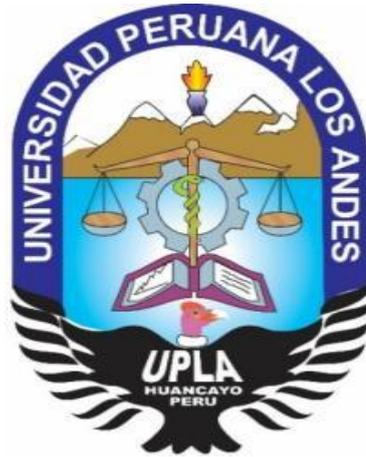


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INTERACCION DE MUROS ANCLADOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMARAS
DE SEDIMENTACIÓN, VOLCAN 2019**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: VIVANCO SANTOS CRISTIAN FERNANDO

**LÍNEA DE INVESTIGACION INSTITUCIONAL:
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO - PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INTERACCION DE MUROS ANCLADOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMARAS
DE SEDIMENTACIÓN, VOLCAN 2019**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: VIVANCO SANTOS CRISTIAN FERNANDO

**LÍNEA DE INVESTIGACION INSTITUCIONAL:
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO - PERÚ

2022

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

Asesor

Dedicatoria

Dedico esta meta realizada a Dios por haberme brindado la fortaleza de completar un periodo más en mi vida y las personas más importantes que son mis padres que me ayudaron de forma incondicional en la parte ética y económica para poder concluir mi carrera profesional.

A los catedráticos quienes me apoyaron en el transcurso de los días para el desarrollo y concluir la tesis.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Peruana los Andes por permitir que sea parte de ella y a sus respectivos docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por compartir sus conocimientos y su experiencia para desenvolverme como profesional.

A mi asesor Ing. Vladimir Ordoñez Camposano, por sus críticas constructivas y por darme sus consejos que permitió que la tesis se desarrollara de la mejor manera.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. RUBÉN DARIO TAPIA SILGUERA.

PRESIDENTE

MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA

JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPONIZA

JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO DOCENTE

Contenido

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Contenido.....	vii
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	x
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	xiv
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACION	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Delimitación espacial	18
1.2.2. Delimitación temporal	18
1.2.3. Delimitación conceptual o temática	18
1.3. Formulación del problema.....	18
1.3.1. Problema general	18
1.3.2. Problemas específicos.....	19
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Social.....	19
1.4.2. Teórica.....	19
1.4.3. Metodológica	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes	21
2.2. Marco conceptual.....	25
2.2.1. Muros anclados	25
2.2.2. Cámaras de sedimentación.....	58
2.3. Definición de términos.....	62

2.4.	Hipótesis	64
2.4.1	Hipótesis General	64
2.4.2	Hipótesis Específica.....	64
2.5.	Variables	64
2.5.1.	Definición conceptual de la variable	64
2.5.2.	Definición operacional de la variable	65
2.5.3.	Operacionalización de la variable.....	65
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		66
3.1	Método de investigación	66
3.2	Tipo de investigación	66
3.3	Nivel de investigación	66
3.4	Diseño de la investigación.....	67
3.5	Población y muestra.....	67
3.5.1	Población.....	67
3.5.2	Muestra.....	67
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	67
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	68
3.8	Aspectos éticos de la Investigación	68
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		69
4.1	Descripción de resultados	69
4.1.1.	Datos considerados para el análisis	69
4.1.2.	Datos considerados para el análisis	69
4.1.3.	Datos considerados para el análisis	69
4.1.4.	Aplicación para el diseño de muros anclados.....	69
4.1.5.	Análisis y diseño de los muros de contención	72
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS		97
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES		100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		101
ANEXOS		104

Contenido de tablas

<i>Tabla 1:</i> Valores de δh_{Hi} y C en funciones de las condiciones del suelo.	44
<i>Tabla 2:</i> Parámetros de diseño preliminar.....	51
<i>Tabla 3:</i> Ejemplos de patentes de cámaras de sedimentación.	61
Tabla 1 Operacionalización de las variables	65
<i>Tabla 5:</i> Datos Geométricos Muro N°03.....	72
<i>Tabla 6:</i> Datos Mecánicas Muro N°03.....	72
<i>Tabla 7:</i> Capacidad portante del suelo Muro N°03.....	73
<i>Tabla 8:</i> Características de los materiales del Muro N°03.....	73
<i>Tabla 9:</i> Operacionalización de variables Muro N°03	74
<i>Tabla 10:</i> Datos Geométricos Muro N°04.....	85
<i>Tabla 11:</i> Características Mecánicas Muro N°04.	85
<i>Tabla 12:</i> Capacidad portante del suelo Muro N°04.....	85
<i>Tabla 13:</i> Características de los materiales Muro N°04.	86
<i>Tabla 14:</i> Operacionalización de variables Muro N° 04.	86

Contenido de figuras

Figura 1	<i>Esquema de muro anclado.....</i>	27
Figura 2	<i>Componentes del anclaje.....</i>	28
Figura 3	<i>Aplicaciones de muros anclados.....</i>	29
Figura 4	<i>Proceso de abertura de paños.....</i>	30
Figura 5	<i>Proceso Constructivo de muros anclados.....</i>	31
Figura 6	<i>Falla rotacional del elemento de retención.....</i>	33
Figura 7	<i>Falla por extracción del bulbo.....</i>	34
Figura 8	<i>Falla rotacional por insuficiencia de capacidad pasiva.....</i>	35
Figura 9	<i>Falla por falta de capacidad de carga en el apoyo.....</i>	35
Figura 10	<i>Falla generalizada por volteo.....</i>	36
Figura 11	<i>Falla generalizada por deslizamiento.....</i>	37
Figura 12	<i>Falla generalizada rotacional de la masa del suelo.....</i>	38
Figura 13	<i>Falla generalizada rotacional de la masa del suelo.....</i>	39
Figura 14	<i>Falla por la tensión en el ancla.....</i>	39
Figura 15	<i>Falla del muro por flexión.....</i>	40
Figura 16	<i>Deformación del muro anclado.....</i>	45
Figura 17	<i>Presión de tierras desarrolladas sobre un muro anclado con múltiples niveles.....</i>	46
Figura 18	<i>Distribución cuadrada y regular de los refuerzos.....</i>	48
Figura 19	<i>Distribución triangular.....</i>	49
Figura 20	<i>Diagrama de una viga.....</i>	55
Figura 21	<i>Diagrama de cuerpo libre.....</i>	55
Figura 22	<i>Diagrama de cuerpo libre.....</i>	56
Figura 23	<i>Diagrama de fuerza cortante y momento.....</i>	56
Figura 24	<i>Cámara de sedimentación por gravedad.....</i>	62
Figura 25	<i>Cámara de sedimentación por gravedad.....</i>	62
Figura 26	<i>Vista frontal – Muro N° 03.....</i>	70
Figura 27	<i>Vista perfil – Muro N° 03.....</i>	70
Figura 28	<i>Vista frontal – Muro N° 04.....</i>	71
Figura 29	<i>Vista perfil – Muro N° 04.....</i>	71
Figura 30	<i>Detalle de anclaje en zapata Muro N°03.....</i>	74

Figura 31	<i>Vista 3D del modelo Muro N°03</i>	77
Figura 32	<i>Cargas aplicadas en el Muro N°03</i>	78
Figura 33	<i>Carga de empuje hidráulico Muro N°03</i>	79
Figura 34	<i>Carga por desplazamientos internos del macizo rocoso Muro N°03</i>	80
Figura 35	<i>Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido Muro N°03</i>	80
Figura 36	<i>Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios Muro N°03</i>	81
Figura 37	<i>Esfuerzos internos de compresión Muro N°03</i>	82
Figura 38	<i>Idealización de apoyos en la estructura Muro N°03</i>	82
Figura 39	<i>Idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso Muro N°03</i>	83
Figura 40	<i>Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°03</i>	83
Figura 41	<i>Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°03</i>	84
Figura 42	<i>Cámara de sedimentación por gravedad</i>	87
Figura 43	<i>Vista 3D del modelo Muro N°04</i>	89
Figura 44	<i>Cargas aplicadas en el Muro N°04</i>	90
Figura 45	<i>Carga de empuje hidráulico Muro N°04</i>	91
Figura 46	<i>Carga por desplazamientos internos del macizo rocoso Muro N°04</i>	91
Figura 47	<i>Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido Muro N°04</i>	92
Figura 48	<i>Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios Muro N°04</i>	93
Figura 49	<i>Esfuerzos internos de compresión Muro N°04</i>	93
Figura 50	<i>Idealización de apoyos en la estructura Muro N°04</i>	94
Figura 51	<i>Idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso Muro N°04</i>	94
Figura 52	<i>Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°04</i>	95
Figura 53	<i>Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°04</i>	96

Resumen

La presente investigación titulada “Interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019 plantea como problema general ¿Cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019?, así mismo el objetivo general fue: Determinar cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019. La hipótesis general: La interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019. Por la naturaleza del estudio, la investigación será aplicada de nivel descriptivo y de diseño no experimental. Las técnicas utilizadas serán, la observación y medición. Así mismo los instrumentos serán las fichas de registro y las libretas de campo. Tendrá como población las estructuras suspendidas en la compañía minera volcan y como muestra es la estructura de la coronilla donde es la recepción de relave minero socavón N°1. Como resultado de la presente investigación se tuvo: que a la evaluación y diseño de los esfuerzos de compresión internos de los muros de concreto armado indica que el esfuerzo de compresión interior provocado por las cargas vivas, muertas, hidrostáticas y de desplazamiento producidos por el macizo rocoso presentó un valor de 279.6 kg/cm² el cual es menor a la resistencia a la compresión del concreto propuesto de 280 kg/cm² y que al verificar la capacidad portante donde se encuentra cimentada la estructura es de 1.77Kg/cm² el cual es menor al valor estimado de 3.5kg/cm².

PALABRAS CLAVES: Muros anclados, cámaras de sedimentación.

Abstract

The present investigation titled “Interaction of anchored walls for the construction of sedimentation chambers, Volcan 2019” raises as a general problem: How is the interaction of walls for the construction of sedimentation chambers, Volcan 2019?, Likewise the general objective was: To determine How is the interaction of anchored walls for the construction of sedimentation chambers, Volcan 2019. The general hypothesis: The interaction of anchored walls for the construction of sedimentation chambers, Volcan 2019. Due to the nature of the study, the type of research will be applied at a descriptive level, and the research design is non-experimental. The techniques used will be observation and measurement. Likewise, the instruments will be the registration cards and field notebooks. The population will be the suspended structures in the volcan mining company and as a sample is the structure of the crown where the mining tailings are received, sinkhole No. 1. As a result of the present investigation, it was found: that the evaluation and design of the internal compression forces of the reinforced concrete walls indicates that the internal compression stress caused by the live, dead, hydrostatic and displacement loads produced by the massif rocky presented a value of 279.6 kg / cm² which is less than the compressive strength of the proposed concrete of 280 kg / cm² and that when verifying the bearing capacity where the structure is founded is 1.77Kg / cm² which is at estimated value of 3.5kg / cm².

KEY WORDS: Anchored walls, sedimentation chambers.

Introducción

La presente tesis titulada: “Interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019”, La construcción de cámaras de sedimentación en las unidades mineras es muy recurrente de acuerdo al avance de profundización de extracción de mineral. En ese sentido, resulta difícil evaluar todos los comportamientos de los muros de contención cuando se encuentra sometida a diferentes influencias de cargas. Teniendo en cuenta estos factores, aplicar los fundamentos y criterios de la denominada metodología de “Diseño por Capacidad” en el diseño de un muro de contención puede tener resultados favorables en el sentido que permite obtener un comportamiento adecuado y evitar el colapso.

La problemática de encontrar un concreto que pueda interactuar con los muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, éstos a su vez garantizan la estabilidad y optimizan un concreto que resista los diferentes fluidos que son extraídos en el proceso de extracción de los materiales, es por ello que se plantea una alternativa de solución. La investigación tuvo como objetivo, determinar cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019. la investigación tomo en cuenta el método científico, fue de tipo aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño no experimental –descriptivo.

La investigación para su mayor comprensión consta de cinco capítulos, analizados y distribuidos de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I.- Se detalla el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos de la investigación que parten de la situación problemática. Finalmente, se explora la justificación sobre la que se sustenta la investigación; además de las limitaciones de la misma.

EL CAPÍTULO II.- Se desarrolla los antecedentes internacionales, nacionales de la investigación, el marco teórico, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y específica.

EL CAPÍTULO III.- Se detalla la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método, el tipo, el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO IV.- Presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza los resultados obtenidos en el laboratorio y su proceso de cálculo para su análisis representativo.

EL CAPÍTULO V.- Se presenta la discusión de resultados obtenidos y la constatación de la hipótesis.

Finalizando con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el Perú, según el Ministerio del Ambiente, todas las unidades y proyectos mineros deben contar con un programa de control de erosión y sedimentos, con la finalidad de disminuir los impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y sobre los usuarios de este elemento aguas abajo de las operaciones mineras. Se debe disminuir la descarga total de los sólidos suspendidos en base a la minimización de la generación de sedimentos. Una de las prácticas para controlar los sedimentos en la mina es a través de la construcción de pozas o cámaras de sedimentación maximizar su capacidad de almacenamiento de estos. (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

Estas pozas tienen la finalidad de controlar adecuadamente la concentración de sólidos totales suspendidos antes de descargar el agua en el cuerpo receptor, estas pozas aglomeran el agua y brindan un tiempo de retención para que se asienten los sólidos más fácilmente. (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

Por otro lado, el muro anclado es una construcción empleada para la estabilización de excavaciones profundas; este muro es caracterizado principalmente por el uso de tirante del anclaje, estos pueden llegar a soportar las fuerzas que ejercen presión sobre el muro, como las sobrecargas y el empuje del agua del suelo. (Revista Costos, 2020)

Los muros anclados tienen la capacidad de resistir grandes presiones horizontales, ocasiona excavaciones de volúmenes reducidos, puede ser construido en varios tipos de terreno, la construcción se da en un tiempo mínimo y tiene un costo mínimo. (Tobar, 2015)

La construcción de cámaras de sedimentación en las unidades mineras es muy recurrente de acuerdo al avance de profundización de extracción de mineral. En ese sentido, resulta difícil evaluar todos los comportamientos de los muros de contención cuando se encuentra sometida a diferentes influencias de cargas. Teniendo en cuenta estos factores, aplicar los fundamentos y criterios de la denominada metodología de “Diseño por Capacidad” en el diseño de un muro de contención puede tener resultados favorables en el sentido que permite obtener un comportamiento adecuado y evitar el colapso.

Este “Diseño por Capacidad” se desarrolla en el área de Ingeniería Civil con el objetivo principal de conseguir una estructura que pueda soportar la presión de cargas existentes que generan los sismos y sus desplazamientos consecuentes. Estas estructuras que se diseñan con esta metodología tienen las características de ser dúctiles o extremadamente tolerantes. Entonces, este diseño representa una buena metodología alternativa o complementaria a aquella metodología por resistencia que ya se aplica en el contexto peruano, que es la norma E.060 CONCRETO ARMADO.

Por lo expuesto, es necesario la construcción de cámaras sedimentarias para controlar los sedimentos que se producen en las actividades mineras, con la finalidad de preservar el ambiente; es por ello que, una adecuada construcción de estas cámaras se vuelve necesaria, esto con la finalidad de que estas cámaras puedan presentar una resistencia y un comportamiento dinámico adecuado. Es por ello, se considera construir estas cámaras a través de muros anclados, ya que estos distribuyen las cargas sobre la superficie del terreno y dentro de esta.

En consideración con lo planteado anteriormente, la pregunta principal que guiará este trabajo de investigación será: ¿Cómo es la

interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019?

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

Esta investigación se desarrolla para una cámara de sedimentación ubicada en la unidad minera de Carahuacra – VOLCAN CIA S.A.A. para lo cual se tomaron todos los parámetros correspondientes para su análisis.

1.2.2. Delimitación temporal

La delimitación temporal de la presente fue realizada en los meses de agosto del 2020 hasta julio del año 2021 haciendo de 12 meses del proceso de la investigación.

1.2.3. Delimitación conceptual o temática

La investigación estuvo delimitada, en lo conceptual, por el uso de las dos variables:

- Interacción muros anclados
- Cámaras de sedimentación

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es el comportamiento estructural de muros anclados en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019?
- ¿De qué manera interviene el tipo de muro anclado en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

La investigación se enmarcó dentro del aporte tecnológico que espera brindar a la realidad problemática. En ese sentido, el aporte es, la tecnología ejercida en esta investigación, actualmente dentro de la ingeniería en el Perú se encuentra a través de proceso de incorporación y aplicación. Es por ello que, con el presente estudio, se estableció una metodología de cálculo, diseño y elaboración de un método, con la finalidad de alcanzar un resultado de su aplicación para lograr una mayor efectividad y durabilidad del concreto a través de la construcción de una estructura con más estabilidad.

1.4.2. Teórica

Se justifica con base en ejecutar una nueva concepción tecnológica u modelo constructivo basado en la norma del RNE en el campo de la ingeniería civil. Esta aportación teórica se da considerando que, hasta el momento la tecnología tradicional que se ha aplicado influye en un recurso que presenta muchos escasos proponiendo como alternativa viable con lo cual se trata es de aplicar la norma para realizar estructuras de mayor estabilidad y mayor resistencia, pero cumpliendo los estándares de seguridad y durabilidad de la misma.

1.4.3. Metodológica

Con la presente investigación se pretende que ayude en cuanto a evaluar y mejorar los instrumentos en la recolección de datos, y la cual corresponde a la observación en qué grado de incidencia se encuentran los muros anclados, dichas fichas servirán como un antecedente que pueden ser utilizados en futuras construcciones de nuestro medio, relacionadas a la construcción de cámaras de sedimentación

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo es el comportamiento estructural de muros anclados en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019.
- Establecer de qué manera interviene el tipo de muro anclado en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes nacionales

Izarra (2019) realizó la investigación de pregrado **Titulado:** Muros anclados en suelo arenoso para la edificación del centro comercial de la Molina, el cual fija como **propósito:** Explicar el proceso de como los muros anclados fueron construidos en terreno arenoso, para que el Centro Comercial La Molina pueda ser edificado. Esta investigación empleó la **metodología:** de tipo aplicada, en donde su **resultado** fue: Existió una diferencia del 11% menos entre el costo de un muro con contrafuertes y un muro con pilas ancladas, siendo el ultimo el que presento un menor valor. En este estudio solo se consideró el costo del muro, la excavación y el relleno. Estos costos equivalieron al 42 % del monto total de la construcción, en base a ello, se **concluyó:** La redistribución de presiones para muros anclados, brindó presiones más realistas en los diagramas, esto debido a la disminución de la profundidad de empotramiento de diseño y aumentando la tensión de anclaje.

Flores (2019) desarrolló la tesis de pregrado **Titulado:** Proceso constructivo de muros anclados en edificio de oficinas con 3 sótanos del distrito de Santiago de Surco, el cual fija como **objetivo general:** Describir y detallar los procesos al utilizar muros anclados para construir edificaciones con varios sótanos, entonces se obtienen estos **resultados:** Un sistema mixto puede ser demostrado a través de muros anclados, por lo que los muros anclados resaltan por ser parte integral de una construcción a realizar, mientras que dentro de éstas, hay sistemas de tipo provisional como las calzaduras trabajando, y finalmente **concluyo:** Se afirmó que las

etapas constructivas de los muros anclados progresan al ser realizados por secciones alternadas.

Tapia (2017) realizó la tesis de pregrado **Titulado:** Diseño e implementación del hormigón proyectado vía húmeda como factor de sostenimiento en labores mineras, el cual fija como **propósito general:** Diseñar y analizar la implementación correcta del hormigón proyectado vía húmeda como factor de sostenimiento en las labores subterráneas en la CIA Buenaventura, obteniendo como **resultado:** El diseño de hormigón proyectado propuesto con 9 bolsas de cemento que permite un ahorro para la empresa CIA Buenaventura, según al espesor de lanzamiento de hormigón proyectado de dos, tres, cuatro y cinco pulgadas. Un promedio de tres soles por metro cuadrado, y finalmente **concluyo:** Un error común que se cometió con el método de vía húmeda ha sido usar cantidades insuficientes de aire.

Ugaz (2018) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Estudio técnico del uso de muros anclados y empotrados para excavaciones profundas en suelos gravoso y rellenos, el cual fija como **propósito:** Hacer un estudio comparativo entre un sistema de muros anclados y empotrados para consolidar excavaciones profundas en suelos gravosos y rellenos, obteniendo como **resultado:** Debido a que gran porcentaje de las construcciones de excavaciones profundas en Lima son edificios multifamiliares y son construidas en la grava de Lima, el método de consolidación más usado son los muros anclados, y finalmente **concluyo:** El diseño geotécnico para los métodos de consolidación de muros anclados y empotrados se hicieron bajo un estudio en dos dimensiones o también conocido como un estudio por metro lineal de terreno.

Camones (2017) presento la investigación de pregrado **Titulado:** Muros anclados para mejorar el estudio de

procesos constructivos en excavaciones profundas del edificio Santo Toribio San Isidro 2017, el cual fija como **propósito general**: Establecer de qué manera la construcción de muros anclados mejora el estudio de los procesos constructivos en excavaciones profundas del edificio Santo Toribio localizado en el distrito de San Isidro, empleando la **metodología** La investigación fue aplicada, método deductivo, y de diseño no experimental, obteniendo como **resultado**: Se corroboró que la mejora en el diseño de mezclas nos permite que los procedimientos para la construcción de muros anclados del edificio , y finalmente **concluyo**: La construcción de muros anclados ha mejorado el proceso de excavaciones profundas del edificio de Santo Toribio localizado en el distrito de San Isidro.

Antecedentes internacionales

López (2019) presento la tesis de pregrado **Titulado**: Estudio del comportamiento de hormigón lanzado en la consolidación de taludes, para suelos limosos con pendientes mayores a los sesenta grados en el kilómetro dos en el paso lateral del cantón Ambato, el cual fija como **propósito general**: Estudiar el comportamiento de hormigón lanzado en la consolidación de taludes, para suelos limosos con pendientes mayores a los sesenta grados en el kilómetro 2 en el paso lateral del cantón Ambato, obteniendo como **resultado**: Los ensayos de suelo del talud arroja como resultado un material predominante en arena-limosa, y finalmente **concluyo**: El hormigón proyectado ha sido reemplazado los métodos tradicionales de revestimiento de taludes, se ha convertido en una alternativa importante en la consolidación de taludes a nivel local.

