

## OBRAS MIXTAS

# PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

## Descripción

El proyecto de la doble vía de la Ruta 5 Sur en el tramo Collipulli – Temuco contemplaba la ampliación del ancho de calzada existente en el acceso sur del Viaducto Malleco.

Este viaducto se encuentra inmediatamente al sur de la ciudad de Collipulli y en el acceso sur al mismo la carretera corre a media ladera sobre un talud de gran altura que evidenció en el pasado graves problemas de inestabilidad global. Así es que en el año 1973 se registraron movimientos del talud y fueron necesarias medidas de remediación ya en aquel tiempo, entre las que se incluyeron drenajes y pilotes de refuerzo en las zonas inferiores cercanas al pie del talud. Luego de estas medidas no se registraron más problemas de inestabilidad y deformaciones en este talud.

Dado que la ampliación de la calzada de la carretera existente a media ladera contemplaba en el proyecto original la ejecución de un relleno importante sobre el talud aguas abajo, se concluyó que la eventual construcción de dicho relleno afectaría desfavorablemente la estabilidad global del talud, al aumentar la carga sobre el mismo.

Como solución alternativa se eligió entonces cortar el talud aguas arriba para dar cabida a la ampliación de la carretera. Este corte vertical implicaba el sostenimiento de la masa de suelo del talud, en cuyo coronamiento se ubican las vías del tren que atraviesa el valle central de Chile de norte a sur. Como solución de sostenimiento se estudiaron el muro anclado y el soil nailing, eligiéndose la primera por el nivel de cargas y el control de deformaciones implicado en el proyecto.



Foto 1 – Vista general de la Obra

OBRAS MIXTAS PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

## Proyecto Inicial y Geometría

El proyecto inicial consistía en un muro de aproximadamente 180m de desarrollo en planta, con alturas de 3,0 a 10,0m, siendo el promedio de altura de 7,0m.

Dado que existían algunos sondajes antiguos y exploración sísmica que indicaba la presencia de roca relativamente cercana al muro, se decidió anclar la totalidad de los anclajes a la roca como criterio de diseño, para evitar anclajes parcialmente anclados en suelo y parcialmente en roca, lo cuál puede tener efectos negativos debido a los efectos de falla progresiva.

El diseño de anclajes del muro fue realizado mediante el programa de análisis de taludes anclados TALREN, el cuál permite considerar además las aceleraciones sísmicas en la masa del terreno.

