMAR	Cad. 3	

O 1 20-ENE-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCA	WVI
O B 26-DIC-11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCA	WVI
O A 16-NOV-11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCA	WVI
Rev.	Fecha de Emisión	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS. APROB.

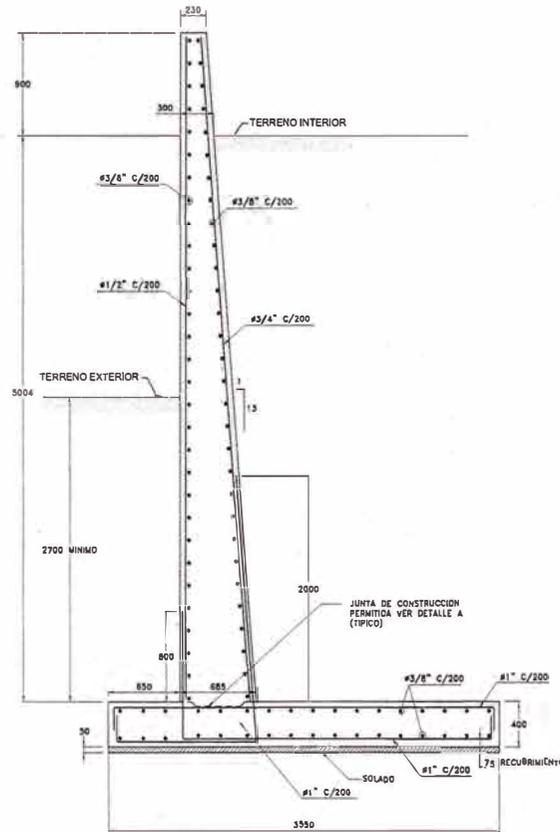
Cliente:
 Proyectista:

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

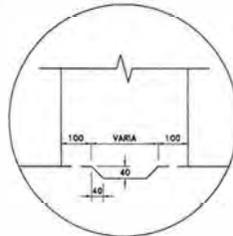
Diseño:	Rev.
C.T.E.L.T.Y.L.P.M.A.O.C.I.D.W.G.4.2.1.16.0.1	
Plano:	Escala:
PATIO DE MANIOBRAS	(A1)
MUROS DE CONTENCIÓN (3/7)	INDICADA



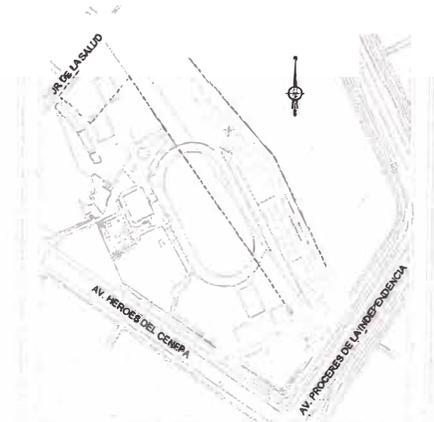
SECCION DE MURO C-6, C-7, C-8



SECCION DE MURO C-9, C-10



DETALLE A
JUNTA DE CONSTRUCCION



LEYENDA

- Notas:
- 1 - DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICADO.
 - 2 - ESPECIFICACIONES
 - CONCRETO DE MURO, f'c = 210 KG/CM²
 - SOLADO, f'c = 100 KG/CM²
 - RECUBRIMIENTO = 50 mm (SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO)
 - ACERO DE REFUERZO: ASTM 615 GRADO 60 Fy = 4200 kg/cm²
 - 3 - EL MURO DEBERA SER APOYADO EN SUELO NATURAL GRAVOSO CON PRESION ADMISIBLE DE 3 Kg/cm² O EN RELLENO CON PRESION ADMISIBLE DE 1.5 Kg/cm²
 - 4 - ESPESOR DEL SOLADO = 50mm

- Referencia:
- VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO C EN PLANO DWG-42107
 - VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO E EN PLANO DWG-42111
 - VER PLANTA Y PERFIL DEL MURO F EN PLANO DWG-42112

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	COL. 1	Firma:
CEBEL	APROBADO CON COMENTARIOS	COL. 2	
	REVISAR Y REDIMAR	COL. 3	

0 1 20-Ene-12	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCA	WVI
0 0 26-Dic-11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCA	WVI
0 A 16-Nov-11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCA	WVI
Rev.	Fecha	Elabor.	Diseño	Revis.	Aprob.
	02/04/2012				

Cliente:
 Proyecto:

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1. TRAMO 2. AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código:	Rev.
C T E L T Y L P M A O C I D W G 4 2 1 1 7 0 1	0 1
Plano:	Escala:
PATIO DE MANIOBRAS MUROS DE CONTENCIÓN (4/7)	(A1) INDICADA

GEOMALLA TEJIDA UNIAXIAL MACGRID WG120

1.0 MATERIALES

El material para refuerzo será una geomalla tejida producida a partir de hilos de poliéster de alta tenacidad con revestimiento en PVC para la protección del núcleo resistente a los daños de instalación, ataques químicos, biológicos y ambientales, el uso de éstas geomallas es en estructuras de muro de suelo reforzado y refuerzo en suelos blandos.