Huertas (2016) desarrolló la tesis de pregrado **Titulado**: Procesos constructivos para túneles viales hechos en Colombia, el cual fija como **propósito general**: Ayudar al

conocimiento sobre la construcción de túneles viales considerando, evolución, geología y avances tecnológicos, logrando como **resultado**: La topografía, estratigrafía y petrografía han sido etapas importantes que se debería considerar para comenzar cualquier tipo de plan de excavación de túneles, una vez que el área explorada muestra gran variabilidad, y finalmente **concluyo**: El plan del túnel vial de La Línea lleva 12 años de construcción, ubicándose entre los más largos en Colombia, debido a su longitud.

Caro (2015) presento la tesis de posgrado **Titulado**: Análisis en la ejecución de cámaras a través de estructuras de contención flexible para estaciones de metro, el cual fija como **objetivo general**: Establecer criterios, parámetro de diseño y analizar diversas secuencias constructivas para la construcción al amparo de estructuras de contención flexibles de las estaciones del metropolitano, usando la **metodología** El estudio ha sido de enfoque mixto, logrando como **resultado**: El nivel de fijación de la pantalla en el terreno se obtiene, por un parte, mediante la movilización de la presión pasiva de tierras , y finalmente **concluyo**: Se propuso un nuevo método para diseño estructuras flexibles para los suelos granulados con niveles de apoyo.

Morales (2016) desarrolló la tesis de pregrado **Titulado**: Diseño geométrico de la vía, consolidando los taludes con muros anclados localizada en el sector San José, el cual fija como **propósito**: Hacer el diseño geométrico de la vía, consolidando los taludes con muros anclados localizados en los sectores San José, obteniendo como **resultado**: El análisis de suelos dio como resultado un suelo limo arenoso obteniendo un CBR del 9% con el cual se hace el diseño del pavimento flexible, y finalmente **concluyo**: El diseño de vía que existe fue rediseñado ya que no cumplía con las reglas implantadas por el MTOP.

Lacera (2015) presento la investigación de posgrado **Titulado:** Modelamiento de muros anclados para la consolidación de excavaciones en la construcción del proyecto Iswará del rubro comercial de la municipalidad de Barrancabermeja, el cual fija como **propósito:** Hacer el modelamiento de las estructuras de retención con muros anclados en la consolidación del talud vertical de una excavación solicitada para tres sótanos subterráneos del proyecto de construcción de ISWARÁ de 10 pisos que se localiza en el barrio urbanización Cincuentenario, obteniendo como **resultado:** Que los muros anclados para la consolidación de las excavaciones solicitadas en la construcción de edificaciones brinda muchas ventajas económicas y técnicas en relación a los sistemas convencionales y su implementación puede extenderse en la solución de consolidación de taludes, construcción de vías y puentes, y finalmente **concluyo:** La ejecución de este proyecto permitió brindar una descripción metodológica del diseño de muros anclados en suelos granulares para la consolidación de la excavación solicitada en la construcción de una edificación utilizando elementos computacionales ofreciendo recomendaciones necesarias para el desarrollo de este tipo de estructuras como una solución particular a las condiciones geológico-geotécnicas del rubro y la región.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Muros anclados

Según Carbajal y Bermudez (2017), los muros anclados son aquellas estructuras de soporte de taludes, por lo cual conservan anclajes mecánicos a la superficie por lo cual logran ser temporales o constantes. Asimismo, los muros anclados están conformados fundamentalmente por una placa o muro de concreto armado vaciado in-situ, por el cual está anclado al terreno mediante un sistema de anclaje

por lo cual no provoca que caiga el talud que es ocasionado por la excavación. Estos anclajes tienen distintas características según sea el uso que se le den.

En el caso de los sótanos, los anclajes de muros son temporales; y esto depende a que por la etapa de excavación los muros no presenta una máxima resistencia al empuje de la superficie más que la resistencia del mismo muro y de algunos anclajes, pero cuando inicien a vaciar las losas de piso en sótanos, estas suelen actuar como resistencia fija de los muros, es por ello que los anclajes no serían los indicados, en el muro de concreto armado se utiliza de igual manera como muros de sótano, siendo estos construidos por anillos de arriba hacia abajo de acuerdo va progresando la excavación, los anillos (Carbajal & Bermudez, 2017).

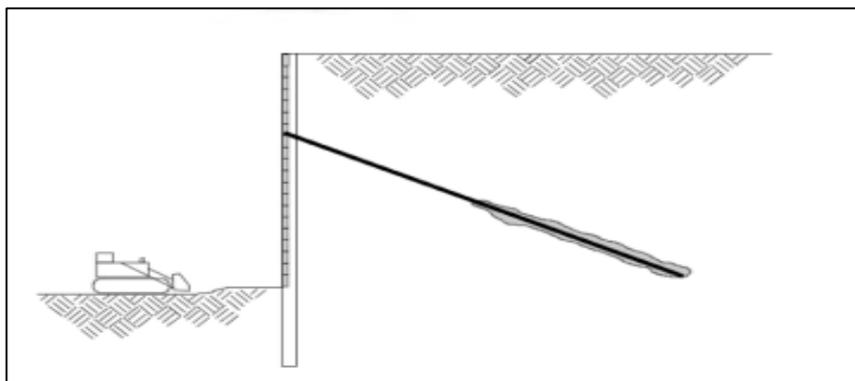
De igual manera se van distribuyendo por paños o en placas, por lo que se construyen en sistemas de anclaje entrelazados o de baldosas que anclan la pared del sótano sobre la superficie de la tierra para que pueda soportar empujes superficiales, sobrecargas y agua. Luego, sin causar su falla, los sistemas de anclaje de manejo son temporales o constantes, los anclajes no cambian cuando su vida útil no es menor a 2 años, por lo que el tipo de anclaje está protegido contra la corrosión, de manera que uno de los principales aspectos del diseño, se organiza tanto para el área del bulbo y el largo libre, como para el cabezal del ancla, también en los casos en los que como señala el proyecto, se requiera actualizar los anclajes y verificar periódicamente la carga útil del servicio (Carbajal & Bermudez, 2017).

Por otro lado, en el caso de los anclajes temporales, comúnmente presentan un periodo de vida no mayor de 2 años, además presentan factores de seguridad mínima y una protección anticorrosión más simple, los anclajes en sótanos son comúnmente temporales, debido a que se usan por un mínimo periodo hasta que la estructura de

soporte fundamental entre en funcionamiento considerando los muros y losas de sótano, los sistemas de anclaje se utilizan en distintos anclajes de superficie, es decir las barras Dywidag, cables metálicos y barras gewi, en dicho caso los muros anclados se usan, en lo general, cables metálicos y estos serán posterior a los muros de los sótanos, es por ello que tienen el fin de anclar el muro a la superficie, estos cables están rodeados por un tubo metálico a través del cual se inserta en la superficie de la tierra durante la fase de perforación, es decir, el tubo está en contacto con la superficie de la tierra, los cables se bombean con un mortero en la parte inferior del taladro, creando un bulbo. que actúa como punto de anclaje para la pared permitiendo una buena tracción del cable (Carbajal & Bermudez, 2017).

Figura 1

Esquema de muro anclado



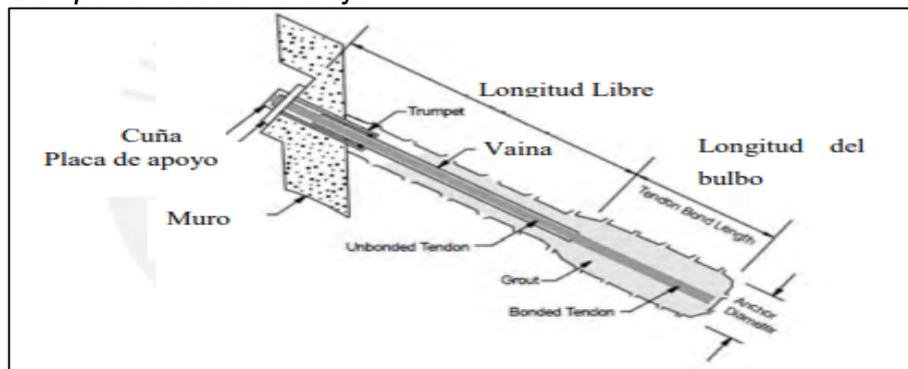
Fuente: FHWA, 1999, Ground Anchors and Anchored Systems.

La libre longitud es aquella zona en la cual se encuentre entre el bulbo y la cabeza o sino también en la placa del anclaje, en esta zona se ubica la vaina, la cual garantizan la colocación de los cables que se encuentran en el interior de la vaina, ocasionándole un recubrimiento menor de grout, y los tirantes o cables metálicos conocidos como el tendón, aquella distancia del bullbo es aquella zona en donde encaja el tendón ya que se ubica en el contacto directo con la superficie terrestre,

la cabeza del anclaje se define como aquella conexión o relación entre el muro y el tendón o cables metálicos, la cabeza del anclaje es aquel que está compuesto por aquella placa de apoyo, que se coloca por encima del muro y una cuña en la cual da pase a que el tendón se sostenga tensionado (Carbajal & Bermudez, 2017).

Para ser aplicable en el diseño y construir, correctamente un muro anclado se tiene que averiguar el lugar de excavación, para así tener en cuenta que por lo menos el empuje de la superficie terrestre algunas cargas de edificaciones o construcciones vecinas, cause el cambio de la humedad de la superficie terrestre, aquellas sobrecargas dinámicas son ocasionadas por los sismos y algunas vibraciones, es por ello que a partir de eso se logre conocer y averiguar la viabilidad técnica y económica de las edificaciones o construcciones de los muros anclados, también del diferente tipo de sistema de anclases en la cual será aplicado. (Carbajal & Bermudez, 2017)

Figura 2
Componentes del anclaje



Fuente: FHWA, 1999, Ground Anchors and Anchored Systems.

2.2.1.1. Aplicaciones de los muros anclados

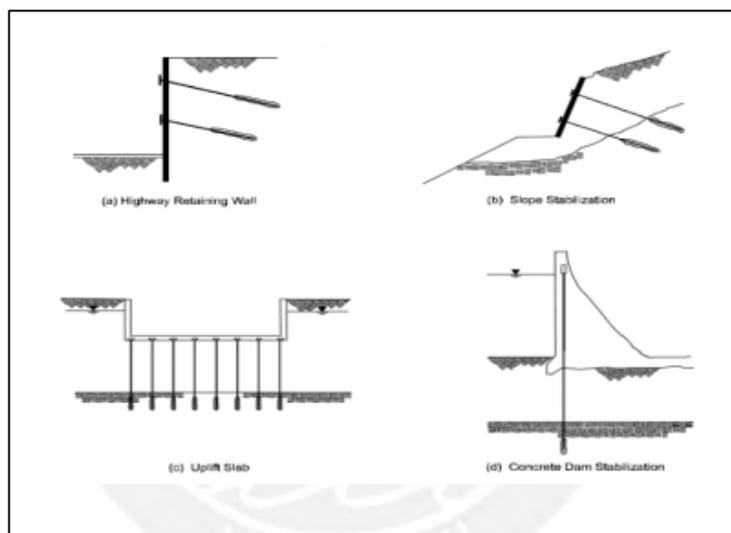
Para los autores Carbajal y Bermudez (2017), opinan que la aplicación o utilización de los muros anclados va aumentando, ya que presenta una gran capacidad de poder soportar grandes presiones horizontales, alturas grandes de sobrecarga y tierra sin necesidad de añadir el espesor. También la rapidez en su realización durante su

construcción, muy económico a comparación con otros métodos de estabilización de los suelos en la cual agregan su popularidad, además presentan distintas utilidades como por ejemplo tenemos la estabilización de cortes de taludes en las trochas, estabilización de taludes naturales, la compensación de las sub presiones que van en la parte inferior de los tanques, las piscinas, estructuras enterradas, las estabilizaciones de presas de concreto, etc.

Los muros anclados para la estabilización de taludes de sótano son muy recomendados y aplicados en lima, por ello la diferencia existente es de las calzaduras al no tener grandes problemas de construcción el cual se va excavando a lo más profundo, esto se realiza a causa de que no la superficie vecina no entra y construye una estructura en este, solo se la da de agujerar la zona en la cual se va tener que meter los cables para el anclaje de los muros (Carbajal & Bermudez, 2017).

Figura 3

Aplicaciones de muros anclados



Fuente: (FHWA, 1999, Ground Anchors and Anchored Systems), Muestra también el uso de muros anclados en sótanos.

2.2.1.2. Metodología del proceso constructivo

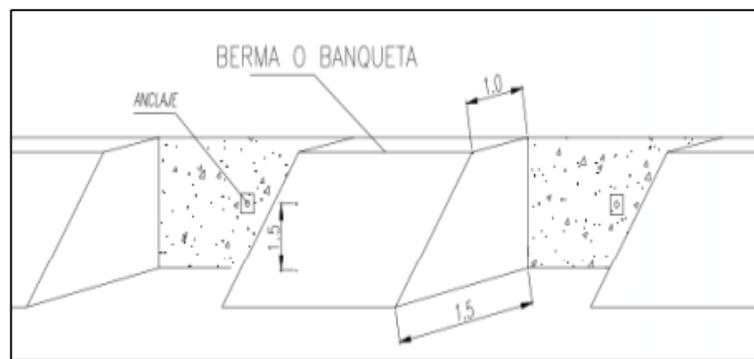
En la construcción se realiza un procedimiento sencillo de los muros anclados, por lo que se desarrolla con dicha coordinación de la excavación, instalación del anclaje, la perforación, construcción del muro y el tensionamiento del mismo, con tal que la eficacia de la realización, a continuación, según Geofundaciones (2017) clasifica a los procesos productivos en etapas:

a) Movimiento de tierras o excavación

Antes de la realización de los trabajos de perforación o inyección del anclaje se logra realizar primero con el movimiento de tierra previa. En la cual todos los niveles se deben excavar a una altura de 1.5 metros en el inferior de la costa del anclaje. De tal modo que los equipos de perforación logren equilibrarse correctamente frente del talud y así se realice de una forma segura, se excavará módulos o paños de fila de una manera intercalada en todo el exterior de la excavación, en la cual se dejará una banqueta de 1.0m en la corona y 1.5 en la base por el ancho del módulo respectivamente, de tal modo que se observa en la figura 4 (Geofundaciones, 2017).

Figura 4

Proceso de abertura de paños



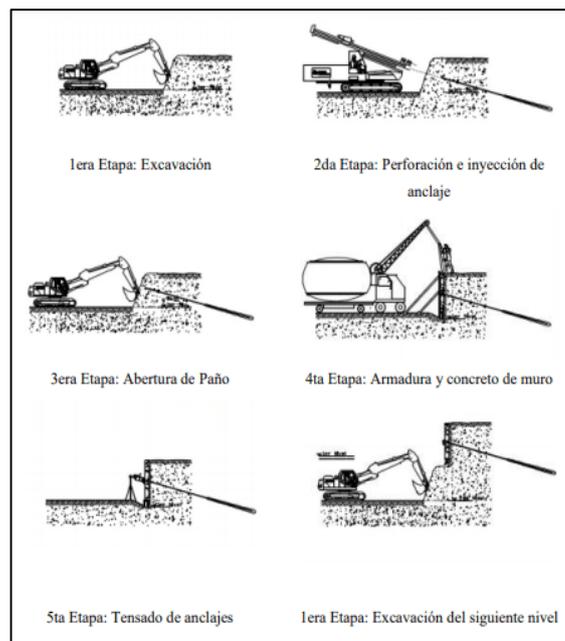
Fuente: (Geofundaciones, 2017).

b) Perforación de inyección de los anclajes

En lo general la perforación por encima de las banquetas en la cual se desarrolla, pero además se logra desarrollar lo que se interpone de acuerdo al proceso de la abertura de paños con el fin de logran hacer un tren de trabajos y mejorar la utilidad de los muros anclados (Geofundaciones, 2017).

Figura 5

Proceso Constructivo de muros anclados



Fuente: (Geofundaciones, 2017).

c) Construcción de muros

Para la realización de la construcción del primer nivel de anillo, se realiza de 1 muro en 1 muro que se va interpolando, una vez realizada se desencofra, y se apuntalar o retiene el material de la excavación. Se logra construir los muros en la cual se podrá realizar para los muros

faltantes, por lo consiguiente esta se debe tener presente que es primordial para los muros previos precisamente tensionados o reforzados para así formar algunos intermedios como lo nombró anteriormente, continuando con el procedimiento para realizar el segundo nivel, esta debe ser tensado en su totalidad (Geofundaciones, 2017).

2.2.1.3. Análisis de muros anclados

La investigación presentan distintos métodos o técnicas por la cual verifica el análisis y diseño de los muros anclados, es por ello que se logra nombrar los métodos americanos RIGIDI o NLFEM por la cual tienen relación con respecto a la FHWA (Federal Highway Association), el manual NAVFAC (Naval Facilities Engineering Command), por lo cual las estructuras y fundaciones de tierra, de tal manera para los distintos métodos basados en manuales de diseño de anclaje en tierra por la cual su uso depende de una serie de condiciones para las que se presentan en los diferentes países. Esto se hace siempre y cuando presenten concordancia con los códigos constructivos como las normas AASHTO (Dinda, 2016).

a) Modos de falla.

Los muros anclados se pondrán arriesgados a diferentes modos de falla en la cual dependerán de las características propias del sistema indicado de tal manera que las del medio adyacente, de esta forma se considera que se pueden tener a continuación estos tipos de fallas:

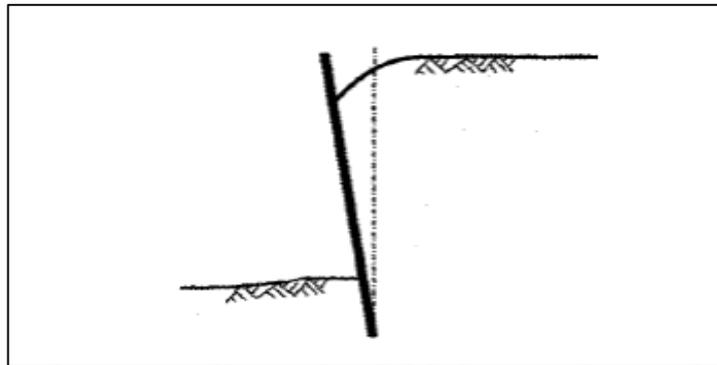
- **Falla rotacional del elemento de retención hacia la excavación antes de la instalación del ancla.**

Se trata de un error que se produce cuando la fase inicial de la excavación no se planifica adecuadamente, en definitiva, es decir, cuando la profundidad del corte es mayor que la mínima requerida para

mantener la estabilidad determinada, se da también al excavar, si no hay una fuerza de anclaje estable, en los respectivos intervalos de tiempo, entonces provoca una redistribución de la presión de poro, por lo que se desestabiliza toda la excavación (Dinda, 2016).

Figura 6

Falla rotacional del elemento de retención



Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

▪ **Falla en la masa de suelo**

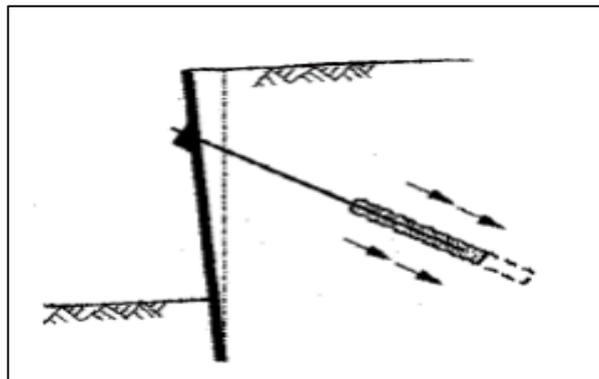
Es aquella falla por la cual resulta de la aplicación de fuerzas excesivas en el tendón o ancla, así como las que se provocan a lo largo de un deslizamiento y no a la que resulta por fuerzas externas, es por ello que en el tipo de falla se considera las anclas de una mínima profundidad y se caracteriza por el levantamiento de la superficie terrestre frente al ancla, comúnmente se realiza una superficie de falla frente al ancla hasta que se moviliza la resistencia de la superficie terrestre, generalmente, para este tipo de falla no existe un factor en la cual sea fundamental e importante en las anclas que se van colocando no menos de un 4 a 5 m de profundidad (Dinda, 2016).

▪ **Falla por extracción del bulbo**

Es aquella falla en la cual se provoca cuando este excede al soporte de fricción en la interfaz en relación del bulbo inyectado y el suelo adyacente, en las anclas acampanadas, esta resistencia se va movilizando progresivamente, por la cual se van considerando las cargas, de acuerdo a las elongaciones por la cual sufre el tendón los esfuerzos son los resultados de las elongaciones por lo cual llegan al extremo del ancla, por lo cual es mayor a la resistencia friccionante en la interfaz de suelo-mortero o suelo-lechada (Dinda, 2016).

Figura 7

Falla por extracción del bulbo



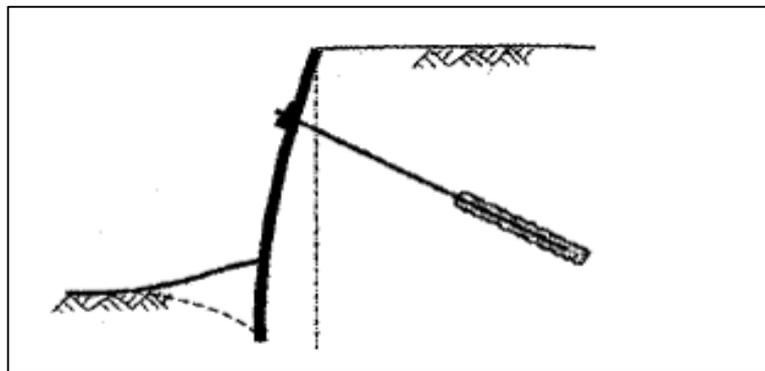
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

- **Falla rotacional del elemento de retención por falta de resistencia pasiva**

Es aquella que, por muchos sistemas de retención anclados, la estabilidad necesita de la movilización de la resistencia pasiva de la superficie terrestre localizado frente al empotramiento, generalmente se considera verificar que condiciones se realizan par que se movilice dicha resistencia pasiva con el factor de seguridad indicada por lo cual garantice que aquellas deformaciones de la superficie terrestre se sostengan en el interior de los límites considerables (Dinda, 2016).