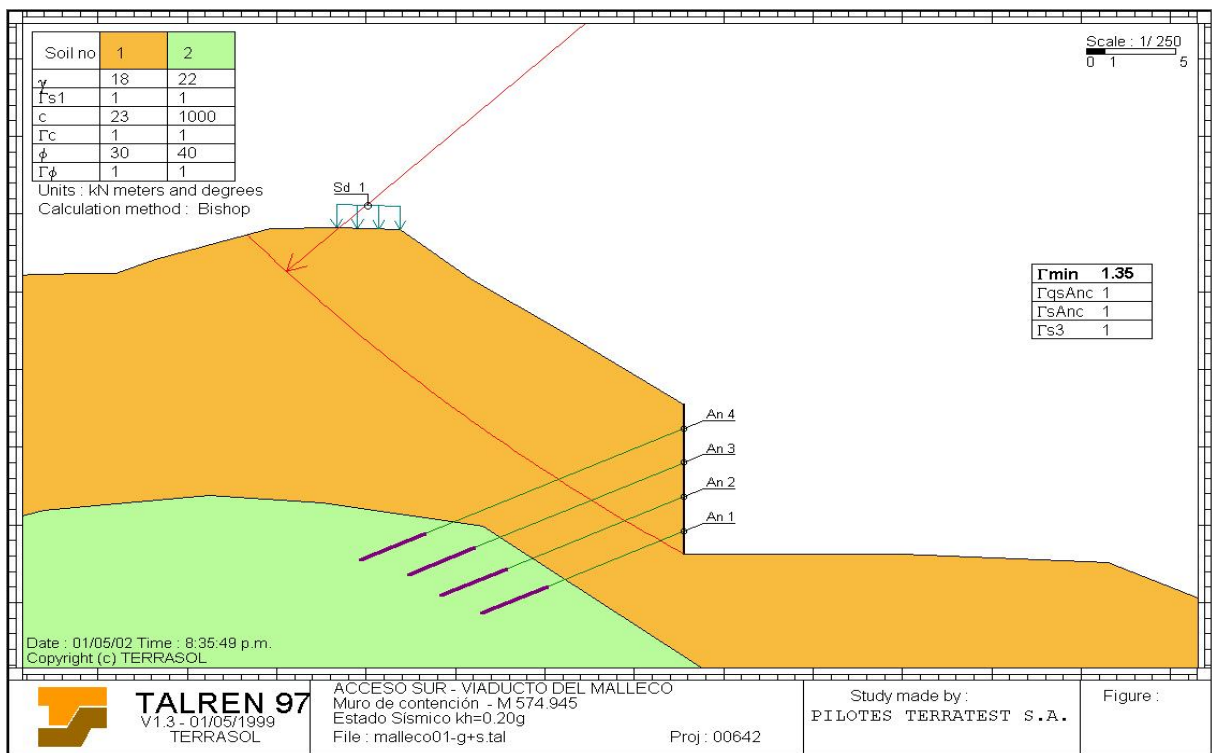


Figura 1 – Modelación del muro

El resultado del diseño inicial, bajo la hipótesis de presencia de la roca según el perfil sísmico, arrojó como resultado un total de 239 anclajes de cargas entre 700 kN y 825 kN, con longitudes entre 10 y 23.5 m.

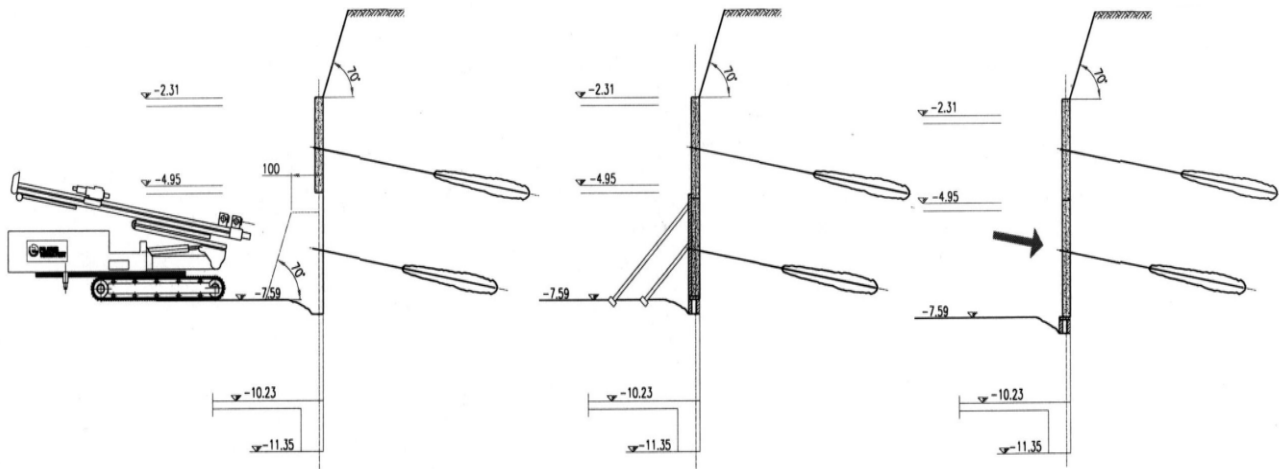
El diseño del muro de hormigón armado se realizó mediante programa de análisis estructural, que permitía una modelación del terreno como apoyos elásticos uniformemente repartidos, la rigidez fue estimada del coeficiente de balasto característico del suelo y para que el modelo se aproxime a la realidad, la carga de servicio de los anclajes se aplicaron repartidas una área de influencia.



## OBRAS MIXTAS PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

# Construcción y Proyecto Modificado

La construcción del muro se realizó mediante hormigón proyectado o shotcrete por paños (bataches), avanzando progresivamente en una secuencia tal que los paños superiores tenían su estabilidad asegurada mediante el apoyo inferior en el terreno aún no excavado o en paneles ya hormigonados.



La secuencia constructiva adoptada consistió en perforar los anclajes, luego instalar las armaduras, shotcrete y luego finalmente, el tensado y prueba de los anclajes con la correspondiente terminación (inyección) de la cabeza.

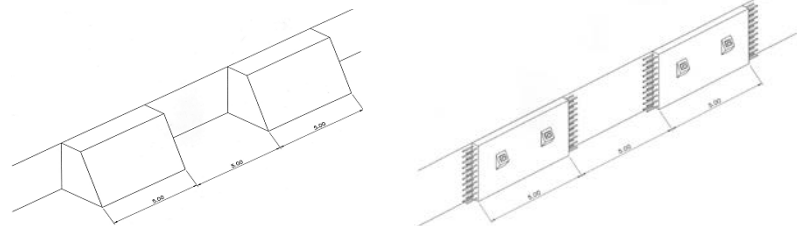


Figura 3 – Secuencia de Ejecución

Los anclajes permanentes debían ser fabricados en terreno, de acuerdo a la longitud necesaria por el terreno hallado en la perforación. Además, los anclajes debían ser del tipo permanentes, o sea con doble protección anticorrosiva. Esto se materializó mediante la utilización de un tubo de PEAD corrugado en toda la longitud y protección doble en la zona de la cabeza.