La geomalla debe ser químicamente inerte, debe ofrecer una gran resistencia a la degradación causada por los rayos ultravioleta, y una óptima interacción en todo tipo de terreno.

Además, debe contar con una resistencia mínima a la tracción última en el sentido longitudinal de 120 kN/m y en el sentido transversal de 10 kN/m. La resistencia a largo plazo (resistencia admisible) deberá de ser como mínimo en el sentido longitudinal de 71.0 kN/ml.

La geomalla tejida deberá de cumplir todos los valores conforme a la siguiente tabla:

Propiedades Mecánicas		Unidad	Norma	WG120/10
Resist. Longitudinal a la Tracción	T_{ult}	kN/m	ASTM D 6637	120
Deformación a la Rotura	e	%	ASTM D 6637	≤ 12
Resist. Transversal a la Tracción	T_{ult}	kN/m	ASTM D 6637	10

Propiedades Físicas		Unidad	Norma	WG120/10
Abertura nominal de la malla longitudinal		mm		21
Abertura nominal de la malla transversal		mm		25

Propiedades a Largo Plazo		Unidad	Norma	WG120/10
Factor Reducción, Fluencia - Creep	RF_{CR}	---	ASTM D 5262	1.43
Factor Reducción, Durabilidad	RF_D	---	FHWA RD 97-144	1.15

Factor Reducción, Daños de Instalación	RF_{ID}	---	ASTM D 5818	1.03
Factor de Reducción Total, $RF_G = (RF_{CR} \times RF_D \times RF_{ID})$				1.69
Resistencia a Largo Plazo, LTDS = T_{ult} / RF_G		kN/m		71.0

2.0 MÉTODO DE CONSTRUCCION

Las geomallas tejidas deberán ser provistas en rollos embalados. Dicho embalaje no deberá ser removido hasta el momento de la instalación. Los rollos de geomalla deberán ser almacenados en ambientes cubiertos, limpios y secos, en pilas no superiores a 3.0 metros de altura, y encima de ellos no deberá ser colocada ninguna sobrecarga. Debido a su peso, los rollos podrán necesitar de izaje mecánico para su traslado; en este caso se deberá realizar el movimiento con sumo cuidado, previniendo daños en el material.

Antes de desenrollar los rollos de las geomallas, se deberá verificar la identificación del rollo, longitud, orientación de instalación y el lugar de instalación tal como indican los planos de construcción. Cuando los rollos de geomallas son desenrolladas se deberá de verificar si existen daños o defectos, los daños que ocurran durante el almacenamiento, acarreo e instalación deberán de ser reparados siguiendo las recomendaciones de un ingeniero especialista.

La geomalla deberá ser desenrollada por partes y en la dirección de instalación como se indica en los planos a detalle, esta deberá de ser cortada con tijeras, cuchillos o algún elemento equivalente, antes que se coloque el relleno la geomalla deberá de ser estirada manualmente hasta que ésta no tenga arrugas o ondulaciones (en caso de ser necesario se deberá de colocar grapas o estacas para asegurar quede completamente estirada), se deberá de asegurar el 100% de cobertura del área reforzada por lo que las geomallas adyacentes necesitan de traslapes laterales. El traslape mínimo lateral deberá de ser 100mm, no se deberá de realizar traslapes longitudinales salvo previa evaluación de un ingeniero especialista en geosintéticos.

Se deberá evitar en todo momento el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas, un relleno mínimo de 100mm es requerido para que los equipos de operación o compactación puedan transitar por encima, deberá; y verificar tanto que, las propiedades del relleno satisfagan las especificaciones, como que el drenaje sea adecuado en todas las etapas de la construcción.

3.0 CERTIFICACIÓN Y ACEPTACIÓN

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante del producto a instalarse, posean la Certificación **ISO 9001:2000**.

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

4.0 MÉTODO DE MEDICIÓN

La geomalla deberá ser medida en metros cuadrados (m²) contabilizados de las secciones indicadas en los planos y/o de las indicadas por escrito por la Supervisión.

5.0 BASES DE PAGO

Las cantidades aceptadas de geomalla se pagarán al precio unitario por metro cuadrado (m²) indicado en el contrato.