Figura 8

Falla rotacional por insuficiencia de capacidad pasiva



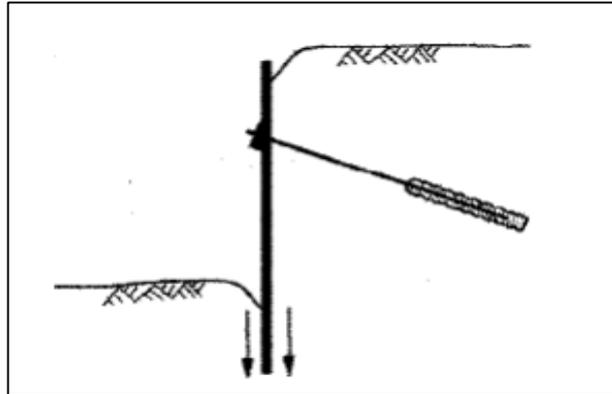
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

- **Falla por falta de capacidad de carga en la base del elemento de retención**

Es aquella en la que se debe considerar la resultante de algunos empujes, en la cual debe actuar en el extremo inferior de dicho elemento de retención es por ello que se debe de apoyar por encima de un material considerable (Dinda, 2016).

Figura 9

Falla por falta de capacidad de carga en el apoyo



Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

b) Mecanismos de falla general

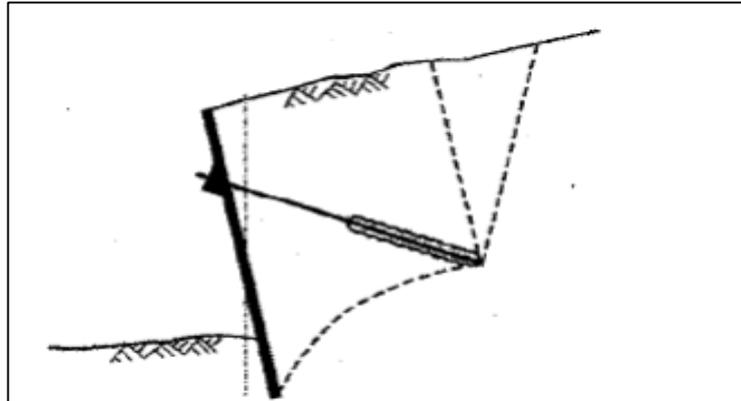
Algunos de los terrenos potenciales de deslizamiento atraviesan por el exterior de los bulbos de inyección, y erróneamente la verificación de algunos mecanismos (Dinda, 2016).

- **Falla generalizada por volteo**

Esta es la fuerza a la que se consideran todas las fuerzas a las que reaccionan sobre el elemento de sujeción y, si es fundamental, se debe evaluar el potencial de vuelco a diferentes profundidades, además de uno o más puntos de giro o pivote (Dinda, 2016).

Figura 10

Falla generalizada por volteo



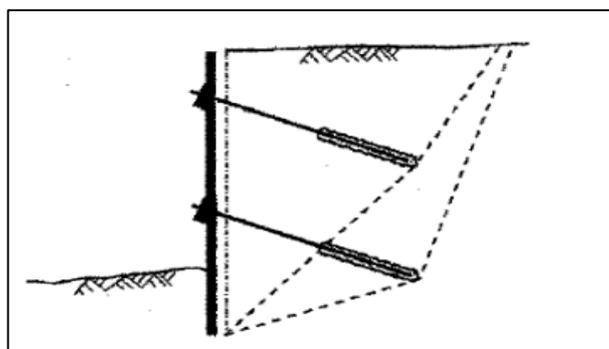
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

- **Falla generalizada por deslizamiento**

Se describe como aquella falla en la que no ocasiona que se efectúen la evaluación de las convencionales en la base de dicha estructura de retención en los que se considere a todas las fuerzas actuantes, es por ello que en tal caso resulta crítico contar con consideraciones razonable de dicha resistencia al suelo considerado (Dinda, 2016).

Figura 11

Falla generalizada por deslizamiento



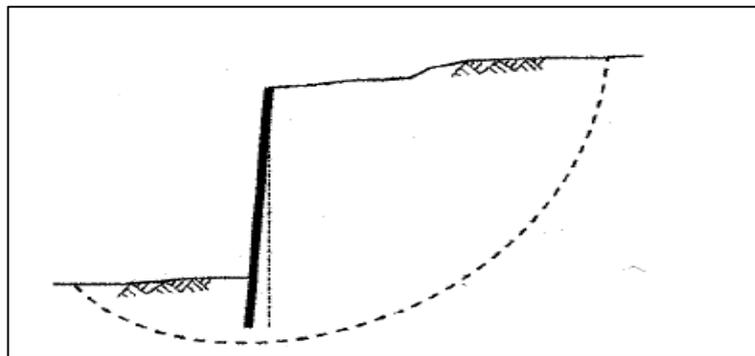
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

- **Falla generalizada rotacional**

En esta falla es conocida ya que por la cual se logra aplicar los métodos convencionales para la evaluación de la estabilidad global del sistema, por el cual coincide calificar antes y después de la instalación de las anclas (Dinda, 2016).

Figura 12

Falla generalizada rotacional de la masa del suelo



Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

a) Fallas estructurales

Se clasifican en:

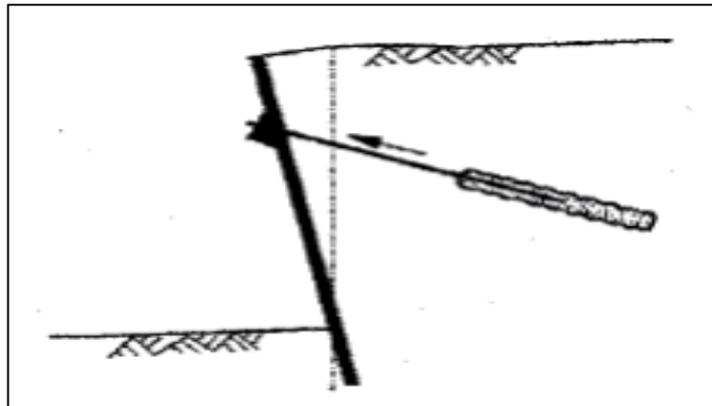
- **Falla de adherencia entre el tendón y el mortero de inyección**

Es aquella falla en la cual tienen el desplazamiento relativo con respecto al mortero y al acero del ancla en la cual se introduce en el bulbo, dentro de ello encontramos 3 diferentes tipos de factores, las cuales son: la fricción, la adherencia y la agrupación mecánica, el primero presenta la coalescencia microscópica en el acero, así como en el mortero; es por ello que se recomienda las transformaciones muy pequeñas para así poder congregarla. Al vencerse la resistencia por adherencia, se congrega la fricción con respecto al acero y el mortero, pero, esto suele suceder cuando la falla tenga durante un área el deslizamiento en el interior del mortero necesariamente, la agrupación

mecánica es aquella que no permite al deslizamiento con el ancla y el mortero a causa de la rugosidad microscópica y macroscópica del área potencial de deslizamiento, en algunos sistemas de anclaje establecidos en la superficie (Dinda, 2016).

Figura 13

Falla generalizada rotacional de la masa del suelo



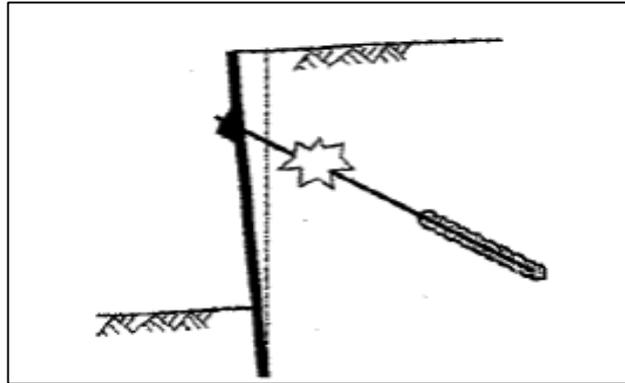
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

▪ **Falla por tensión en el ancla o tendón**

Se define como la falla donde se provoca cuando este es mayor a la capacidad estructural del tendón, el cual es el más aplicado para las cargas de diseño final, durante un tiempo, con tal de que no pase de un 60% a la resistencia nominal (Dinda, 2016).

Figura 14

Falla por la tensión en el ancla



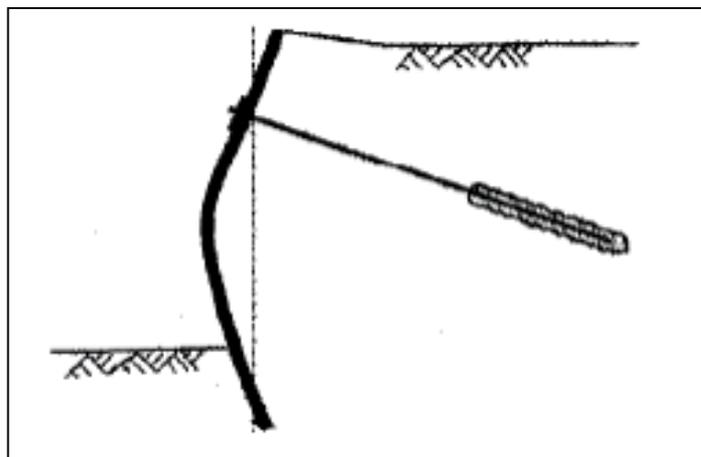
Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I.

- **Falla por flexión del muro**

Se describe como aquella falla que presenta un problema estructural cuya evaluación es de acuerdo a la división de presiones supuestas, en el cual se revisa como plantear el problema como uno de interrelación suelo-estructura, en cual se va desarrollando numéricamente con algunos programas de elementos finitos (Dinda, 2016).

Figura 15

Falla del muro por flexión



Fuente: Sociedad mexicana de mecánica de suelos, A.C. Manual de Construcción Geotécnica, Tomo I

b) Modos de falla externos

De acuerdo con Valdez (2011), clasifica en:

- **Estabilidad global**

Es aquel modo de falla externa en la cual se da como ejemplo dos formas de cálculo manuales para la verificación de la estabilidad global, pero la otra forma más veloz y numerosa debido a que se logre encajar los datos y cambiándolos hasta que la respuesta de dicho factor de seguridad óptimo. Es fundamental que el método de construcción de los muros anclados de hormigón se proyecta por etapas de la construcción, en la cual el programa SNAILZ logre el análisis rápido en el que se logre evaluar cada etapa de construcción con el caso separado de estabilidad de talud. De tal manera que el diseñador asegura de que el muro no falla en ninguna etapa de construcción (Valdez, 2011).

- **Estabilidad ante deslizamiento**

Es aquel modo de falla en la que se logra ser modelado por aquel programa de SNAILZ con una superficie que presenta cierta falla recta y larga que comience en la parte baja del muro, pero se logra determinar de una manera más exacta. El proceso de análisis de este tipo modo de falla se presenta en lo siguiente:

- ✓ Determinar el ángulo semejante de talud superior (B_{eq}) de acuerdo con las características del talud.
- ✓ Determinar la altura por encima de la presión de tierra que actúa (H_1).
- ✓ Determinar el K_a para el empuje de la superficie.

- ✓ Determinar las fuerzas horizontales resistentes.
- ✓ Determinar las fuerzas horizontales deslizantes.
- ✓ Determinar el factor de seguridad del deslizamiento.

- **Estabilidad ante capacidad de carga**

Es aquel tipo de falla por capacidad de carga además que logren ser formado por el programa SNAIL se utiliza un suelo de falla que pase en la parte inferior del muro y comience una distancia de la pantalla, pero además hay como determinar de una forma exacta con el método correspondiente (Valdez, 2011).

2.2.1.4. Deformaciones de muros anclados

Según Muñoz (2011), las deformaciones de muros anclados se dividen en:

a) Desplazamiento del muro

En la construcción se realiza durante y después un muro anclado, donde la superficie que va detrás se tiende a alterarse hacia afuera, en tal momento que se empieza por el aumento rotacional en el pie del muro, que es parecido al momento de un muro de retención cantiléver, es por ello que en lo general algunos movimientos verticales, así como los horizontales del muro o de la pared dependen de:

- Altura del muro, H , (las modificaciones que se aproximan se añade linealmente en relación a la altura del muro) (Muñoz, 2011).
- La geometría del muro (es aquel muro vertical en la cual presenta modificaciones que un muro inclinado) (Muñoz, 2011)

- Tipo de suelo alrededor de los anclajes en los suelos que realizan muchas modificaciones (Muñoz, 2011).
- Espaciamiento de los anclajes y la hondura de la excavación en aquellos espaciamientos extensos de los anclajes, de una máxima hondura de la excavación en la cual ocasiona alteraciones (Muñoz, 2011).
- El factor de seguridad global en la cual es concomitante con las alteraciones máximas (Muñoz, 2011).
- La relación con respecto a la longitud del anclaje del dicho muro las cuales son cortas longitudes de los anclajes con respecto a la distancia del muro en la cual ocasiona máximas alteraciones horizontales (Muñoz, 2011).
- Los anclajes llegan a realizarse con mayores alteraciones horizontales a través del desplazamiento menos competente a aquellas cargas de tensión en los anclajes (Muñoz, 2011).
- La medida de las sobrecargas aumenta la sobrecarga constante en la cual ocasiona aumentos en las alteraciones del muro (Muñoz, 2011).

Para los muros anclados con una relación respectiva que es L/H que varía entre 0.7 y 1.0 son indeseables sus sobrecargas, aquellos valores típicos de seguridad global son de 1.5 y la mayor movilización tanto horizontal como la vertical a un largo periodo de la parte de arriba del muro δ_h y δ_v correctamente en la cual logra ser conocido como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\delta_h = \left(\frac{\delta_h}{H}\right)_i * H \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- $\left(\frac{\delta_h}{H}\right)_i$ = La relación depende de las limitaciones del suelo “i” en la cual son adecuadas en la siguiente tabla.
- H= Altura del muro

Tabla 1

Valores de $\left(\frac{\delta_h}{H}\right)_i$ y C en funciones de las condiciones del suelo

Variable	Suelos rígidos rocas	y Suelos arenosos	Suelos de grano fino
$\left(\frac{\delta_h}{H}\right)$ y $\left(\frac{\delta_v}{H}\right)$	1/1000	1/500	1/333
C	1.25	0.8	0.7

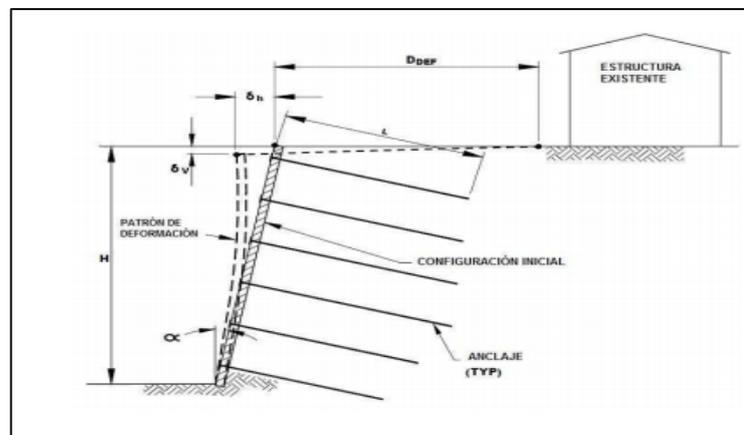
Fuente: “Manual para el proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado”-Muñoz Beltrán, Andrés Jairo-2011.

Las deflexiones horizontales son mayores al 0.005H a través de la construcción en la cual resulte una causa de interés que en lo general existe un límite más arriba del desempeño considerable, cuando las excesivas alteraciones resultan muy factibles con una configuración del muro, una de las alteraciones al diseño logran ser numerosas alteraciones en el muro anclado, es por ello que se logra disminuir a través de la utilización del muro de contención y la instalación de anclajes más extensos en algunas partes arriba del muro, usando un factor de seguridad más elevado, Aquellos los desplazamiento se extienden a seguir una vez realizada a la construcción del muro anclado, a veces hasta los 6 meses, en la cual depende del tipo de suelo, la alteración después de la construcción agrega un 15% de algunas alteraciones observadas de su construcción. Como aquellos resultados del

movimiento, la tensión se realiza en los anclajes, en general los suelos de grano fino de elevada plasticidad en pocas palabras se entienden por un Índice de plasticidad mayor a 20 y un elevado contenido de agua, cuando el Índice Líquido es mayor 0.2, en lo cual caen a una alteración por tiempos más extensos de tiempo (Muñoz, 2011).

Figura 16

Deformación del muro anclado



Fuente: Soil Nail Walls.

b) Deformaciones permanentes por sismos

Se muestra aquel experimento en que las alteraciones estables en la cual extienden a ser cortas cuando se usa el rango típico del coeficiente sísmico en la que ya se ha mencionado es decir $0.5 \leq kh / Am \leq 0.67$ en el cual la delineación de aquellos sistemas flexibles de muros anclados, pero esto se debe a que es correcto siempre y cuando la resistencia del suelo de la pared en la que disminuye de una manera expresiva mediante eventos sismos. Las alteraciones constantes del muro anclado se deben a un evento sísmico en la que se considera el procedimiento, está técnica reside en determinar el desplazamiento de una masa potencial del deslizamiento de tierra en una forma análoga a

la del deslizamiento de un bloque rígido en aquella rampa en la cual se considera una carga cíclica (Muñoz, 2011).

2.2.1.5. Cargas actuantes en los muros anclados

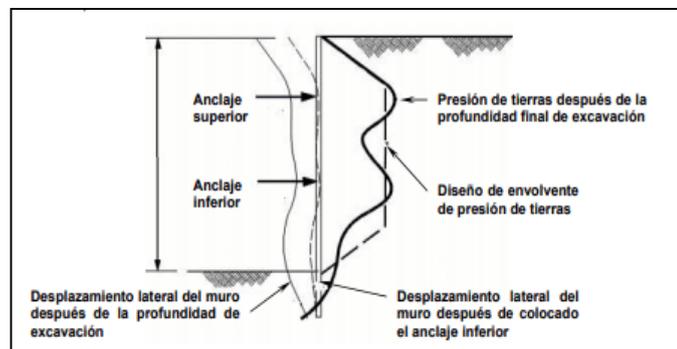
En las fuerzas inducidas, así como también para algunas pruebas de los ensayos de tensionamiento de algunas anclas o para la utilización del preesfuerzo de trabajo, en la cual se presenta diferentes fuerzas en la cual se evalúa en el diseño de algunas estructuras, a continuación, se presenta:

a) Cargas laterales

Son aquellas en la cual explica en esfuerzos laterales de la superficie terrestre, que consideran a la medición de las tensiones en la cual se realizan en la superficie; presiones laterales por la cual se ocasiona por las sobrecargas en la cual reaccionan en el terreno; esfuerzos laterales persuaden por cargas masivas como por ejemplo zapatas en el interior de la masa de suelo y la presión de agua (Muñoz, 2011).

Figura 17

Presión de tierras desarrolladas sobre un muro anclado con múltiples niveles



Fuente: Ground Anchors and Anchored Systems, Geotechnical Engineering Circular N°4

b) Cargas verticales

Son aquellas en las cuales consideran el peso de la estructura anclada y las reacciones las cuales son ocasionadas de las cargas interaccionan por la cual llegan a los anclajes furtivamente, es por ello que se debe evaluar la capacidad de carga en el desaire de la estructura, y para no ocasionar la penetración del estrato de apoyo, es por ello que también en el interior de las cargas verticales es necesario considerar las asociadas con respecto a las operaciones de construcción (Muñoz, 2011).

c) Cargas dinámicas

Estas se definen ya que se pueden considerar en los efectos vibratorios de la actividad sísmica o por el impacto de enormes cargas en movilidad en la que son de tal fuerza en la que se debe incluir en el diseño (Muñoz, 2011).

2.2.1.6. Diseño para los muros anclados

De acuerdo con las investigaciones del autor Valdez (2011) menciona:

a) Consideraciones iniciales de los muros anclados

- **Layout del muro**

Dentro del layout del muro se diseña de cómo se conceptualiza la longitud, la pendiente de la cara del muro y la altura. En lo general la longitud y la altura del muro están definidas por algunas características físicas del sitio en donde se desee construir la estructura correspondiente, pero la pendiente puede cambiar si el diseño lo necesita. Este ángulo de inclinación o pendiente de un talud requiere de un equilibrio al muro, debido a que la presión horizontal de la superficie realiza por encima de la estructura que sea menor, al obtener poca

fuerza esta reacciona por encima del muro en donde se logre reducir la longitud de dichos anclajes y por ello disminuir los costos del refuerzo para la excavación de lograr originar la pendiente en el talud (Valdez, 2011).

- **Espaciamiento vertical y horizontal de los anclajes**

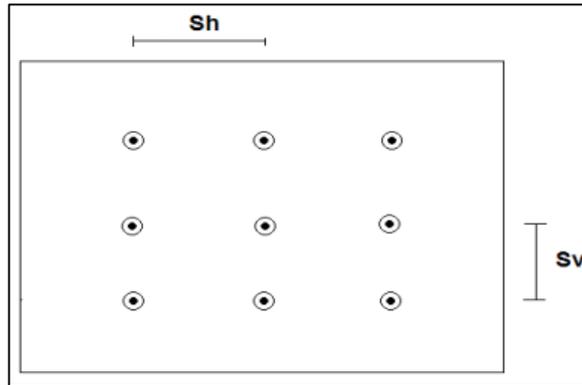
En los anclajes la distancia es debido a que el refuerzo se ubica en el muro, en las propiedades de la superficie, entre otros. En lo general, el espaciamiento vertical ha de ser parecida al espaciamiento horizontal en algunos anclajes, pero en muchas ocasiones no llega ser factible a través de la existencia de las estructuras en el subsuelo como las cimentaciones o cañerías, por ello el límite máximo de la superficie de influencia depende a que una máxima separación se hace en la pantalla del muro donde esté unida a una máxima presión. La pantalla se caracteriza por ser delgada y poca tirante, por lo debido que su resistencia a la presión no es muy enorme y es por ello que podría fallar. El límite mínimo de la superficie de dominio depende fundamentalmente a cuestiones económicas al lograr ubicar mucho refuerzo, es por ello que el muro sube de precio y no competitivo con diferentes tipos de muro, es decir los muros anclados con hormigón armado, además este límite mínimo depende a la colocación de algunos refuerzos cercanos, por lo que las perforaciones se logren encrucijar unas con otras y así logrando crear dificultades constructivas (Valdez, 2011).

- **Ubicación y distribución de los anclajes en el muro**

La división, así como la colocación de los anclajes de muro logran ser de forma cuadrada y regular como se detalla en la siguiente figura 18.