Foto 3 – Ejecución de los Anclajes

## OBRAS MIXTAS PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

Ya en los primeros anclajes se observó que el perfil de roca no se encontraba en el sitio que se preveía según la exploración sísmica.

La diferencia entre la posición esperada de la roca y la real resultó tan importante, que fue necesario rediseñar los anclajes, de forma que se anclaran totalmente en el estrato de suelo competente. Este terreno era un limo de una compactad muy alta, cementación media a alta con finos no plásticos clasificado geotécnicamente como Granodiorita V, denominado como maicillo.

Para comprobar la capacidad de carga de los anclajes en este estrato, y dado que esta solución no se había previsto originalmente, fue necesaria la realización de ensayos de aptitud de los anclajes, los cuáles se ejecutaron de acuerdo a la DIN 4125 hasta cargas de 1270kN.

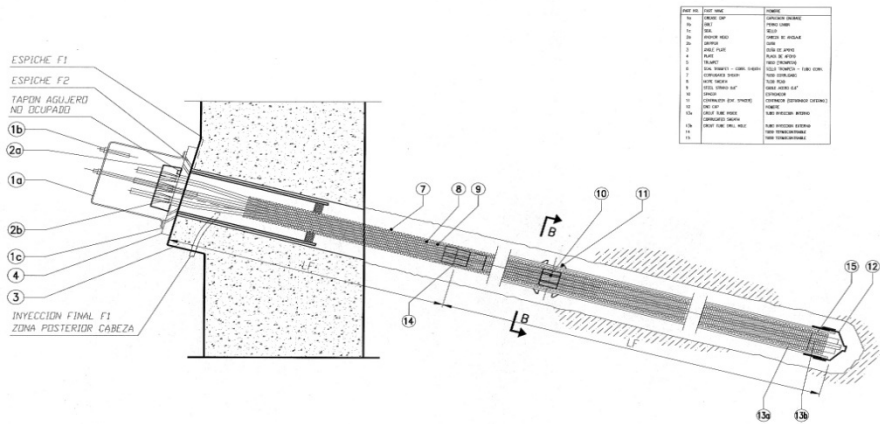


Figura 4 – Detalle Anclaje Permanente

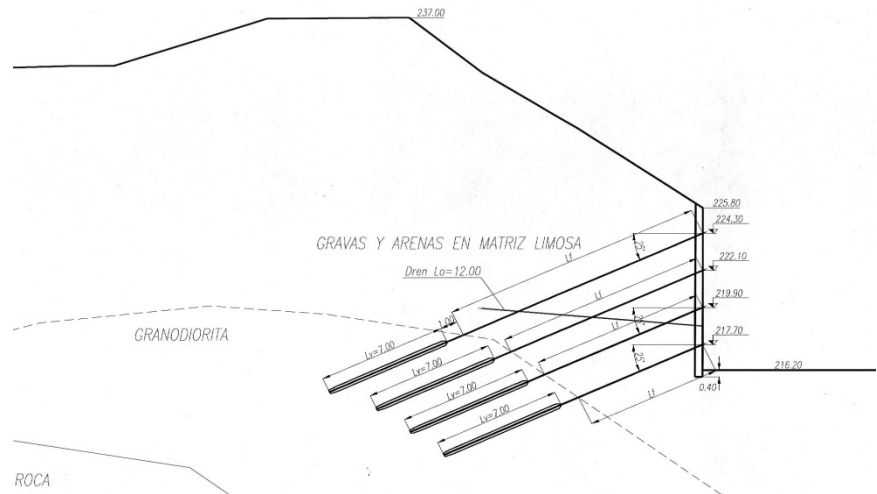


Figura 5 – Sección tipo

Se realizaron en total 3 ensayos de aptitud en la zona cercana a la ubicación de los sondajes geotécnicos, permitiéndose garantizar una fricción última de diseño de 200kN/m<sup>2</sup> para el diseño del bulbo de anclaje y el creep observado fue inferior a 0.80mm, por lo que no resulto ser una condicionante de diseño.

Con respecto al diseño, se proyectaron largos de bulbo de 8m y 7m para cargas de servicio de 825kN y 725kN respectivamente.