GEOMALLA TEJIDA UNIAXIAL MACGRID WG90

1.0 MATERIALES

El material para refuerzo será una geomalla tejida producida a partir de hilos de poliéster de alta tenacidad con revestimiento en PVC para la protección del núcleo resistente a los daños de instalación, ataques químicos, biológicos y ambientales, el uso de éstas geomallas es en estructuras de muro de suelo reforzado y refuerzo en suelos blandos.

La geomalla debe ser químicamente inerte, debe ofrecer una gran resistencia a la degradación causada por los rayos ultravioleta, y una óptima interacción en todo tipo de terreno.

Además, debe contar con una resistencia mínima a la tracción última en el sentido longitudinal de 90 kN/m y en el sentido transversal de 10 kN/m. La resistencia a largo plazo (resistencia admisible) deberá de ser como mínimo en el sentido longitudinal de 53.3 kN/ml.

La geomalla tejida deberá de cumplir todos los valores conforme a la siguiente tabla:

Propiedades Mecánicas		Unidad	Norma	WG90/10
Resist. Longitudinal a la Tracción	T_{ult}	kN/m	ASTM D 6637	90
Deformación a la Rotura	e	%	ASTM D 6637	≤ 12
Resist. Transversal a la Tracción	T_{ult}	kN/m	ASTM D 6637	10

Propiedades Físicas		Unidad	Norma	WG90/10
Abertura nominal de la malla longitudinal		mm		22
Abertura nominal de la malla transversal		mm		25

Propiedades a Largo Plazo		Unidad	Norma	WG90/10
Factor Reducción, Fluencia - Creep	RF_{CR}	---	ASTM D 5262	1.43
Factor Reducción, Durabilidad	RF_D	---	FHWA RD 97-144	1.15

Factor Reducción, Daños de Instalación	RF_{ID}	---	ASTM D 5818	1.03
Factor de Reducción Total, $RF_G = (RF_{CR} \times RF_D \times RF_{ID})$				1.69
Resistencia a Largo Plazo, $LTDS = T_{ult} / RF_G$		kN/m		53.3

2.0 MÉTODO DE CONSTRUCCION

Las geomallas tejidas deberán ser provistas en rollos embalados. Dicho embalaje no deberá ser removido hasta el momento de la instalación. Los rollos de geomalla deberán ser almacenados en ambientes cubiertos, limpios y secos, en pilas no superiores a 3.0 metros de altura, y encima de ellos no deberá ser colocada ninguna sobrecarga. Debido a su peso, los rollos podrán necesitar de izaje mecánico para su traslado; en este caso se deberá realizar el movimiento con sumo cuidado, previniendo daños en el material.

Antes de desenrollar los rollos de las geomallas, se deberá verificar la identificación del rollo, longitud, orientación de instalación y el lugar de instalación tal como indican los planos de construcción. Cuando los rollos de geomallas son desenrolladas se deberá de verificar si existen daños o defectos, los daños que ocurran durante el almacenamiento, acarreo e instalación deberán de ser reparados siguiendo las recomendaciones de un ingeniero especialista.

La geomalla deberá ser desenrollada por partes y en la dirección de instalación como se indica en los planos a detalle, esta deberá de ser cortada con tijeras, cuchillos o algún elemento equivalente, antes que se coloque el relleno la geomalla deberá de ser estirada manualmente hasta que ésta no tenga arrugas o ondulaciones (en caso de ser necesario se deberá de colocar grapas o estacas para asegurar quede completamente estirada), se deberá de asegurar el 100% de cobertura del área reforzada por lo que las geomallas adyacentes necesitan de traslapes laterales. El traslape mínimo lateral deberá de ser 100mm, no se deberá de realizar traslapes longitudinales salvo previa evaluación de un ingeniero especialista en geosintéticos.

Se deberá evitar en todo momento el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas, un relleno mínimo de 100mm es requerido para que los equipos de operación o compactación puedan transitar por encima, deberá; y verificar tanto que, las propiedades del relleno satisfagan las especificaciones, como que el drenaje sea adecuado en todas las etapas de la construcción.

3.0 CERTIFICACIÓN Y ACEPTACIÓN

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante del producto a instalarse, posean la Certificación **ISO 9001:2008**.

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

4.0 MÉTODO DE MEDICIÓN

La geomalla deberá ser medida en metros cuadrados (m^2) contabilizados de las secciones indicadas en los planos y/o de las indicadas por escrito por la Supervisión.

5.0 BASES DE PAGO

Las cantidades aceptadas de geomalla se pagarán al precio unitario por metro cuadrado (m^2) indicado en el contrato.