Figura 18

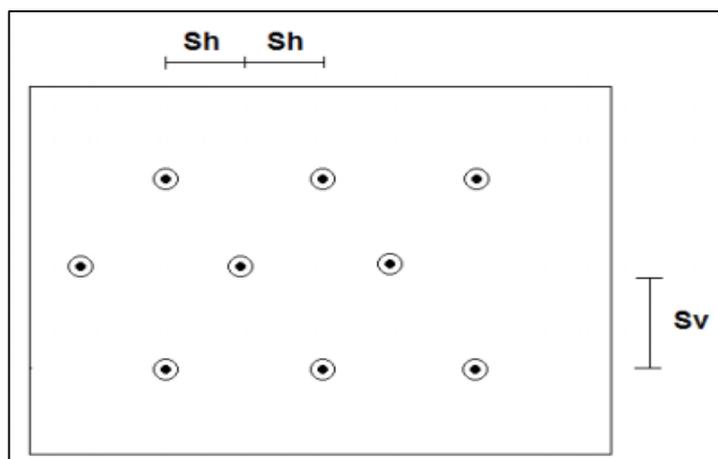
Distribución cuadrada y regular de los refuerzos



Fuente: “Manual de diseño y construcción de muros anclados de hormigón”-Valdez Ponce Pedro-2011.

Según Valdez (2011), la separación vertical, así como la separación horizontal, se distribuyen y se repiten a lo largo del muro, pero, existen apreciaciones fundamentales de la división en la que se logre ser aplicable, la primera es la división triangular de los dichos refuerzos, es por ello que la división es desarrollada de la siguiente manera:

Figura 19
Distribución triangular



Fuente: “Manual de diseño y construcción de muros anclados de hormigón”-Valdez Ponce Pedro-2011.

El tipo de diseño según Valdez (2011), es aquella que realiza una distribución de algunas presiones más homogéneas por lo que resulta excelente cuando las superficies no se redistribuyen algunas presiones, pero la distribución hace que dicha construcción se más extensa por lo que solicita más esfuerzo y tiempo. Por lo que el segundo caso se realiza en ciertas situaciones de la geografía o el espacio físico que se va construir el muro del hormigón proyectado en la cual no considera que exista un espaciamiento homogéneo entre los anclajes en el exterior de todo el muro, en este caso las separaciones verticales, así como las horizontales se usan en cierto diseño que logren ser menores a las máximas que se presentan en el muro.

- **Inclinación de los anclajes**

En muchas situaciones no se logra tener una inclinación que no es considerable, por ello el diseño de muros con esta característica si es posible, el programa SNAILZ es aquella que considera que los anclajes se introduzcan en distintos ángulos de inclinación en cierta evaluación de equilibrio global del talud (Valdez, 2011).

- **Propiedades del suelo**

En los correctos procesos de exploración del suelo, logra desarrollar las características del mismo en el cual se desarrolla en el muro, dentro de los datos se obtienen:

- ✓ Estratigrafía del suelo: Localización, capas existentes y diferentes tipos de suelo en la que se encuentra.
- ✓ Peso unitario del suelo.
- ✓ Parámetros de la resistencia cortante del suelo.
- ✓ Esfuerzo de unión de suelo anclaje para cada capa existente.

b) Diseño preliminar

Se define que todas las atenciones principales del muro se diseñan, por lo que es fundamental considerar la longitud, el espaciamiento y el diámetro de los refuerzos de una manera considerable, al desarrollar un diseño preliminar, se tienen valores cercanos a los reales como los parámetros adquiridos anteriormente, es por ello que es considerable evaluar todos los modos de falla del muro y así los valores poder ponerlo correctamente en el diseño preliminar (Valdez, 2011).

Tabla 2

Parámetros de diseño preliminar

Parámetro	Unidad	Valores
Pendiente del talud	grados ^o	0.10
Pendiente superior al talud	grado ^o	0, 10, 20, 30
Ángulo de fricción efectivo	grados ^o	27, 31, 35, 39
Fuerza de unión última	Kpa	52,104, 172, 276, 689

Fuente: "Manual de diseño y construcción de muros anclados de hormigón"-Valdez Ponce Pedro-2011.

2.2.1.7. Ventajas y desventajas de los muros anclados según Dinda (2016):

Ventajas:

- Uso de la capacidad del suelo o roca donde se logran considerar e instalar como un medio de soporte.
- Su ocupación mediante su instalación, en la cual se relaciona con sistemas semejantes como por ejemplo puntales, taludes temporales.

- Conservan la estabilidad de los cortes y taludes en los casos fundamentales en la cual están compuestas por la principal solución correspondiente.
- El procedimiento constructivo se organiza de arriba hacia abajo, es por ello que se considera los rellenos artificiales o menorar el volumen de excavación, por ello no es importante la aplicación de fundaciones para su desarrollo.
- Desciende la cantidad de concreto reforzado para dicha construcción, dado que el muro se logra ser diseñado con anclajes con sus respectivos espaciamientos pequeños.

Desventajas:

- La existencia de los ambientes agresivos que se logren malograr o dañar los compuestos del bulbo o anclaje, si estos no estaban correctamente cuidados.
- Lo muros anclados no son usados en suelos livianos, debido a que se logren provocar deformaciones excesivas en la masa de la superficie terrestre.
- Las zonas existentes son instaladas por lo que los anclajes en la cual se limita la realización en el futuro.
- Se logran considerar las estructuras vecinas o adyacentes al lugar del proyecto.

2.2.1.8. Clasificación de los muros anclados

Los muros anclados se dividen según Dinda (2016) en:

- a) Según el tipo de pantalla o pared de revestimiento
 - **Muros de gravedad o semi - gravedad**

Son aquellos muros de mampostería de concreto o piedra con pocos o nulos porcentajes de acero de refuerzo, en la cual se añaden anclas post-tensadas en muchos niveles de elevación.

- **Pantallas**

Se define como aquellos muros delgados de concreto reforzado, ubicadas in situ, en algunas pantallas de concreto se ubican hileras de anclajes a muchos niveles, además logran ser post tensadas usando el sistema de “slurry Wall”.

- **Tablestacas**

Son aquellas estructuras delgadas enterradas, ancladas en la parte alta, estas son metálicas o de concreto armado, una variante del sistema son aquellos pilotes tangentes o secantes.

b) Según la vida útil o de servicio

- **Muros anclados provisionales**

Se presenta tener carácter de poco soporte auxiliar en la cual se proporcionan algunas situaciones de estabilidad a la estructura a lo largo del periodo indicado en la cual coloca otros elementos resistentes que lo reemplacen, la vida útil se considera no menos de 24 meses.

- **Muros anclados permanentes**

Se establecen con carácter de acción indicativa, en la cual se dimensionan con máximos coeficientes de seguridad y han de estar diseñados y realizados para realizar frente a los efectos de la corrosión, añadiendo el tendón de ser considerado

capaz de transportar de una forma duradera y continua los esfuerzos del anclaje sin sufrir deterioro alguno.

2.2.1.9. Dimensiones

- **Comportamiento dinámico**

Todas las estructuras, desde las más pequeña hasta la más grande, se encuentran bajo fuerzas físicas que inciden en su comportamiento, probando de este modo la integridad de estas. Si bien las estructuras deben presentar una rigidez y resistencia, la realización de un sobredimensionamiento puede llegar a ser costoso e innecesario (Jorgen, s.f.).

El comportamiento dinámico está encargado de clasificar las propiedades estructurales, las cuales se expresan con los parámetros modales, en donde cada parámetro posee una forma modal con una frecuencia de resonancia natural y un coeficiente de amortiguación (Jorgen, s.f.).

El comportamiento dinámico se encuentra dentro del análisis mecánico de la estructura, ya que analiza las acciones exteriores que producen vibraciones sobre la estructura (CivilGeek, 2012).

- **Análisis modal clásico:**

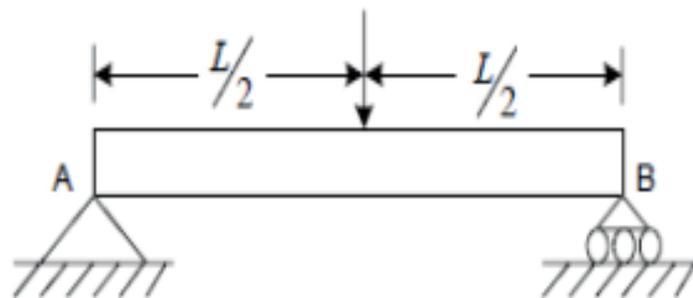
El análisis del modal clásico es realizado sobre las propiedades dinámicas de una construcción excitándolas con fuerzas que pueden ser medidas y estableciendo la relación respuesta/excitación. El análisis modal es realizado a través de pruebas sencillas de movilidad o con grandes estructuras que poseen diversos vibradores y acelerómetros (Bruel y Kjaer, s.f.).

- **Diagrama de momentos**

Este diagrama refiere a las curvas del momento flector que ejercen sobre el largo de la longitud de una viga; este diagrama es realizado en base a lo descrito: (DIMEC, 2011)

Figura 20

Diagrama de una viga

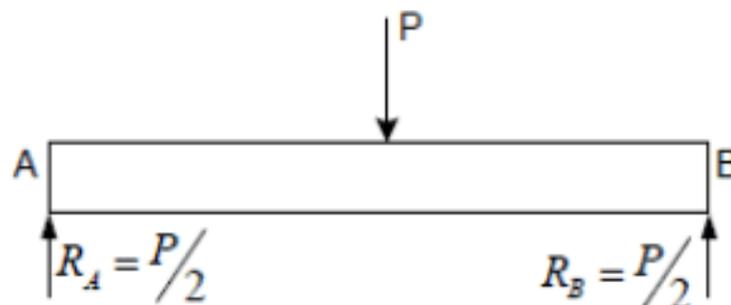


Fuente: "Resistencia de materiales aplicada"-DIMEC-2011.

Primeramente, se calcula las reacciones en A y B, es por ello que debe realizarse un diagrama de cuerpo libre de la viga, como se mostró en la Figura 21.

Figura 21

Diagrama de cuerpo libre



Fuente: "Resistencia de materiales aplicada"-DIMEC-2011.

Posteriormente se divide la viga en partes, en el caso del ejemplo a solo tener una carga aplicada, la viga se divide en dos, una antes de que se ejerza la carga y la otra después:

Figura 22 *Diagrama de cuerpo libre*

- Zona I:

$$0 \leq x < \frac{L}{2}$$



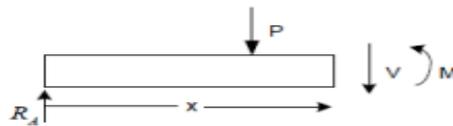
Haciendo sumatoria de Fuerzas y Momentos igual a cero, se obtiene:

$$V = \frac{P}{2}$$

$$M = \frac{P}{2}x$$

- Zona II:

$$\frac{L}{2} \leq x \leq L$$



$$V = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2}$$

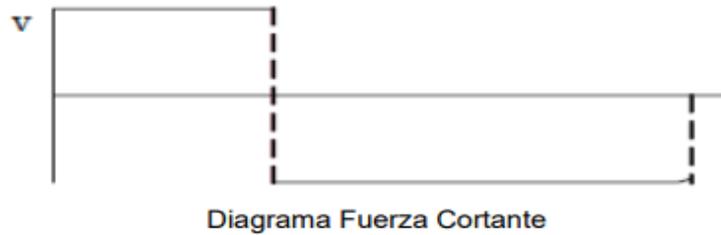
$$M = \frac{P}{2}x - P\left(x - \frac{L}{2}\right) = \frac{P}{2}(L - x)$$

Fuente: “Resistencia de materiales aplicada”-DIMEC-2011.

Los diagramas de momentos son realizados en base a las relaciones de la fuerza cortante y el momento flector en cada área dividida, cabe resaltar que el punto en donde se ejerce la carga hay una discontinuidad en la fuerza cortante; asimismo, el momento flector debe ser igual para ambas áreas; teniendo en consideración estos puntos se arman los diagramas:

Figura 23

Diagrama de fuerza cortante y momento



Fuente: “Resistencia de materiales aplicada”-DIMEC-2011.

- **Transmisión de cargas**

Las cimentaciones tienen la función de transmitir las cargas que soporta la estructura hacia el terreno; de manera general existen dos tipos de cimentaciones: las que soportan cargas de compresión pura y las que soportan lo mencionan más las tensiones de tracción (Mapfrere, s.f.), las cimentaciones tienen la función de realizar la transferencia de cargas al terreno, es por ello, que existen diversas tipologías para lograr ello, como el anclaje al terreno, el pilote y el micropilote. (Ripoll, 2010)

- Anclaje del terreno: Es un tipo de cimentación profunda que se encarga de transferir una carga de tracción que se ejerce en la superficie del terreno hacia un área interior de este; esta tipología está compuesta principalmente por un área de cabeza, área de alargamiento y área de adherencia. (Ripoll, 2010)

2.2.2. Cámaras de sedimentación

Según Barrera (2011), la cámara de sedimentación es un beneficiado material en la cual se logren construir las paredes y aquel fondo de la cámara de sedimentación, sean estos más planos posibles, para así no ocasionar la retención del lodo en la cámara de sedimentación, es por ello que se intercede usa concreto reforzado, el cual el fondo de la cámara será la parte transversal que tiene la forma de V y la inclinación de los lados que presenta una relación respecto a la horizontal el cual presenta en la variación de 50° a 60° , aquella abertura se ubica en el fondo del asentamiento, el cual logrará obtener de 15 cm a 20 cm entre los bordes, uno de aquellos lados se sostiene para no ocasionar el paso de los gases al asentamiento; esta prolongación deberá presentar una proyección horizontal que varía entre el 0.15 m a 0.20 m, la profundidad del tanque logrará ser de 2m. Presenta una longitud del comportamiento que no debe ser mayor de 30 m, por ello la velocidad del escurrimiento a no de ser mayor del 0.0051 m/s, el ancho de la cámara será desarrollado por ciertas condiciones de economía y así lograr evitar la formación de las corrientes transversales; la profundidad del tanque será medida, en la cual considerara los obstáculos de la excavación, de tal manera que las aguas usadas deberán salir de aquella cámara de sedimentación por encima del vertedero extenso, de tal modo lograr disminuir las oscilaciones en el nivel del agua en el tanque.

El borde libre o longitud vertical se encuentra entre la parte de arriba de la pared del tanque y el área del agua, que no tiene que pasar de 0.30 m. Se coloca frente a la salida y entrada de los colgantes que son los deflectores que deberán estar profundos de 30cm a 50 cm, el cual se debe proyectar a unos 30 cm por encima de la superficie de las aguas en el tanque, y así los tanques grandes; de igual manera los deflectores intermedios para así no provocar el movimiento de las

espumas o el paso al líquido caliente, los dispositivos de entrada y de salida se implantan de tal manera que estos logren cambiar de posición hacia la dirección del escurrimiento en el tanque, con el fin de que el lodo que se acumula se logre distribuirse más homogéneamente en los recipientes de la cámara de digestión (Barrera, 2011).

Según Benitez (2019), define como aquel equipo en la cual realiza la utilización de aquella fuerza gravitacional para calcular la división de aquellos fragmentos, al ser moderado el caudal del fluido mediante una cámara de algunos fragmentos de una máxima densidad en la cual dividirán el flujo desplomado en recipientes con la causa de la sedimentación en la cual se logra que aquellos fragmentos en la cual el sedimento presenta una velocidad semejante del fluido, sin embargo al entrar en aquel cuerpo del sedimento, en la cual la velocidad del fluido se disminuye ocasionando que los fragmentos se caigan de un gran peso, al lograr aquella velocidad en la que no se logren apresurar más en el fluido del recipiente, se tiende a caer despacio hacia los recipiente hacia la boca s recolectoras, a través de aquel fluido que continua su curso constante hacia aquella boca de salida sin los fragmentos en la que se sedimentan, existiendo su adaptación común para los fragmentos mayores a 50 mm, para aquellos fragmentos pequeños o de poca densidad, en la cual solicitarán unidades muy enormes para que en el efecto se sustentan, en la cual la cámara obstruye las partículas estables, en la cual es primordial que el flujo del aire sea uniforme con una velocidad menor de 300 cm/s.

En teoría la construcción geométrica es excelente, ya que se logren eliminar las partículas en un elevado porcentaje de eficiencia, en la cual las partículas son mayores a 300 mm, en la que logre obtener una eficacia de recolección más del 95% en la cual la ventaja de estos equipos en su poca inversión y sus pocos costos de sostenimiento, en la cual las desventajas se solicitan enormes espaciamientos en la cual se

logre desarrollar la separación y que no logren utilizar materiales viscosos. El método del espaciamiento por gravedad además se usa en componentes químicos a través el cual se logre agregar la eficiencia utilizando métodos como la floculación, coagulación y la succión en la cual se tiene como ejemplo la utilización de la separación por gravedad en la cual se logre encontrar en la industria como la agricultora, en donde se logre usar mesas de gravedad para la supresión de impurezas de aquellos alimentos tales como la avena, cebada, guisantes, habas, cacao, linaza, entre otros (Benitez, 2019).

Además, se usa en la industria del reciclaje de distintos rubros, para la separación de plásticos y metales, además se usa en el control del Clinker en algunos hornos rotatorios para la producción del cemento, se presentan también distintos patentes de la cámara de sedimentación con distintas utilidades como se detalla en la siguiente tabla:

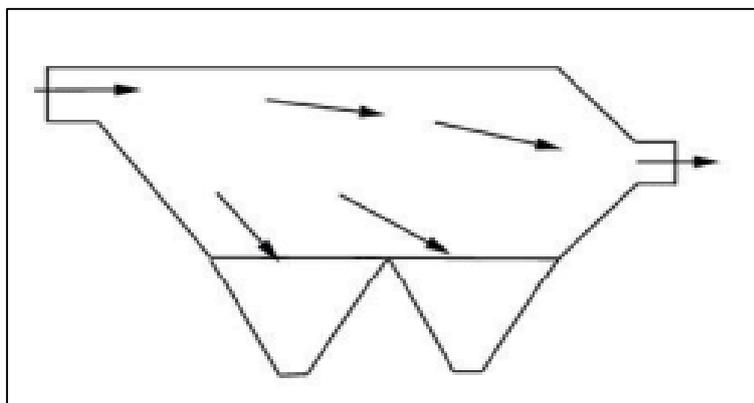
Tabla 3*Ejemplos de patentes de cámaras de sedimentación*

Patente	Inventor	Fecha	Nombre
CN207871724	Kang Mintang	2018-09-18	Cámara de separación por gravedad de polvo fertilizante.
CN105311881 (A)	Wang Huihong	2016-02-10	Cámara de sedimentación de alta eficiencia para la eliminación de polvo.
CN204170521	Tiguo; Cai Yawei	2015-02-25	Cámara de sedimentación para la línea de producción de nano carbonato de calcio.
RU2005128686	Bachurin Ivan Vasilievich (RU); Sobolev Alexey Alexandrovich (RU); Sobolev Veniamin Alekseevich (RU); Suslova	2007-03-20	Cámara de sedimentación de polvo.
TW302762	Chen Pei-Yuan	1997-04-11	Cámara de sedimentación para granos.
US 4950313	Dullien; Francis A. L. (Kitchener, CA), Spink; Donald R. (Waterloo, CA), Mortimer; Wendy (Toronto, CA)	1990-08-21	Dispositivo de eliminación de polvos finos.
US 4,717,404	Fore; Earl (South Plainfield, NJ)	1988-01-05	Separador de polvo.

Fuente: “Diseño de cámara de separación por gravedad para partículas de hule y textil”-Benitez Gasca, Alfredo Enrique-2019.

Figura 24

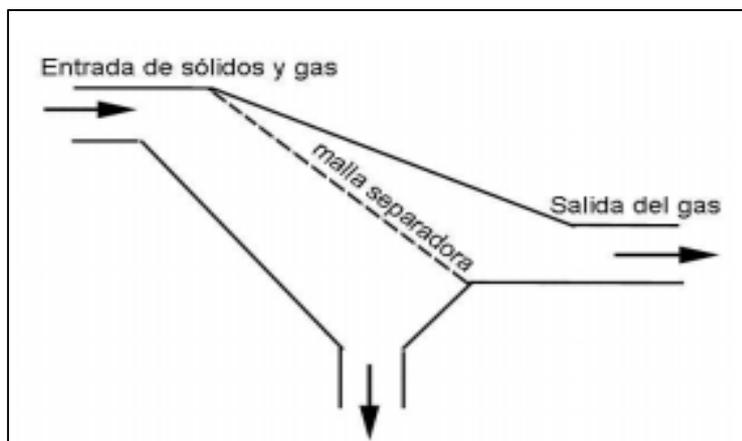
Cámara de sedimentación por gravedad



Fuente: “Diseño de cámara de separación por gravedad para partículas de hule y textil”-Benitez Gasca, Alfredo Enrique-2019.

Figura 25

Cámara de sedimentación por gravedad



Fuente: “Diseño de cámara de separación por gravedad para partículas de hule y textil”-Benitez Gasca, Alfredo Enrique-2019.

2.3. Definición de términos

- **Aditivo:** Se definen como aquellos componentes orgánicos y/o inorgánicos, en la cual presentan propiedades físicas y químicas excepcionales y que han sido aplicadas en muchos campos. (Samaniego, 2018)

- **Agua:** “Define como el segundo componente fundamental del concreto donde debe ser sumamente importante para no producir variaciones en la hidratación del cemento”. (López & Mamani, 2017, pág. 46)
- **ASTM (American Society for testing and Materials):** Sociedad Americana para Ensayos y Materiales. (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 8)
- **Cimentación:** Es aquella que se define como la parte de un sistema estructural en la que presenta con el fin de transportar cargas a la superficie terrestre (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 23).
- **Concreto:** Es uno de los materiales más usuales en la construcción por gran diversidad de aplicaciones, que van desde la estructura de una edificación hasta vías de ferrocarriles. (Maya, 2010)
- **Construcción:** “Ejecución de obras de una vía nueva con características geométricas acorde a las normas de diseño y construcción vigentes” (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 23)..
- **Estructuras:** Se define como aquel conjunto de elementos que se interconectan para cumplir funciones, así como también puentes, contener sólidos o líquidos como silos o piscinas (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 23).
- **Muro:** Son aquellos de uso extendido y más antiguo, empleando para su fabricación mampostería de piedra, concreto, entre otros (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 23)..
- **Resistencia:** “Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura”. (Euclid Group Toxement , 2016, pág. 23).

2.4. Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

La interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, tienen mejor comportamiento dinámico y resistencia, Volcan 2019.