OBRAS MIXTAS PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

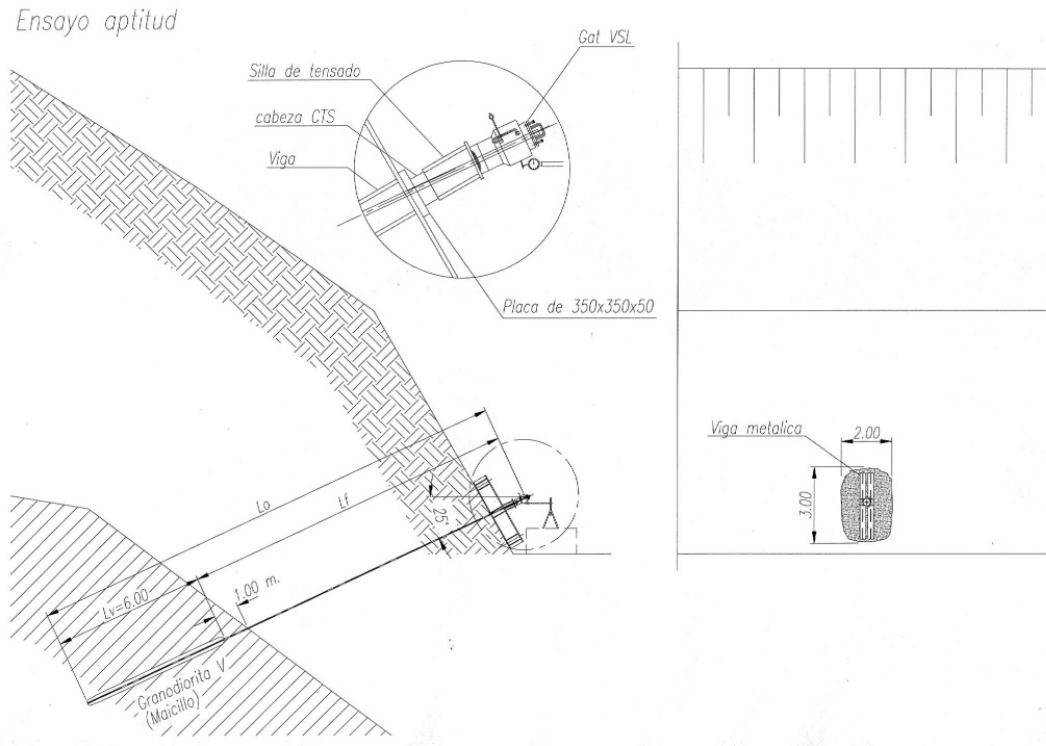


Figura 6 – Detalle ensayo de Aptitud



Foto 4 – Tensado de Anclajes

## OBRAS MIXTAS PROYECTO: VIADUCTO MALLECO

### Monitoreo

Como elemento de control de la estabilidad del muro Malleco, se previeron en el proyecto cuatro secciones verticales de monitoreo de la carga de los anclajes en servicio (cuatro anclajes por cada sección). Para ello se dejaron en dichas secciones celdas de carga, cuyas señales son trasladadas mediante un cable hasta una casilla donde se alojó un lector o datalogger que además cuenta con un dispositivo sísmico para permitir la lectura de las cargas durante un evento sísmico.

Además de la carga de estos anclajes seleccionados se controla topográficamente las deformaciones del muro en sentido horizontal y vertical, para la cuál se previeron puntos de referencia cuya posición es verificada periódicamente.

Para estudiar por otro lado la estabilidad del talud total (no ya sólo el superior sobre el que se mueve el tren), se instalaron cuatro inclinómetros en el talud inferior, cuya lectura periódica permite inferir eventuales deslizamientos de la masa total.



Foto 5 – Anclaje con celda de carga

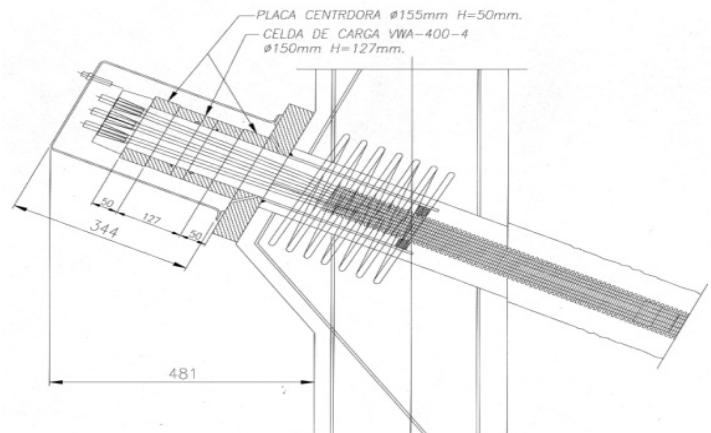


Figura 6 – Anclaje con celda de carga

## RESUMEN OBRA

Total de anclajes postensados permanentes	: 241
Cargas de servicio de los anclajes [kN]	: 700-725-825
Coefficiente de aceleración sísmica de diseño (kh)	: 0.20
Longitud de anclajes [m]	: 15 a 35
Longitud total de anclajes [m]	: 6153
Área del muro de shotcrete [m <sup>2</sup> ]	: 1200
Espesor del muro [cm]	: 28-30