2.4.2 Hipótesis Especifica

- El comportamiento estructural es mejor en la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019.
- El tipo de muro anclado interviene positivamente en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

a) Variable independiente (X): Interacción muros anclados

Según Carbajal y Bermúdez (2017) Son estructuras de soporte de taludes, que conservan anclajes mecánicos a la superficie por lo cual logran ser temporales o constantes, los muros anclados están conformados fundamentalmente por una placa o muro de concreto armado vaciado in-situ, por el cual está anclado al terreno a través de un sistema de anclaje por lo cual no provoca que falle el talud que es ocasionado por la excavación.

b) Variable dependiente (Y): Cámaras de sedimentación

Son cámaras de almacenamiento relativamente grandes, donde almacenan los fluidos provenientes de las profundizaciones mineras.

En las cámaras de sedimentación, el fluido con el sólido, se alimenta horizontalmente dentro de una cámara de expansión. El aumento de la sección de flujo disminuye significativamente la velocidad del fluido, las partículas se sedimentan contra el fondo de la cámara.

2.5.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X): Interacción muros anclados

Es una construcción por gravedad, semigravedad o pantalla; soportados por anclajes de postesado o postensado, soportados por bulbos de profundidad que transmiten cargas de tensión al suelo o roca sobre la que se han instalado. Normalmente, colocada en una pared, una carga de tracción se transmite a través de un alambre o una barra de acero anclada a una bombilla unida en lo profundo de una pendiente. Los anclajes de precarga aumentan la tensión normal en la superficie de falla real o potencial y, por lo tanto, aumentan la resistencia al aumentar la resistencia a la fricción a lo largo de esa superficie.

b) Variable Dependiente (Y): Cámaras de sedimentación

Las cámaras de sedimentación son estructuras que influye positivamente en el almacenamiento de fluidos extraídos al momento de realizar una profundización minera, las capacidades de almacenamiento dependen del avance periódico de extracción de mineral.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 4

Operacionalización de las variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Interacción muros anclados	Comportamiento dinámico	Operatividad a movimientos externos	Guía de observación y planteamiento.
	Diagrama de momentos	Puntos críticos en el diagrama de momentos	
	Transmisión de cargas	Forma de la estructura	
Cámaras de sedimentación	Resistencia	Grado de dureza de la estructura	Guía de observación y planteamiento
	Durabilidad	Grado de serviciabilidad de la estructura.	
	Estabilidad	Grado de seguridad de la estructura.	

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

Según Rodríguez (2005) el método de la investigación es científica porque actúan sobre ella varios conjuntos de procesos sistematizados, la hipótesis es un dispositivo más significativo.

Este método de investigación permite hacer un diagnóstico comparativo de los resultados de la interacción de los muros anclados con las cámaras de sedimentación con los parámetros normados, para así tomar medidas correctivas en las estructuras suspendidas.

El método utilizado para llevar a cabo este estudio es el científico.

3.2 Tipo de investigación

Según Carrasco (2006) la investigación aplicada se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Se debe llevar a cabo de manera cuidadosa y organizada. Uno de los propósitos de esta investigación es resolver problemas en el caso de la investigación aplicada (p.43).

Al utilizar este tipo de investigación, este nos dará como resultado datos numéricos los cuales se evaluarán con los parámetros establecidos para las estructuras suspendidas.

El tipo de investigación corresponde a un enfoque **aplicado**.

3.3 Nivel de investigación

La presente investigación recae en un nivel de investigación **descriptivo** ya que según Tamayo (1999), el tipo de investigación descriptiva, comprende el análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño metodológico por la naturaleza del estudio es el no experimental; según Hernández (2018), manifiesta que el diseño no experimental – descriptivo. Describe el comportamiento de las variables en un determinado tiempo.

Esquema del diseño de investigación

O- X

Donde:

O = Observación

X1 = Variable 01

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población es el “conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas, que tienen atributos o características comunes, susceptibles de ser observados” (Valderrama, 2013, pág. 182).

La población está constituida por cámaras de sedimentación en la compañía minera Volcan.

3.5.2 Muestra

La muestra es la cámara de sedimentación 200 nivel 1120 mina Carahuacra – VOLCAN CIA S.A.A..

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recopilación de datos fueron fuentes documentales, registros y los instrumentos son los diversos ensayos, además de las fichas técnicas.

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó la siguiente técnica de investigación: Se trabajará cuadros y figuras estadísticas. - Las figuras y cuadros nos sirvieron para presentar en forma ordenada el análisis de las variables. Se usarán los siguientes softwares spss - 23, Excel, que permitirán procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

3.8 Aspectos éticos de la Investigación

Llevar a cabo el estudio propuesto en este plan de tesis, requiere que se lleve a cabo un proceso adecuado en el que se cumplan los principios éticos definidos y exigidos por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Los datos, la información y registros que se empleen y expongan en esta investigación fueron originales; por ello, con el fin de cumplir con las exigencias éticas de la Universidad, se evitó recurrir al plagio, falsificar datos o usar contenidos académicos sin citarlos en toda la investigación.

En consecuencia, como autor de la presente investigación, me someto voluntariamente a las pruebas que la institución considere pertinentes para corroborar la veracidad de los contenidos de toda a investigación.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Descripción de resultados

La presente investigación recae en un nivel de investigación descriptivo ya que según Tamayo (1999), el tipo de investigación descriptiva, comprende el análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente.

4.1.1. Datos considerados para el análisis

CONCRETO SIMPLE:

Resistencia a la compresión $f'c$ Solado	:	100 kg/cm ²
Resistencia a la compresión $f'c$ Shotcrete	:	100 kg/cm ²

CONCRETO ARMADO

Peso específico del concreto armado	:	2,400 kg/cm ³
Resistencia del concreto a la compresión($f'c$)	:	280 kg/cm ²
Esfuerzo de influencia del acero de refuerzo(f_y)	:	4,200 kg/cm ²
Módulo de elasticidad del concreto (E_c)	:	250,998 kg/cm ²

4.1.2. Datos considerados para el análisis

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CE: Carga de empuje del relleno

4.1.3. Datos considerados para el análisis

Combinación de cargas en servicio (RNE-E.020)

SL 1.0 = CM + CV + CE

Combinación de cargas ultimas (RNE-E.060)

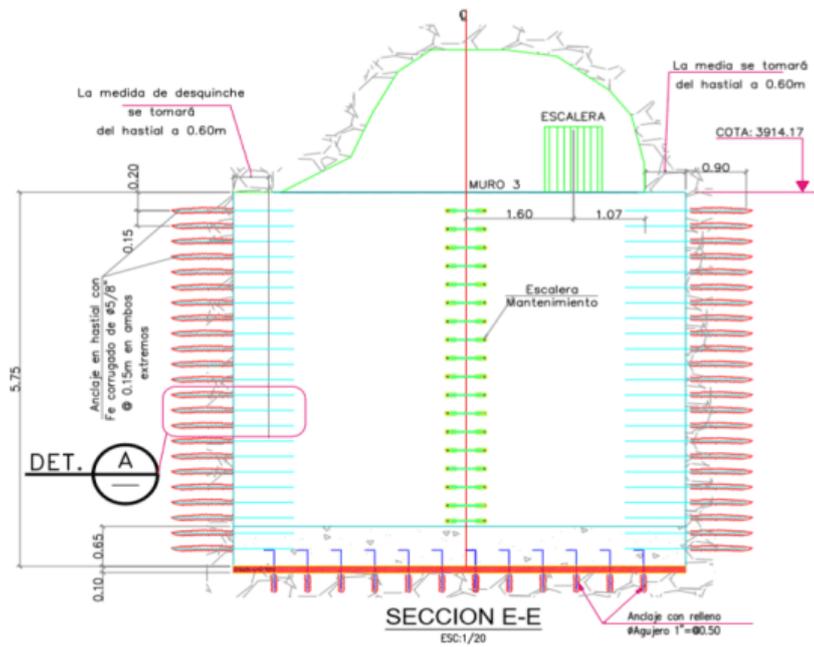
U 1.0 = 1.4CM + 1.7CV + 1.7CE

4.1.4. Aplicación para el diseño de muros anclados

4.1.4.1. Plano en corte muro N° 3 – h=5.10m

Figura 26

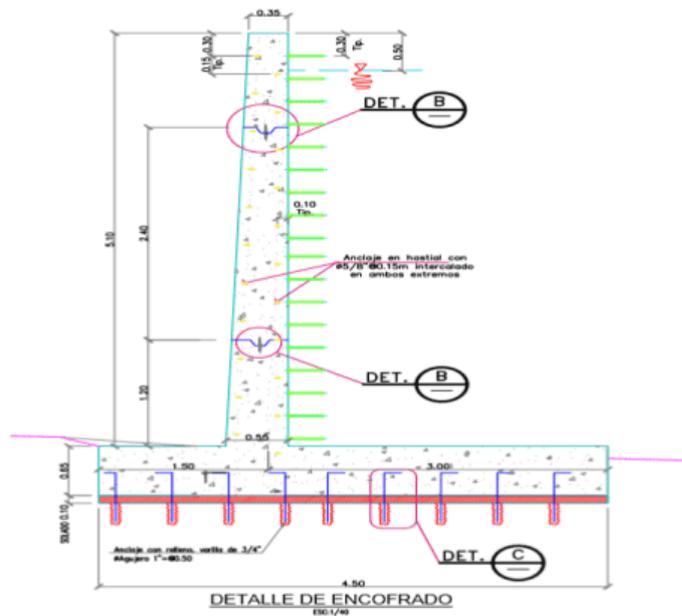
Vista frontal – Muro N° 03



Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza de sedimentación N°3 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

Figura 27

Vista perfil – Muro N° 03

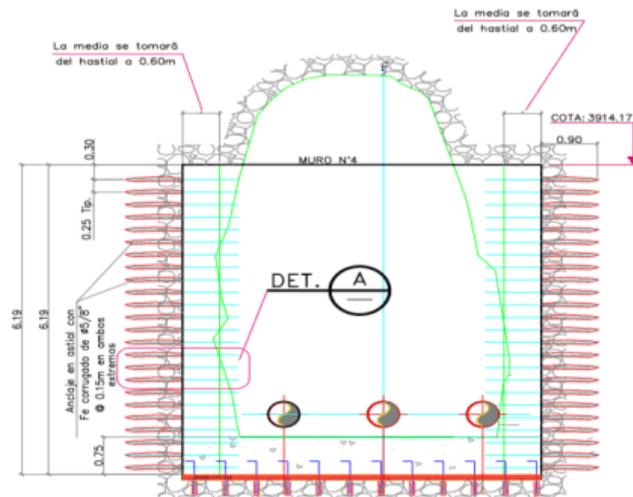


Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza de sedimentación N°3 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

4.1.4.2. Plano en corte muro N° 4 – h=5.44m

Figura 28

Vista frontal – Muro N° 04

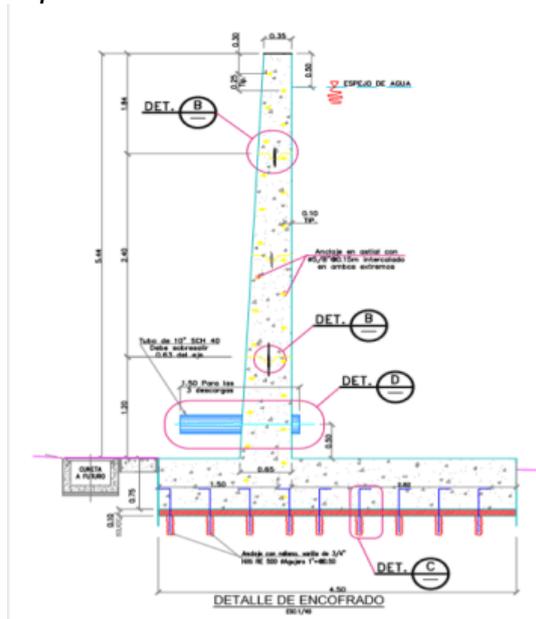


Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza

de sedimentación N°4 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

Figura 29

Vista perfil – Muro N° 04



Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza de sedimentación N°4 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

4.1.5. Análisis y diseño de los muros de contención

4.1.5.1. Análisis y diseño del muro de contención N°03 – Altura H=5.10m

- **Geometría y coeficientes de diseño**

Se analiza la estabilidad de los muros bajos dos (2) condiciones de carga:

a.- Cargas estáticas (condición normal)

b.- Carga sísmica (condición extraordinaria)

Datos Geométricos

Tabla 5

Datos Geométricos Muro N°03

A	=	0.350 m	(Ancho superior)
C	=	0.550 m	(Ancho inferior)
T	=	2.800 m	(Talón)
P	=	1.150 m	(Pié)
B	=	4.500 m	(Ancho de la zapata)
K	=	0.000 m	(Ancho de la llave de corte)
H	=	5.100 m	(Altura del muro)
h	=	0.650 m	(Peralte de la zapata)
h1	=	0.000 m	(Altura del relleno en la punta)
h2	=	0.000 m	(Altura de la llave de corte)
hr	=	0.000 m	(Altura del relleno encima de la cresta)

Características mecánicas

Tabla 6

Datos Mecánicas Muro N°03

γ_o	=	2400.00 kg/m ³	(Densidad del concreto armado)
γ_{agua}	=	1000.00 kg/m ³	(Densidad del agua)

Capacidad portante del suelo

Tabla 7

Capacidad portante del suelo Muro N°03

σ_{amd} estático	=	3.50 kg/cm ²	Capacidad portante del terreno para solicitaciones estáticas (asumido)
σ_{amd} estático	=	4.20 kg/cm ²	Capacidad portante del terreno para solicitaciones dinámicas (asumido)
μ	=	0.75	Coefficiente de fricción suelo - concreto

Características de los materiales del muro de contención

Tabla 8

Características de los materiales del Muro N°03

f'_c	=	280 kg/cm ²	Resistencia característica a la compresión
f_y	=	4200 kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
$\gamma_{c.a}$	=	2400 kg/cm ³	Peso específico del concreto armado

Factores de seguridad

En condiciones estáticas

En condiciones dinámicas

$$FSV = 1.50$$

$$FSV = 1.50$$

$$FSD = 1.50$$

$$FSD = 1.50$$

4.1.5.2. Evaluación de la estabilidad de la estructura bajo cargas de servicio (por metro lineal).

Caso I: ESTÁTICO D+L+H

a) Cargas aplicadas

Tabla 9

Operacionalización de variables Muro N°03

Item	F.V. (kg)	F.H. (kg)	Brazo (x) (m)	Brazo (y) (m)	M.E. (kg-m)	M.D. (kg-m)
Peso Zapata	7020.00		2.250		15795.00	
Peso del Muro	5886.00		1.325		7798.95	
Peso del Agua	15260.00		3.100		47306.00	
Empuje pasivo						
Empuje Hidráulico		15680.00	4.500	2.033	0.00	31882.67
	28166.00				70899.95	31882.67

M.E. = Momento estabilizador

M.D. = Momento desestabilizador

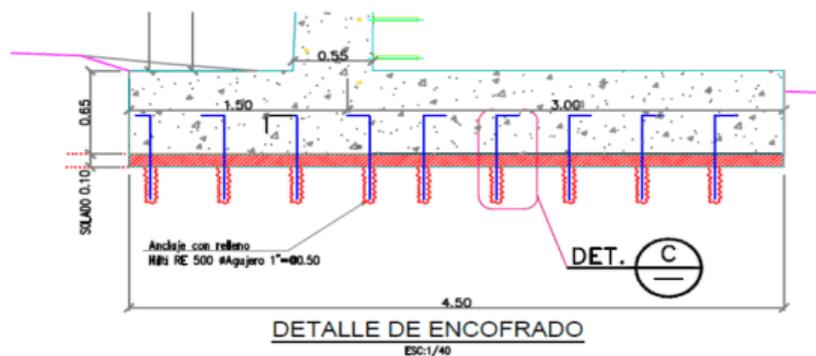
b) Evaluación de estabilidad al vuelco (FSV) y deslizamiento (FSD)

FSV = 2.22 OK

FSD = 1.35 REQUIERE EL USO DE ANCLAJE

Figura 30

Detalle de anclaje en zapata Muro N°03.



Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza de sedimentación N°3 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

4.1.5.3. Evaluación de la estabilidad de la estructura bajo cargas de servicio (por metro lineal).

Sera necesario el uso de anclaje de 3/4" de diámetro a cada 0.50m tanto en la longitudinal como transversal.

a) Evaluación de las presiones sobre el suelo de la fundación

X	=	1.39 m	Ubicación de la fuerza vertical medida desde la punta del muro.
B/2	=	2.25 m	
e	=	0.86 m	Excentricidad de la carga respecto a la base del muro.
B/6	=	0.75 m	
ABS[>	=	B/6	→ po de distribución: Triangular incompleta
$\sigma_{max 1}$	=	1.356	kg/cm ²
$\sigma_{max 2}$	=		kg/cm ²
$\sigma_{max 3}$	=		kg/cm ²
σ_{max}	<	σ_{adm}	OK

4.1.5.4. Diseño estructural de la cimentación y del muro de contención

Determinación de los esfuerzos últimos de corte y flexión.

a) Cargas aplicadas

dzap	=	0.55	m
bzap	=	4.50	m
$\phi Vc = \phi 0.53 v f'cbd$			
ϕ	=	0.75	
V _{2-2U}	=	22694	kg Cortante último en lado del talón.
ϕVc	=	164623	kg
ϕVc	>	V _{2-2(ULT)}	OK

b) Diseño de la base del muro por flexión

Talón:

Mu	=	22175 kg-m	Momento último en cara inferior
ω calculado	=	0.03987	Cuantía mecánica
ρ calculado	=	0.00266	Cuantía del refuerzo en tracción por flexión
ρ máximo = 0.75 $\rho_{balanceado}$	=	0.02084	Cuantía máxima del refuerzo para $f'c=280$ kg/cm ²
As calculado	=	14.619 cm ² /m	Área de refuerzo calculado para Mu para la cara inferior en tracción
Asmin = 0.0018 b h	=	5.40 cm ² /m	Área de refuerzo mínima de la sección transversal
Asmin/2 = 0.0018bh/2	=	2.70 cm ² /m	Área de refuerzo mínima en cada cara
MAX(Ascal., Asmin/2)	=	14.62 cm ² /m	Área de refuerzo inferior a ser usada

Refuerzo superior	#5 @ 0.10 m
Área de refuerzo colocado	As. Sup. = 21.77 cm ²
Se verifica	As. Sup. ≥ AsxCal. OK
Refuerzo superior	#5 @ 0.15m.
Área de refuerzo colocado	As. Inf. = 15.17 cm ²
Área de refuerzo total colocado	As. Tot. = 36.95 cm ²
Se verifica	As. Tot. ≥ Asmin OK

Diseño de muro por corte

- $d_{mun} = 0.30 \text{ m}$

- $b_{mun} = 1.00 \text{ m}$

ϕ	=	0.75	
V_U	=	9265 kg	Cortante último en lado del talón.
ϕV_c	=	19954 kg	$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'c} b d$
ϕV_c	>	$V_{2-2(ULT)}$	OK

c) Diseño de muro por flexión

M_u	=	34365 kg-m	Momento último en cara inferior
ω calculado	=	0.23533	Cuantía mecánica
ρ calculado	=	0.01569	Cuantía del refuerzo en tracción por flexión
ρ máximo = $0.75 \rho_{balanceado}$	=	0.02084	Cuantía máxima del refuerzo para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
As calculado	=	47.066 cm ² /m	Área de refuerzo calculado para M_u para la cara inferior en tracción
$A_{smin} = 0.0018 b h$	=	3.60 cm ² /m	Área de refuerzo mínima de la sección transversal
$A_{smin}/2 = 0.0018 b h / 2$	=	1.80 cm ² /m	Área de refuerzo mínima en cada cara
$MAX(A_{scal.}, A_{smin}/2)$	=	47.07 cm ² /m	Área de refuerzo inferior a ser usada

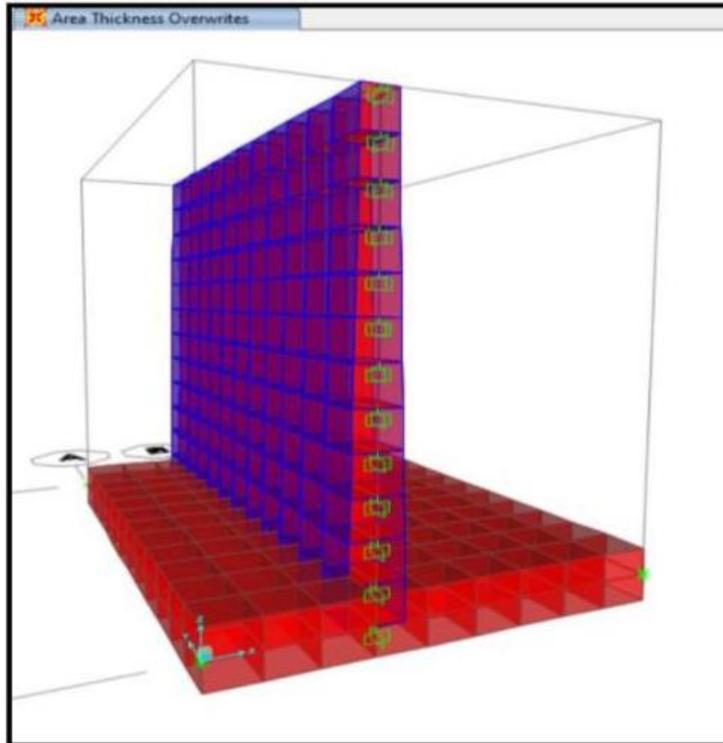
Refuerzo superior	#6 @ 0.13 m
Área de refuerzo colocado	As. Sup. = 48.55 cm ²
Se verifica	As. Sup. ≥ AsxCal. OK
Refuerzo superior	#5 @ 0.15m.
Área de refuerzo colocado	As. Inf. = 15.17 cm ²
Área de refuerzo total colocado	As. Tot. = 63.63 cm ²
Se verifica	As. Tot. ≥ Asmin OK

4.1.5.5. Interacción del macizo rocos – estructura (SAP 2000)

a) Vista 3D del modelo

Figura 31

Vista 3D del modelo Muro N°03



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

b) Cargas usadas

CARGA MUERTA (CM)

Está comprendida por peso propio.

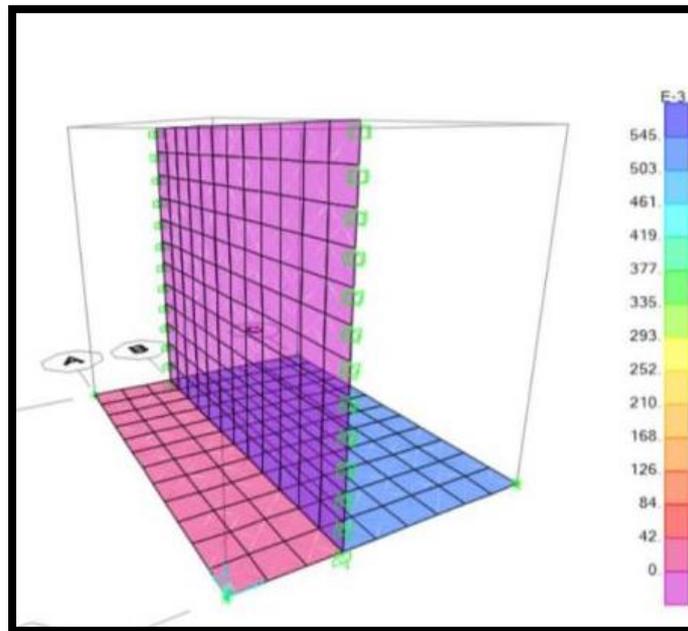
Incluye el peso de los materiales de construcción de todos los elementos que conforman la estructura. Esto es considerado por el programa de diseño SAP 2000.

CARGA VIVA (CV)

Se considerará una carga viva de 5.45 tn/m² para la zapata interior, esto debido a la carga de agua vertical que soporta y una carga de 0.30tn/m² en la zapata exterior.

Figura 32

Cargas aplicadas en el Muro N°03



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

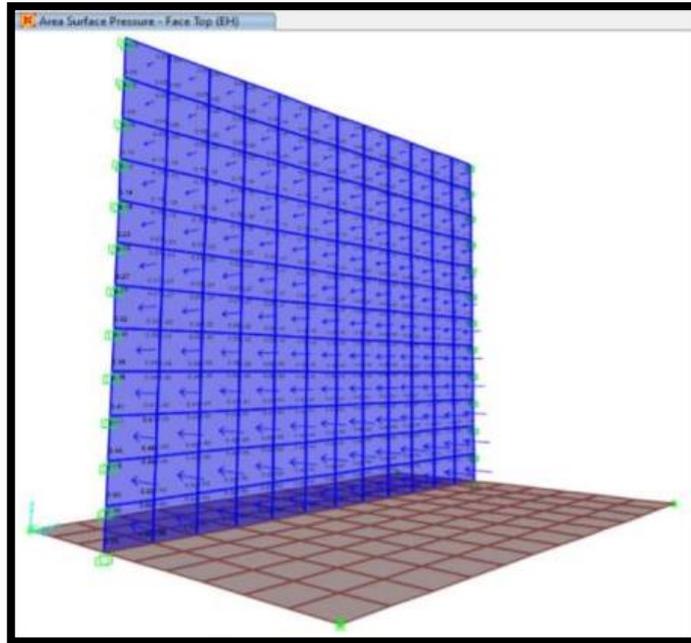
CARGA DE EMPUJE HIDRAULICO (CE)

Se considerará una triangular que varía de acuerdo con profundidad mediante la fórmula:

$$P_H = pgh$$

Figura 33

Carga de empuje hidráulico Muro N°03



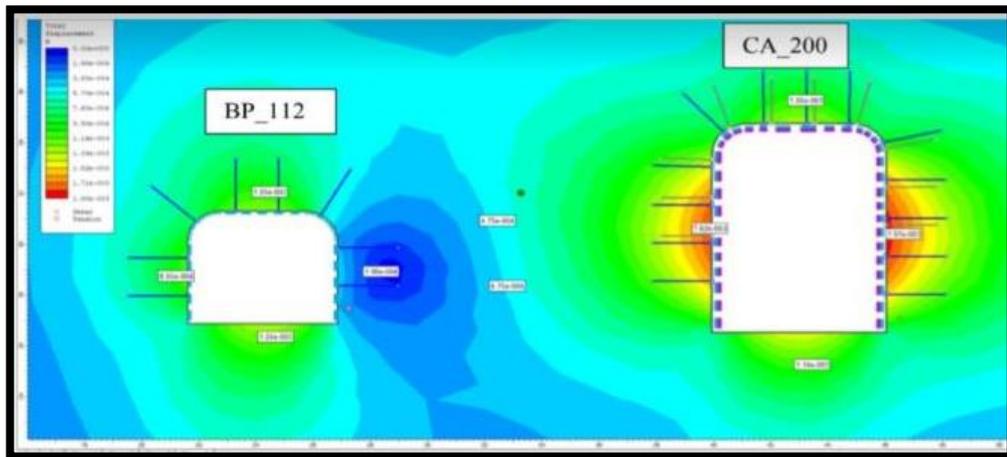
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

CARGA POR DESLIZAMIENTO INTERNOS DEL MACIZO ROCOSO (CDI)

De acuerdo al informe geo mecánico N27_ANALISIS DE ESTABILIDAD CAMARA SEDIMENTADOR 1120, los desplazamientos máximos obtenidos en las paredes de las cámaras son de 0.0018m, los cuales generaran cargas por desplazamiento que se consideraran en el programa SAP2000.

Figura 34

Carga por desplazamientos internos del macizo rocoso Muro N°03

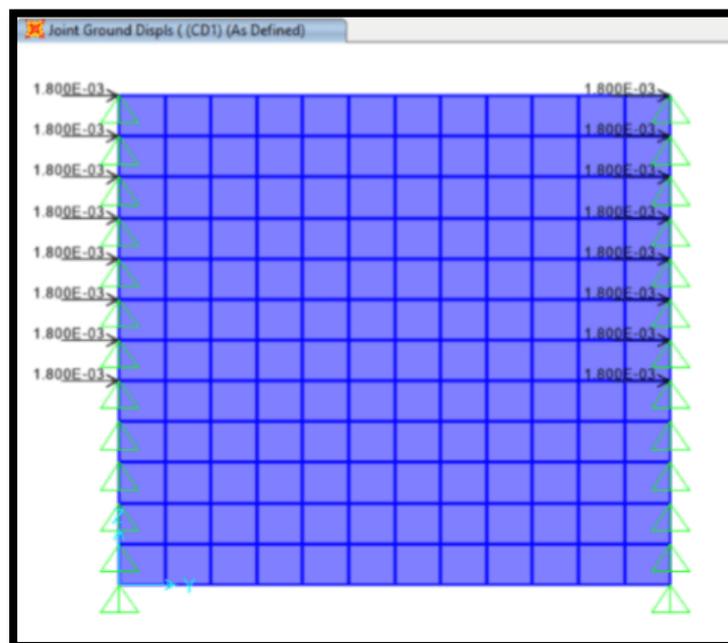


Fuente: Informe Geomecánico N° 27 ANALISIS DE ESTABILIDAD CAMARA DE SEDIMENTADOR.

Se considerará dos condiciones de carga de macizo rocoso: CD1 – Cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido de 0.0018m.

Figura 35

Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido Muro N°03

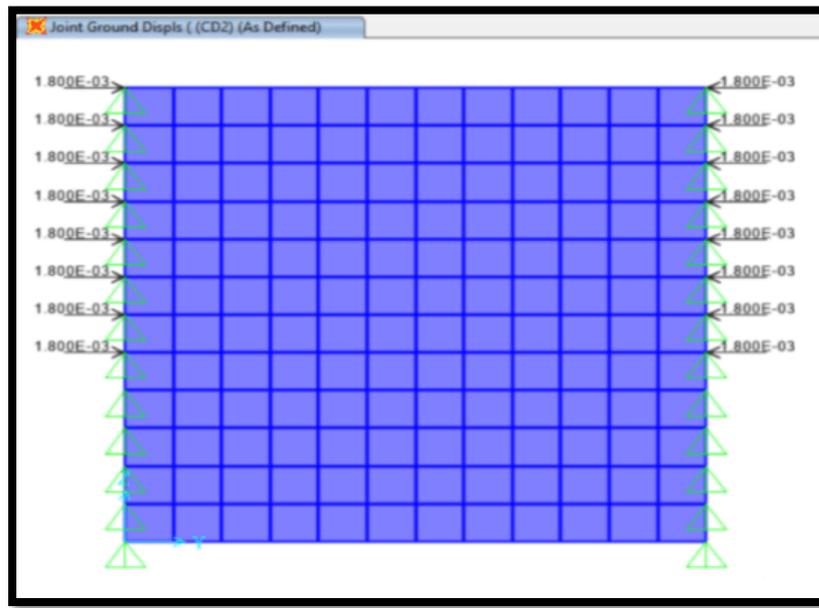


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

CD2 – Cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios de 0.0018m.

Figura 36

Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios Muro N°03

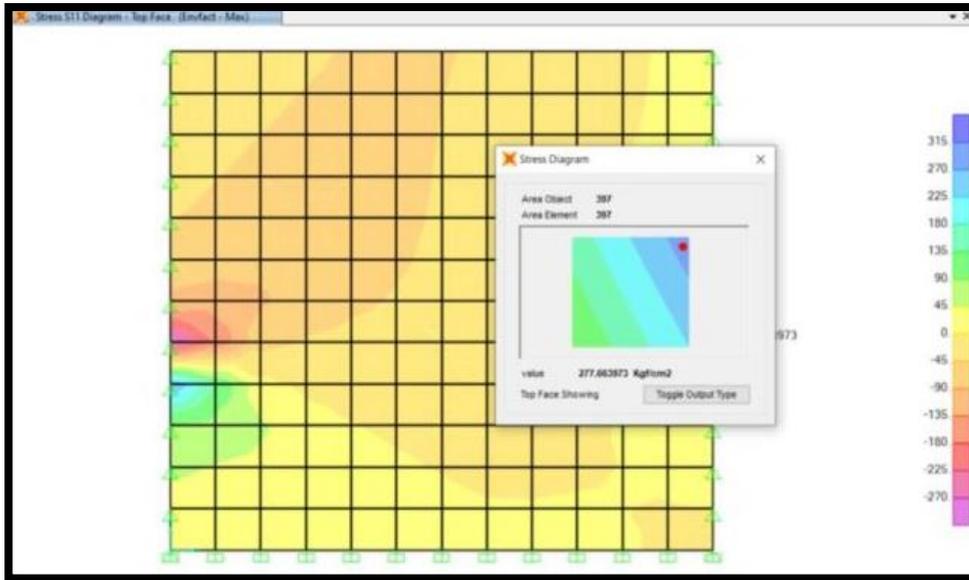


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Los esfuerzos internos de compresión generados por los desplazamientos del macizo rocoso son de 277.6 kg/cm², menores a la resistencia a la compresión propuesta de 280 kg/cm².

Figura 37

Esfuerzos internos de compresión Muro N°03



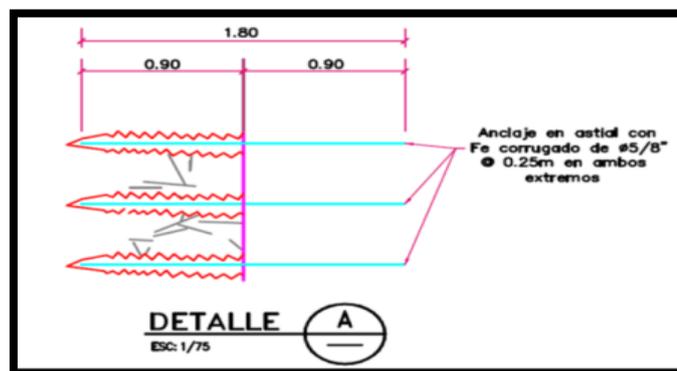
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

c) Idealización de los apoyos de la estructura con el macizo rocoso

De acuerdo al diseño se propone el uso de anclajes con varillas de acero corrugado de 5/8" de diámetro como se muestra en la figura interior.

Figura 38

Idealización de apoyos en la estructura Muro N°03

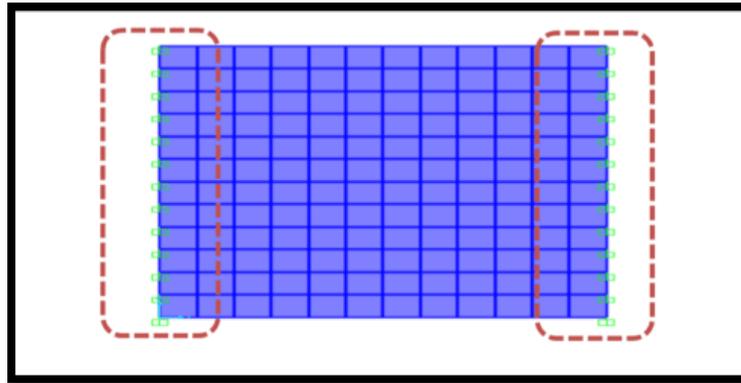


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Este anclaje hace que la idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso se considere de manera empotrada.

Figura 39

Idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso Muro N°03

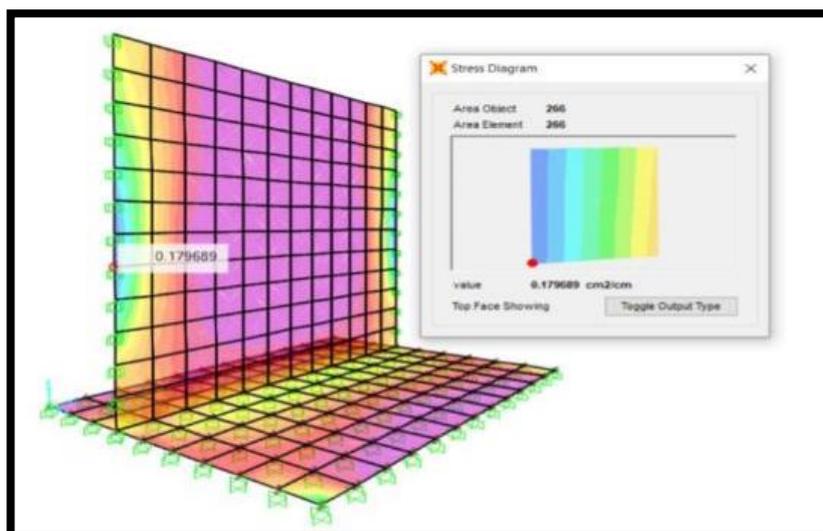


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Por lo tanto, de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000, la cantidad de acero necesario para el anclaje requerido en el eje x-x para la cara interior será 17.96cm² por metro lineal.⁷

Figura 40

Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°03



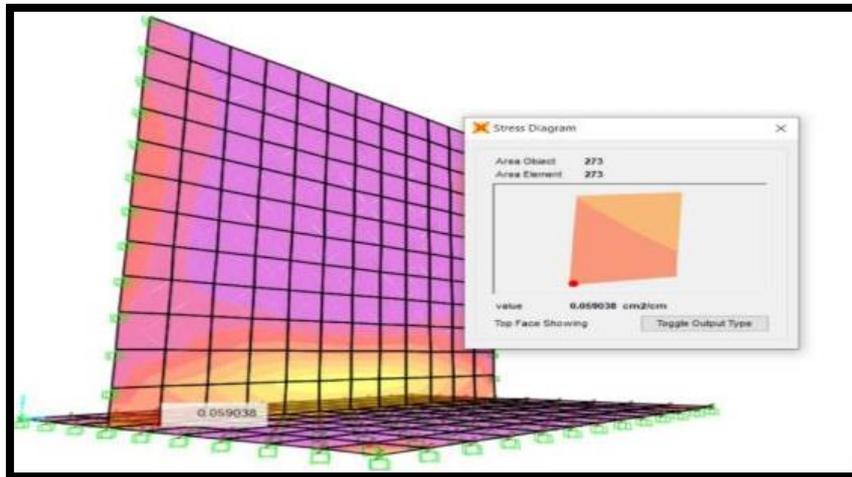
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Acero Colocado 5/8" a cada 0.125m = 17.82cm² por metro lineal. ok

Para la cara exterior el acero requerido será 5.90cm² por metro lineal.

Figura 41

Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°03



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Acero Colocado 5/8" a cada 0.25m = 9.8 cm² por metro lineal. ok

4.1.5.6. Análisis y diseño del muro de contención N°04 – Altura H=5.44m

- Geometría y coeficientes de diseño

Se analiza la estabilidad de los muros bajos dos (2) condiciones de carga:

- a.- Cargas estáticas (condición normal)
- b.- Carga sísmica (condición extraordinaria)

Datos Geométricos

Tabla 10

Datos Geométricos Muro N°04

A	=	0.350 m	(Ancho superior)
C	=	0.650 m	(Ancho inferior)
T	=	2.700 m	(Talón)
P	=	1.150 m	(Pié)
B	=	4.500 m	(Ancho de la zapata)
K	=	0.000 m	(Ancho de la llave de corte)
H	=	5.440 m	(Altura del muro)
h	=	0.750 m	(Peralte de la zapata)
h1	=	0.000 m	(Altura del relleno en la punta)
h2	=	0.000 m	(Altura de la llave de corte)
hr	=	0.000 m	(Altura del relleno encima de la cresta)



Características mecánicas

Tabla 11

Características Mecánicas Muro N°04

γ_o	=	2400.00 kg/m ³	(Densidad del concreto armado)
γ_{agua}	=	1000.00 kg/m ³	(Densidad del agua)

Capacidad portante del suelo

Tabla 12

Capacidad portante del suelo Muro N°04

σ_{amd} estático	=	3.50 kg/cm ²	Capacidad portante del terreno para sollicitaciones estáticas (asumido)
σ_{amd} dinámico	=	4.20 kg/cm ²	Capacidad portante del terreno para sollicitaciones dinámicas (asumido)
μ	=	0.75	Coefficiente de fricción suelo - concreto

Características de los materiales del muro de contención

Tabla 13

Características de los materiales Muro N°04

f'_c	=	280 kg/cm ²	Resistencia característica a la compresión
f_y	=	4200 kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
$\gamma_{c.a}$	=	2400 kg/cm ³	Peso específico del concreto armado

Factores de seguridad

En condiciones estáticas

$$FSV = 1.50$$

$$FSD = 1.50 \quad \text{ok}$$

4.1.5.7. Evaluación de la estabilidad de la estructura bajo cargas de servicio (por metro lineal).

Caso I: ESTÁTICO D+L+H

a) Cargas aplicadas

Tabla 14

Operacionalización de variables Muro N° 04

Item	F.V. (kg)	F.H. (kg)	Brazo (x) (m)	Brazo (y) (m)	M.E. (kg-m)	M.D. (kg-m)
Peso Zapata	7020.00		2.250		15795.00	
Peso del Muro	7176.00		1.325		9508.20	
Peso del Agua	16146.00		3.150		50859.90	
Empuje pasivo						
Empuje Hidráulico		18788.45	4.500	2.210	0.00	41522.47
	30342.00				76163.10	41522.47

M.E. = Momento estabilizador

M.D. = Momento desestabilizador

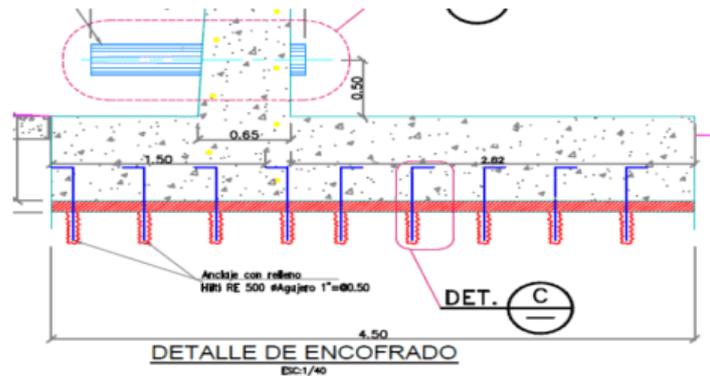
b) Evaluación de estabilidad al vuelco (FSV) y deslizamiento (FSD)

FSV = 1.83 OK

FSD = 1.21 REQUIERE EL USO DE ANCLAJE

Figura 42

Cámara de sedimentación por gravedad



Fuente: Plano “Muro de contención proyectados en poza de sedimentación N°3 para sistema de bombeo Nv. 1120 Carahuacra”.

4.1.5.8. Evaluación de la estabilidad de la estructura bajo cargas de servicio (por metro lineal).

Sera necesario el uso de anclaje de 3/4" de diámetro a cada 0.50m tanto en la longitudinal como transversal.

a) Evaluación de las presiones sobre el suelo de la fundación

X	=	1.14 m	Ubicación de la fuerza vertical medida desde la punta del muro.
B/2	=	2.25 m	
e	=	1.11 m	Excentricidad de la carga respecto a la base del muro.
B/6	=	0.75 m	
ABS[>	=	B/6	→ po de distribución: Triangular incompleta
$\sigma_{max 1}$	=	1.772	kg/cm ²
$\sigma_{max 2}$	=		kg/cm ²
$\sigma_{max 3}$	=		kg/cm ²
σ_{max}	<	σ_{adm}	OK

4.1.5.9. Diseño estructural de la cimentación y del muro de contención

Determinación de los esfuerzos últimos de corte y flexión.

a) Cargas aplicadas

dzap	=	0.55	m	
bzap	=	4.50	m	
$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'c} b d$				
ϕ	=	0.75		
V_{2-2U}	=	31692	kg	Cortante último en lado del talón.
ϕV_c	=	164623	kg	
ϕV_c	>	V_{2-2(ULT)}		OK

b) Diseño de la base del muro por flexión

Talón:

Mu	=	30232	kg-m	Momento último en cara inferior
ω calculado	=	0.05484		Cuantía mecánica
ρ calculado	=	0.00366		Cuantía del refuerzo en tracción por flexión
Refuerzo superior #5 @ 0.10 m				
Área de refuerzo colocado		As. Sup. =	21.77	cm ²
Se verifica		As. Sup. ≥	AsxCal.	OK
Refuerzo superior #5 @ 0.15m.				
Área de refuerzo colocado		As. Inf. =	15.17	cm ²
Área de refuerzo total colocado		As. Tot. =	36.95	cm ²
Se verifica		As. Tot. ≥	Asmin	OK

$f'c=280$ kg/cm²
 para Mu para la cara inferior en tracción
 a sección transversal
 cada cara
 r usada

c) Diseño de muro por corte

- **d_{mun}** = 0.30 m

- **b_{mun}** = 1.00 m

ϕ	=	0.75	
V_U	=	10166	kg
ϕV_c	=	19954	kg
ϕV_c	>	V_{2-2(ULT)}	OK

Cortante último en lado del talón.
 $\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'c} b d$

d) Diseño de muro por flexión

Mu	=	41706	kg-m	Momento último en cara inferior
ω calculado	=	0.29852		Cuantía mecánica
ρ calculado	=	0.01990		Cuantía del refuerzo en tracción por flexión
ρ máximo = 0.75 $\rho_{balanceado}$	=	0.02084		Cuantía máxima del refuerzo para $f'c=280$ kg/cm ²
As calculado	=	59.703	cm ² /m	Área de refuerzo calculado para Mu para la cara inferior en tracción
Asmin = 0.0018 b h	=	3.60	cm ² /m	Área de refuerzo mínima de la sección transversal
Asmin/2 = 0.0018bh/2	=	1.80	cm ² /m	Área de refuerzo mínima en cada cara
MAX(Ascal., Asmin/2)	=	59.70	cm ² /m	Área de refuerzo inferior a ser usada

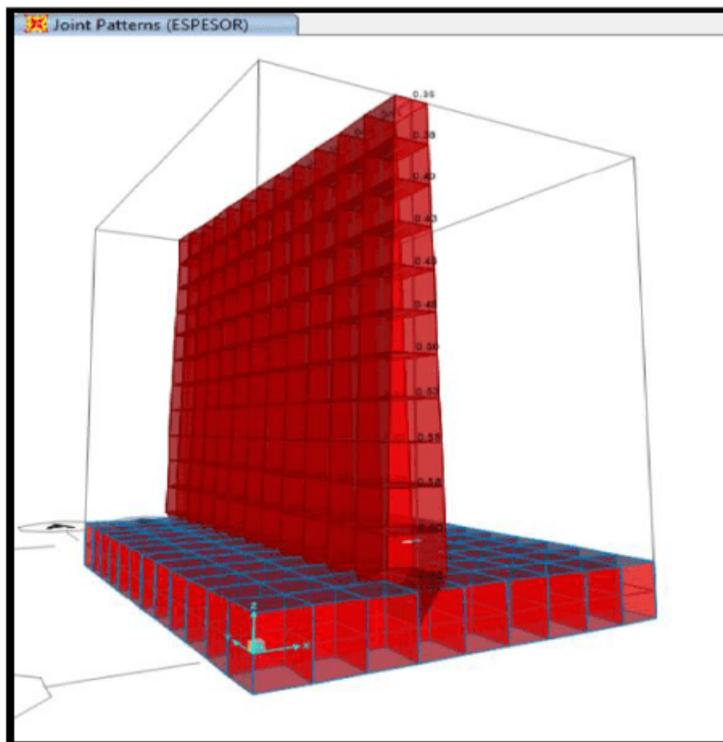
Refuerzo superior	#6 @ 0.10 m
Área de refuerzo colocado	As. Sup. = 59.85 cm ²
Se verifica	As. Sup. ≥ AsxCal. OK
Refuerzo superior	#5 @ 0.15m.
Área de refuerzo colocado	As. Inf. = 28.37 cm ²
Área de refuerzo total colocado	As. Tot. = 88.23 cm ²
Se verifica	As. Tot. ≥ Asmin OK

4.1.5.10. Interacción del macizo rocos – estructura (SAP 2000)

a. Vista 3D del modelo

Figura 43

Vista 3D del modelo Muro N°04



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

b. Cargas usadas

CARGA MUERTA (CM)

Está comprendida por peso propio.

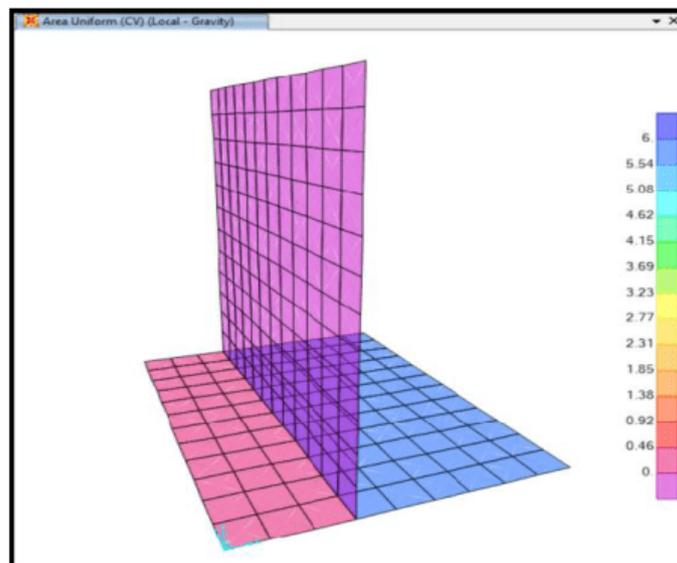
Incluye el peso de los materiales de construcción de todos los elementos que conforman la estructura. Esto es considerado por el programa de diseño SAP 2000.

CARGA VIVA (CV)

Se considerará una carga viva de 6.0 tn/m² para la zapata interior, esto debido a la carga de agua vertical que soporta y una carga de 0.30tn/m² en la zapata exterior.

Figura 44

Cargas aplicadas en el Muro N°04



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

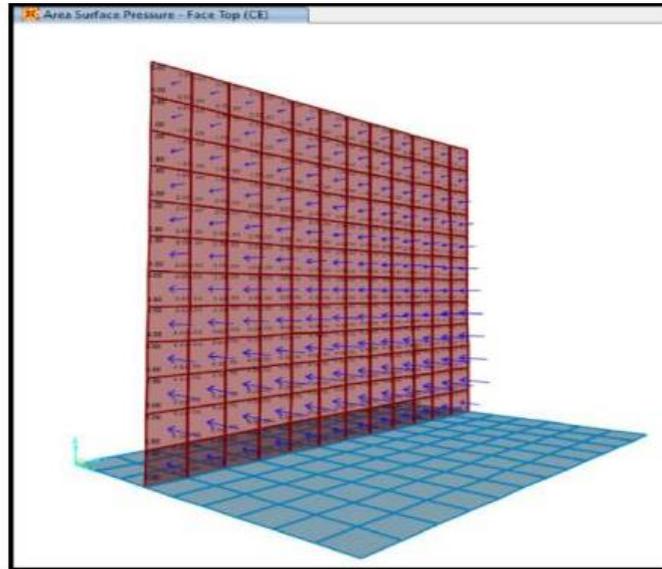
CARGA DE EMPUJE HIDRAULICO (CE)

Se considerará una triangular que varía de acuerdo con profundidad mediante la fórmula:

$$P_H = pgh$$

Figura 45

Carga de empuje hidráulico Muro N°04



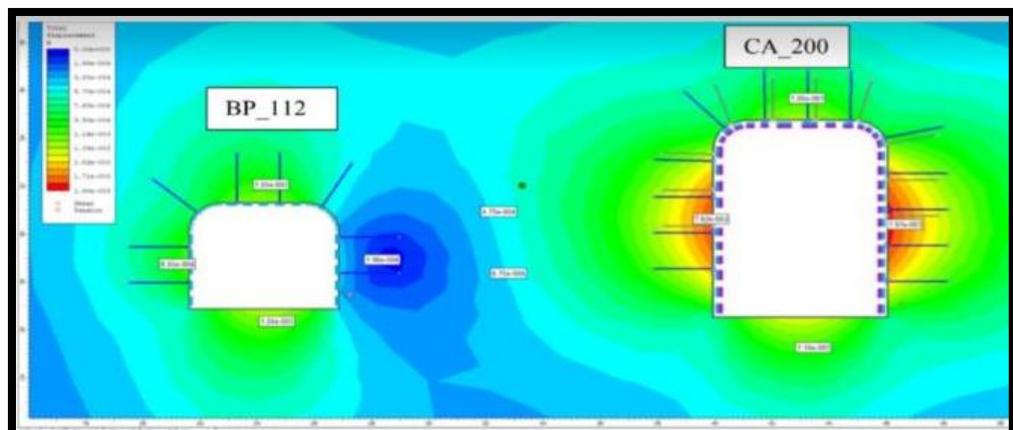
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

CARGA POR DESLIZAMIENTO INTERNOS DEL MACIZO ROCOSO (CDI)

De acuerdo al informe geomecánico N27_ANALISIS DE ESTABILIDAD CAMARA SEDIMENTADOR 1120, los desplazamientos máximos obtenidos en las paredes de las cámaras son de 0.0018m, los cuales generaran cargas por desplazamiento que se consideraran en el programa SAP2000.

Figura 46

Carga por desplazamientos internos del macizo rocoso Muro N°04



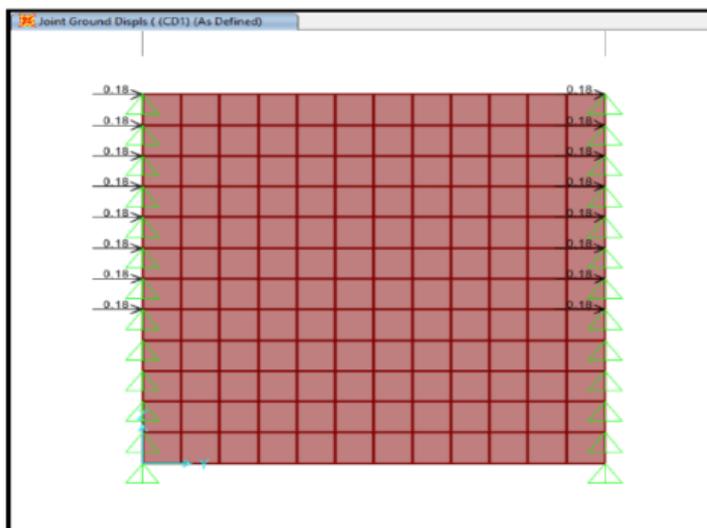
Fuente: Informe Geo mecánico N° 27 análisis de estabilidad cámara de sedimentador.

Se considerará dos condiciones de carga de macizo rocoso:

CD1 – Cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido de 0.18cm.

Figura 47

Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en el mismo sentido Muro N°04

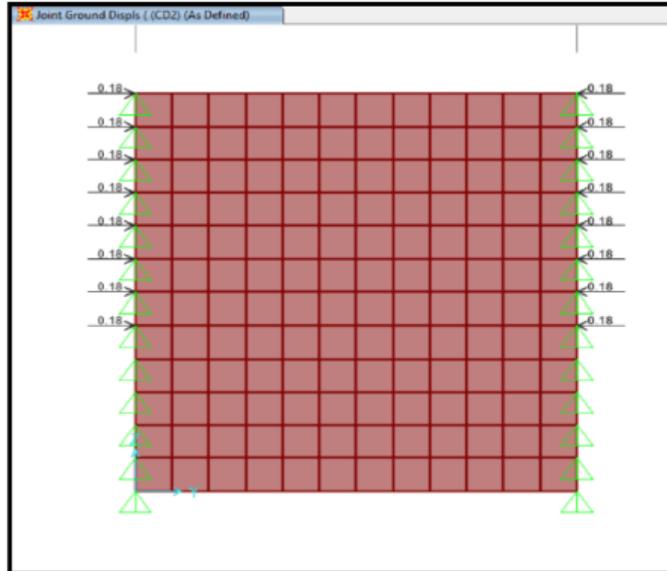


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

CD2 – Cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios de 0.18cm.

Figura 48

Vista cuando el macizo rocoso sufre deformaciones en sentidos contrarios
Muro N°04

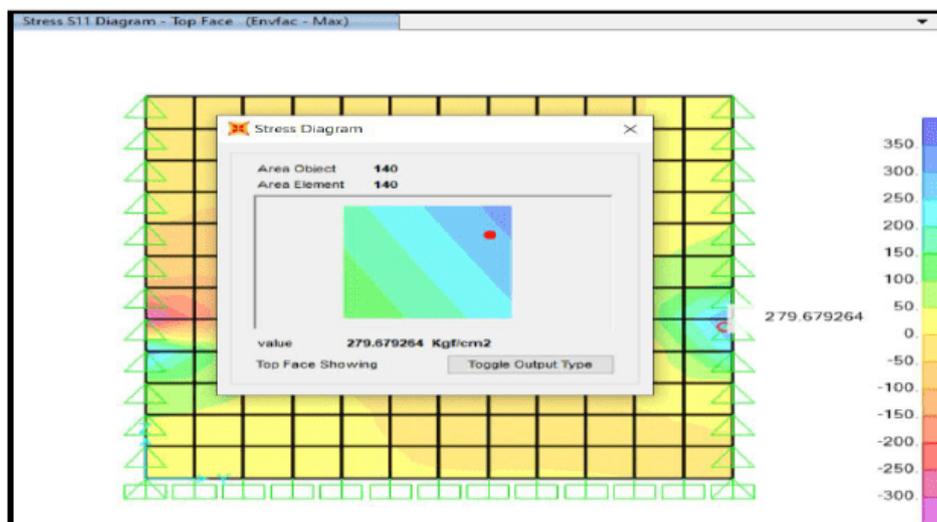


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Los esfuerzos internos de compresión generados por los desplazamientos del macizo rocoso son de 279.6 kg/cm², menores a la resistencia a la compresión propuesta de 280 kg/cm².

Figura 49

Esfuerzos internos de compresión Muro N°04



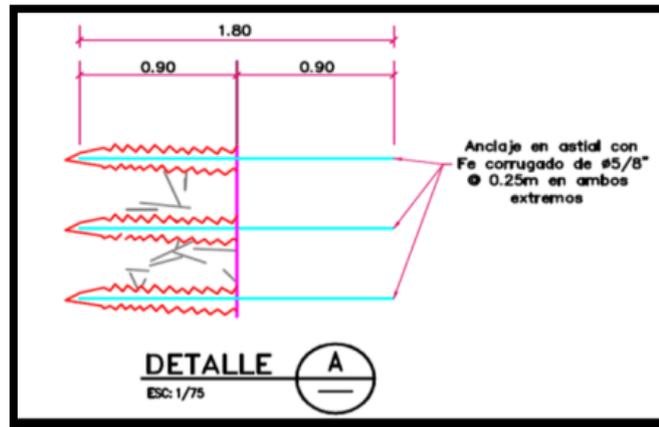
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

c. Idealización de los apoyos de la estructura con el macizo rocoso

De acuerdo al diseño se propone el uso de anclajes con varillas de acero corrugado de 5/8" de diámetro como se muestra en la figura interior.

Figura 50

Idealización de apoyos en la estructura Muro N°04

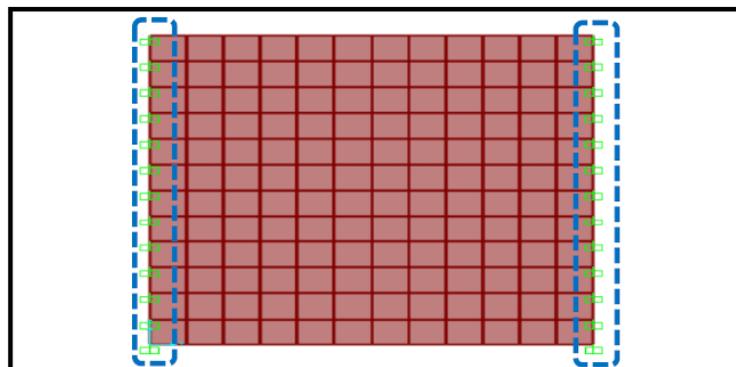


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Este anclaje hace que la idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso se considere de manera empotrada.

Figura 51

Idealización del modelo de la estructura con el macizo rocoso Muro N°04

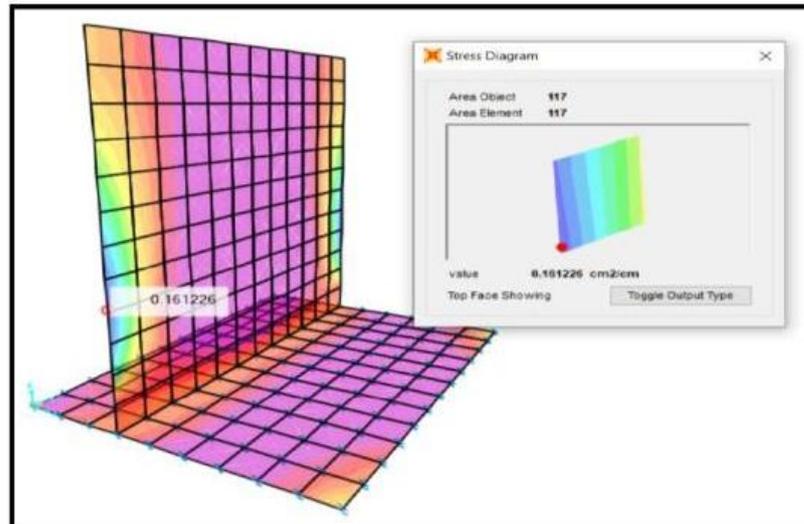


Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Por lo tanto, de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000, la cantidad de acero necesario para el anclaje requerido en el eje x-x para la cara interior será 16.12cm² por metro lineal.

Figura 52

Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°04



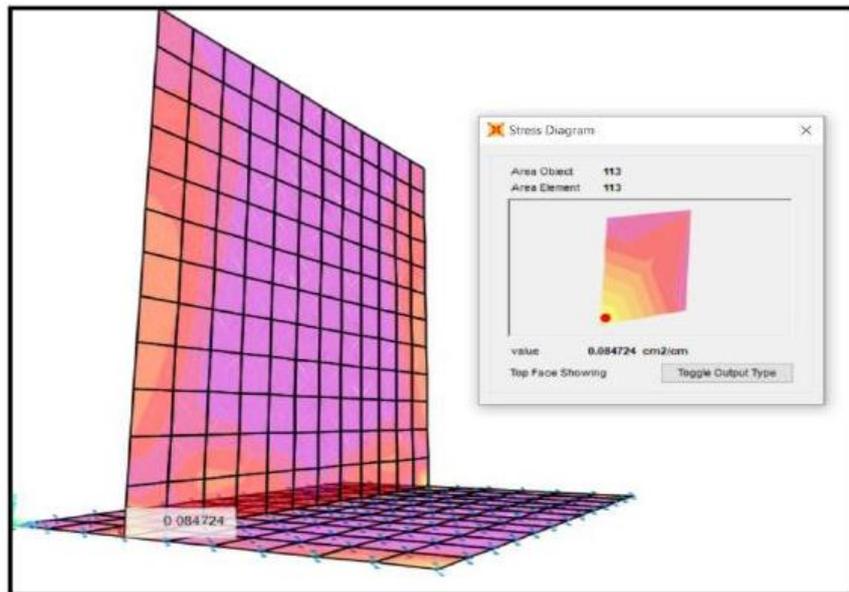
Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Acero Colocado 5/8" a cada 0.125m = 17.82cm² por metro lineal.

Para la cara exterior el acero requerido será 8.40cm² por metro lineal.

Figura 53

Modelamiento de acuerdo al cálculo en el programa SAP 2000 del Muro N°04



Fuente: Memoria de cálculo – Muro de contención N° 03 y N° 04.

Acero Colocado 5/8" a cada 0.25m = 9.8 cm² por metro lineal.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al objetivo específico 1 el cual fue: Determinar cómo es la transmisión de cargas en la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019, en la presente investigación se determinó que el esfuerzo de compresión interior provocado por las cargas vivas, muertas, hidrostáticas y de desplazamiento producidos por el macizo rocoso presentó un valor de 279.6 kg/cm² el cual fue menor a la resistencia a la compresión del concreto propuesto de 280 kg/cm²; esto mostró que los muros propuestos presentaron una mayor resistencia a la compresión que el macizo rocoso; estos resultados guardan semejanza con la investigación de Ugaz (2018) en donde determino que los muros anclados son el mejor método para la construcción de edificaciones que requieren excavaciones profundas; asimismo, concluyó con que el diseño geotécnico para la consolidación de los muros anclados deber ser realizados a través del estudio por metro lineal de terreno; asimismo, según el marco teórico de Ripoll (2010) los cimientos con anclaje son construidos con la finalidad de transferir la carga de tracción que se ejerce sobre la superficie del terreno hacia un área interior de este, brindando de este modo más estabilidad a la estructura.

Con respecto al objetivo específico 2 el cual fue: Establecer de qué manera interviene el tipo de muro anclado en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019; en las presente investigación se estableció que en el muro N°3 se calculó una estabilidad al vuelco (FSV) de 2.22 y una estabilidad al deslizamiento (FSD) de 1.35; por otro lado, para el muro N° 4 se calculó una estabilidad al vuelco (FSV) de 1.83 y una estabilidad al deslizamiento (FSD) de 1.21; debido a que los coeficientes de estabilidad al deslizamiento (FSD) presentaron valores menores al factor de seguridad que es de 1.5, se tomó la decisión de realizar la construcción de muros anclados para mejorar la estabilidad de las cámaras de sedimentación; estos resultados guardan una semejanza con el estudio de Camones (2017) en donde estableció que la construcción de muros anclados son mejorados en base al diseño de mezclas; asimismo, concluyó que la construcción de muros anclados mejoran el proceso de excavaciones profundas; López (2019) en su investigación concluyó que el revestimiento de taludes, son una alternativa muy útil para consolidar los taludes; esto fue contrastado con el marco teórico de Barrera (2011) en donde manifestó que la cámara de cimentación es un beneficiado material en donde las paredes y el fondo

de este deben ser los más plano posible, para que de este modo se puede retener los lodos; debido a ello esta construcción debe ser con un concreto reforzado; es por ello, que la construcción de cámaras de sedimentación con muros anclados mejoran la estabilidad de las cámaras.

Con respecto al objetivo general el cual fue: Determinar cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, Volcan 2019; en el presente estudio se determinó que el muro anclado N° 3 y el muro anclado N° 4, presentaron una capacidad portante del terreno de 4.20 kg/cm² esto para solicitantes dinámicas y una resistencia a la compresión de 280 kg/cm², por lo que se afirmó que los muros anclados poseen un mejor comportamiento dinámico y tienen una mejor resistencia; estos resultados tienen semejanza con la investigación de Izarra (2019) en donde concluyó que redistribuir la presión de los muros anclados manifestó diagramas más realistas de las presiones, minimizando así la profundidad del empotramiento; Flores (2019) en su estudio concluyó que los muros anclados muestran un mejor progreso cuando son construidas por secciones alternadas; Lacera (2015) la construcción de muros anclados en la construcción de edificaciones otorga muchas ventajas técnicas y económicas a comparación con los sistemas convencionales; por lo que llegó a la conclusión de que la construcción de muros anclados es una solución particular para las condiciones geológicas-geotécnicas de los suelos granulares; esto se vio contrastado en la literatura de Carbajal y Bermúdez (2017) en donde definen que los muros anclados son estructuras de soporte de taludes, los cuales se encuentran anclados al terreno, el cual no permite que ocurran fallas en el talud, que son causadas por la excavación.

CONCLUSIONES

1. Las bases teóricas, temas asociados y estudios realizados en el área que sirvieron de apoyo para el fundamento de la aplicación, brindando información necesaria y relevante fueron aquellas relacionadas con muros de contención, específicamente muro en voladizo. Para lo cual; se consideraron términos de diseño del talón, diseño del vástago, diseño de la punta y resistencia requerida. Igualmente se consideró para el fundamento de la presente investigación.
2. La implementación de anclajes en los muros, ayuda a poder adaptarse a la geología de la zona donde se construirá una cámara de sedimentación y poder cumplir con el fin estructural del muro de contención.
3. Los muros anclados tienen mayor factor de seguridad al desplazamiento por la instalación de anclaje.
4. El anclaje en la construcción de los muros de contención mejora la distribución de cargas de los muros ejercidos por la presión del macizo rocoso.

RECOMENDACIONES

1. Al momento de realizar la colocación de anclajes, se debe realizar un correcto perfilado de la roca donde se instalarán los anclajes para poder cumplir con la distribución correcta de los anclajes.
2. Para futuros análisis se recomienda tener en cuenta el tipo de fluido que será almacenado en la poza de sedimentación, para realizar el respectivo análisis.
3. Analizar más detalladamente las condiciones del muro y la geología necesaria para que se desarrolle empuje activo en la parte del talón y empuje pasivo en el puntal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, R. A. (2011). Estudio de prefactibilidad para el diseño, planificación y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la colonia el maestro, municipio de Chiquimula. (*Tesis de Pregrado*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Benitez, A. E. (2019). Diseño de cámara de separación por gravedad para partículas de hule y textil. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.
- Bruel y Kjaer. (s.f.). *Análisis modal clásico*. Obtenido de s.f.: <https://www.bksv.com/es/knowledge/applications/structural-dynamics/modal-analysis>
- Camones, M. (2017). *Muros anclados para mejorar el análisis de procesos constructivos en excavaciones profundas del edificio Santo Toribio San Isidro 2017*. Lima.
- Carbajal, G., & Bermudez, D. L. (2017). First Run Study y optimización de procesos en la construcción de muros anclados. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Caro, P. (2015). *Análisis en la ejecución de cámaras mediante estructuras de contención flexible para estaciones de metro*. Madrid.
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- CivilGeek. (12 de Agosto de 2012). *Conceptos básicos de dinámica estructural*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2012/08/12/conceptos-basicos-de-dinamica-estructural/>
- DIMEC. (2011). *Resistencia de materiales aplicada*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile. Obtenido de https://mecnica-usach.mine.nu/media/uploads/Apuntes_curso_RMA_clase_4.pdf
- Dinda, T. (2016). *Manual para el proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado*. México.
- Euclid Group Toxement . (2016). MICROSÍLICE.
- Flores, M. (2019). *Proceso constructivo de muros anclados en edificio de oficinas con 3 sótanos del distrito de Santiago de Surco*. Lima.
- Geofundaciones. (2017). Procedimiento constructivo de los muros anclados. *Geofundaciones del Perú S.A.C*, 15.
- Hernandez, R. (2018). Metodología de la Investigación.

- Huertas, P. (2016). *Procesos constructivos para túneles viales desarrollados en Colombia*. Bogotá.
- Izarra, R. (2019). *Muros anclados en suelo arenoso para la construcción del centro comercial de la Molina*. Lima.
- Jorgen, N. (s.f.). *Structural dynamics*. Obtenido de Bruel y Kjaer: <https://www.bksv.com/es/knowledge/applications/structural-dynamics>
- Lacera, G. (2015). *Modelamiento de muros anclados para la estabilización de excavaciones en la construcción del proyecto Iswará del sector comercial del municipio de Barrancabermeja, Santander*. Bucaramanga.
- López, E., & Mamani, J. J. (2017). Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de conglomeramiento de deshielo de la ciudad de puno. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- López, L. (2019). *Estudio del comportamiento de hormigón lanzado en la estabilización de taludes, para suelos limosos con pendientes mayores a los 60 grados en el km 2 + 240 en el paso literal del Cantón Ambato*. Ambato.
- Mapfrere. (s.f.). *Características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismo*. Obtenido de s.f.: https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf
- Maya, M. K. (2010). Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Catálogo de medidas ambientales en el marco del IGAFOM*. Lima: Dirección General de Formalización Minera.
- Morales, C. (2016). *Diseño geométrico de la vía, estabilizando los taludes con muros anclados ubicada en el sector San José*. Ambato.
- Muñoz, A. J. (2011). Manual para el proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado. (*Tesis de Pregrado*). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Revista Costos. (25 de Mayo de 2020). Muros anclados: Optimizando la producción. *Optimiza Contratistas*. Obtenido de <https://optimizacontratistas.com/muros-anclados-optimizando-la-produccion/>
- Ripoll, J. (26 de Octubre de 2010). *Anclajes, pilotes y micropilotes: Mecanismos de transferencia de carga al terreno*. Obtenido de Jornada de cimentaciones especiales: <http://www.ripollconsulting.com/docs/Mecanismos2010.PDF>

- Rodríguez, E. A. (2005). *Metodología de la investigación: La creatividad, el rigor del estudio y la integridad son factores que transforman al estudiante en un profesionalista de éxito*. Mexico D. F.: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Samaniego, L. J. (2018). Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto. (*Tesis de Maestría*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Tamayo, M. (1999). *Aprender a investigar* (3ra ed.). Bogotá: ICFES.
- Tapia, J. (2017). *Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras - INPECON SAC*. Arequipa.
- Tobar, C. (21 de Mayo de 2015). *Muros Anclados*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/90thunpmvfz-/muros-anclados/>
- Ugaz, J. (2018). *Análisis técnico del uso de muros anclados y empotrados para excavaciones profundas en suelos gravoso y rellenos*. Lima.
- Valderrama, P. F. (2013). *Modelo para la gestión del riesgo asociado a los costes globales en fase de postconstrucción en edificios plurifamiliares destinados a arrendamiento*.
- Valdez, P. (2011). Manual para el diseño y la construcción de muros anclados de hormigón proyectado. (*Tesis de Pregrado*). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, volcan 2019?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar cómo es la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, volcan 2019.</p>	<p>Antecedentes:</p> <p>A nivel Nacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alfonso Armando, Cerna Díaz (2011), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil “Análisis y diseño de muros anclados para estabilización de excavaciones profundas”. En la Universidad Nacional de Ingeniería. - José Antonio, Puelles Barturén (2011), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil “Determinación de la 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de sedimentación, tienen mejor comportamiento dinámico y resistencia, Volcan 2019.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Interacción muros anclados</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento dinámico - Diagrama de Momentos - Transmisión de cargas 	<p>Método de investigación:</p> <p>Cuantitativo.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>El diseño de investigación utilizará un esquema No experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p>

		capacidad de adherencia con fines de diseño optimizado de anclajes en suelo – Aplicación a excavaciones profundas en Lima Metropolitana” en la Universidad Nacional de Ingeniería.			OE → SA → XP → CE → RE Donde: OE = Objeto de Estudio SA = Interacción concreto y muros anclados XP = estructuras suspendidas CE = Comportamiento estructural RE = Resultados y Conclusiones Cuando: 2019. Población y muestra: Población. La población está constituida por
Problemas específicos: ¿Cómo es el comportamiento estructural de muros anclados en la construcción de cámaras de sedimentación, volcan 2019?	Objetivos específicos: Determinar cómo es el comportamiento estructural de muros anclados en la construcción de cámaras de	- Manuel, Aponte Cervantes y Marco Jesús, Sulca Torres (2015), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil “Gestión de riesgos en la ejecución de muros anclados” en la Universidad Ricardo Palma. - Fernando, Chávez Carmen y Luis Manuel, Correa Izurieta (2015), en la tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil “Uso de inclinómetros para	Hipótesis específicas a) El comportamiento estructural es mejor en la interacción de muros anclados para la construcción de cámaras de	Variable dependiente: Cámaras de sedimentación Dimensiones: - Resistencia - Durabilidad	

<p>¿De qué manera interviene el tipo de muro anclado en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcán 2019?</p>	<p>sedimentación, volcan 2019.</p> <p>Establecer de qué manera interviene el tipo de muro anclado en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcán 2019.</p>	<p>monitoreo de las deformaciones en un muro anclado para un proyecto en el conglomerado de Lima” en la Universidad Ricardo Palma.</p> <p>A nivel internacional.</p> <p>- Carlos Ernesto, Rosero Freire (2015) en la tesis para optar el grado de Ingeniero Civil “Análisis y diseño de muros anclados de hormigón armado y su aplicación en la estabilización de excavaciones profundas de subsuelos” Universidad Técnica de Ambato.</p>	<p>sedimentación, Volcan 2019.</p> <p>El tipo de muro anclado interviene positivamente en la construcción de cámaras de sedimentación, Volcán 2019.</p>	<p>- Estabilidad</p>	<p>estructuras suspendidas en la compañía minera volcán.</p> <p>Muestra: La muestra es la estructura de la coronilla donde es la recepción de relave minero socavón N° 01.</p> <p>Técnicas e instrumentos:</p> <p>Recolección de datos</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Estadístico.</p>
---	--	--	---	----------------------	--

Anexo N°02: Panel fotográfico

Fotografía 1: Vista fotográfica del trazo y replanteo de los muros de contención.



Fotografía 2: Vista fotográfica de la demolición de roca para zapatas.



Fotografía 3: Vista fotográfica de la demolición de roca en hastiales para anclaje de muros.



Fotografía 4: Vista fotográfica de la demolición de roca en hastiales para anclaje de muros.



Fotografía 5: Vista fotográfica de la demolición de roca en hastiales para anclaje de muros.



Fotografía 6: Vista fotográfica de la demolición de roca para zapatas.



Fotografía 7: Vista fotográfica del vaciado de solado en zapatas.



Fotografía 8: Vista fotográfica de la colocación de anclajes en zapatas.



Fotografía 9: Vista fotográfica de la colocación de anclajes en zapatas.



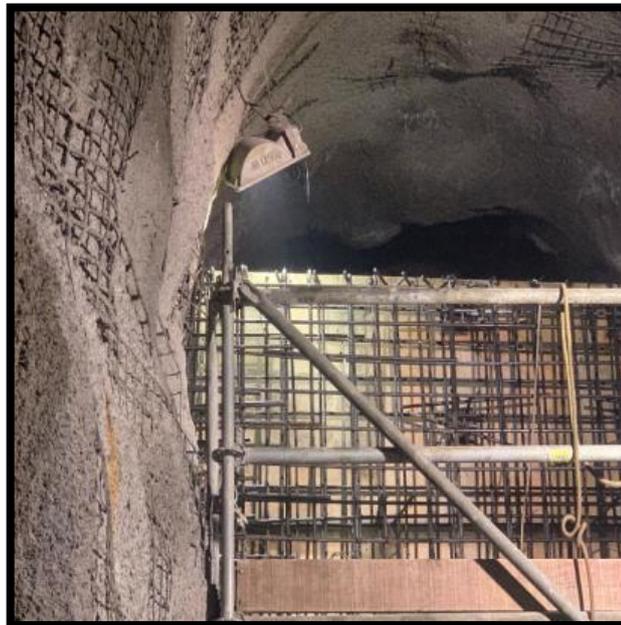
Fotografía 10: Vista fotográfica del armado de acero en zapatas de los muros.



Fotografía 11: Vista fotográfica del armado de acero en muro.



Fotografía 12: Vista fotográfica del encofrado con paneles de madera en el muro.



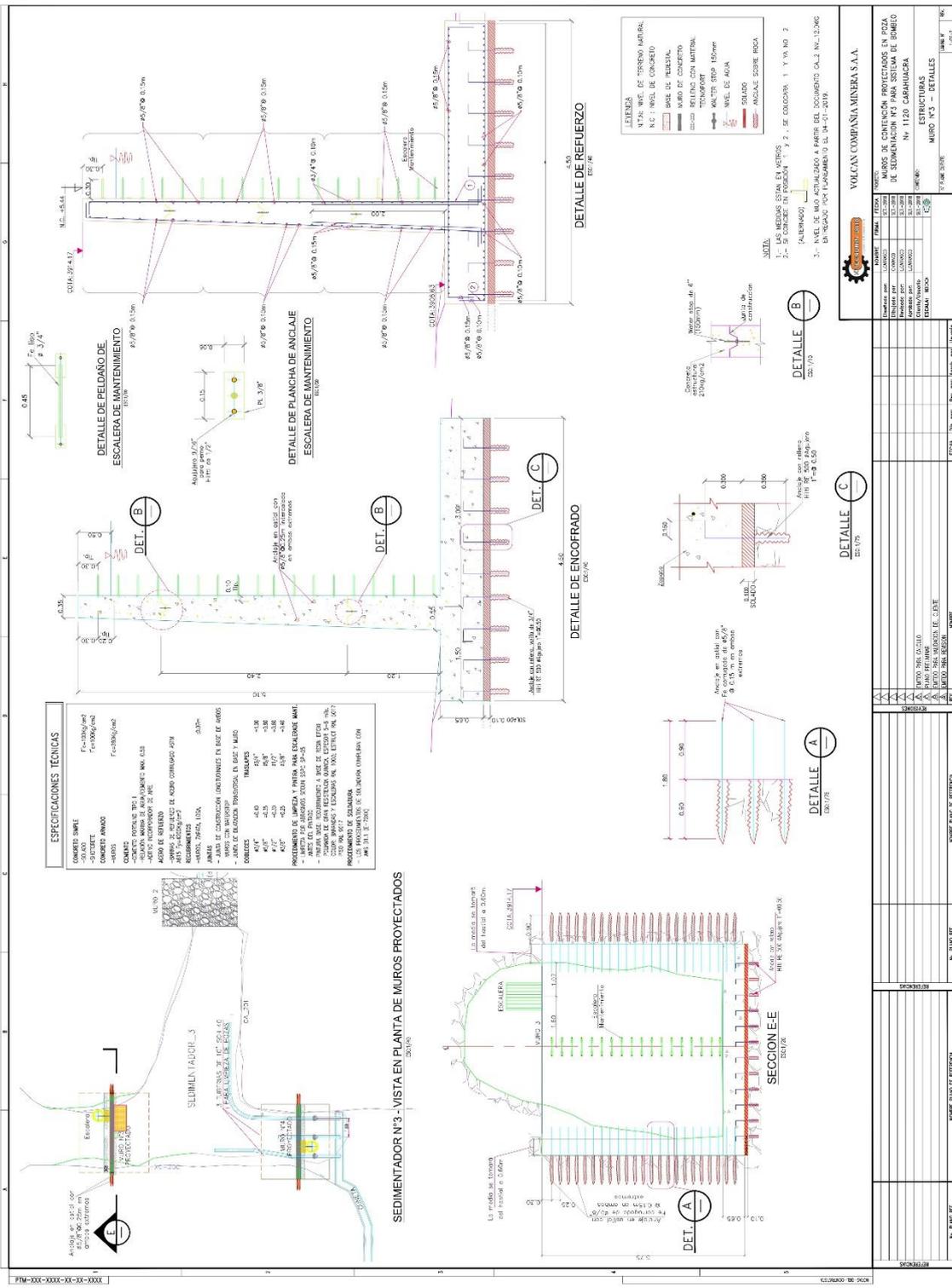
Fotografía 13: Vista fotográfica del encofrado con paneles de madera en el muro.



Fotografía 14: Vista fotográfica del vaciado de concreto en muro.

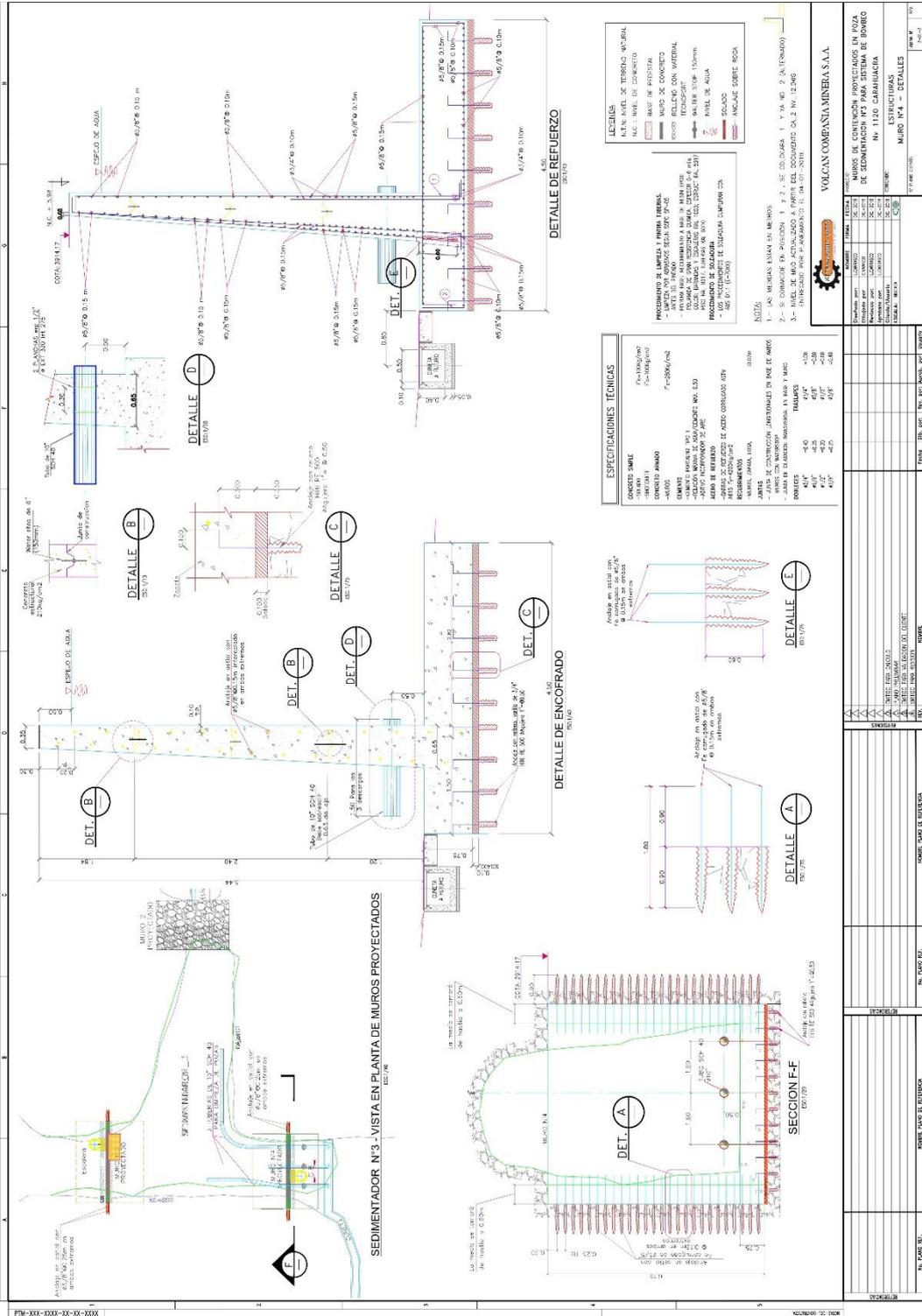


**Anexo N°03: Planos de detalle de muros de contención
proyectados**



VOLCAN COMPANIA MINERA S.A.A.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
2	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
3	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
4	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
5	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
6	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
7	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
8	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
9	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
10	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
11	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
12	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
13	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
14	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
15	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
16	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
17	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
18	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
19	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000
20	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN BARRA DE FUNDACION N°3 PARA SISTEMA DE BOMBEO	M ²	12.000	120.000	1.440.000



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONCRETO SIMPLE
 F_c = 100 kg/cm²
 F_t = 10 kg/cm²

CONCRETO ARMADO
 F_c = 100 kg/cm²
 F_t = 2000 kg/cm²

ACEROS
 - ACEROS PASIVOS: SAE 1008 (ASTM A 101)
 - ACEROS REFORZADOS: SAE 4140 (ASTM A 421)
 - ACEROS INOXIDABLES: SAE 304 (ASTM A 240)

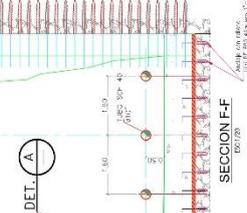
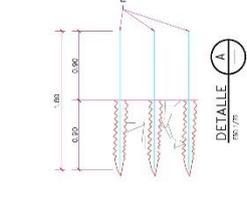
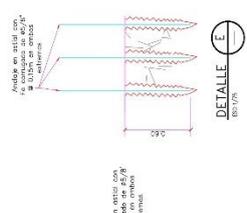
ADOS DE REFORZO
 - SUELO: SUELO DE CLASIFICACIÓN CAPSUDAR 2/3

REFORZOS
 - SUELO: SUELO DE CLASIFICACIÓN CAPSUDAR 2/3

ARMAZONES
 - SUELO: SUELO DE CLASIFICACIÓN CAPSUDAR 2/3

ARMAS
 - ALA DE COMPRESIÓN: PERFILES DE BOCHE DE ACERO
 - ALA DE TRACCIÓN: VARILLAS DE ACERO Y ALUMINIO

VALORES
 - SUELO: SUELO DE CLASIFICACIÓN CAPSUDAR 2/3
 - SUELO: SUELO DE CLASIFICACIÓN CAPSUDAR 2/3



VOLCAN COMPANIA MINERA S.A.			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
2	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
3	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
4	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
5	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
6	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
7	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
8	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
9	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
10	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
11	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
12	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
13	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
14	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
15	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
16	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
17	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
18	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
19	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²
20	MURO DE CONCRETO PROYECTADO EN FOZA DE SEDIMENTACION	1	M ²

**Anexo N°04: Informe geo mecánico de análisis de
estabilidad de cámara sedimentador Nv. 1120**

YAULI



SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO - MINA CARAHUACRA



VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.

cc:
Ing. Julio Aldana
Ing. Augusto Ponte
Ing. Javier Olivares

MEMORANDUM N° 09 - 2019 GEOMECANICA/MCAR

Unidad Yauli

Fecha: 03 de Septiembre del 2019

A: Ing. Jorge Lozano
Superintendencia de Ingeniería y Planeamiento.

De: Ing. Edgar Mejía Mauricio
Ing. Geomecanico MCAR.

Asunto: Analisis de Estabilidad Camará Sedimentador Nv. 1120

OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo realizar el control de estabilidad con los refuerzos adicionales y determinar el tipo de sostenimiento final, previa evaluación del Macizo rocoso, partiendo de los siguientes resultados:

- Caracterización litológicamente y estructuralmente de la masa rocosa involucrada, aplicando RMR/GSI (metodología de campo).
- Verificar el estado de los elementos de sostenimiento instalados anteriormente.

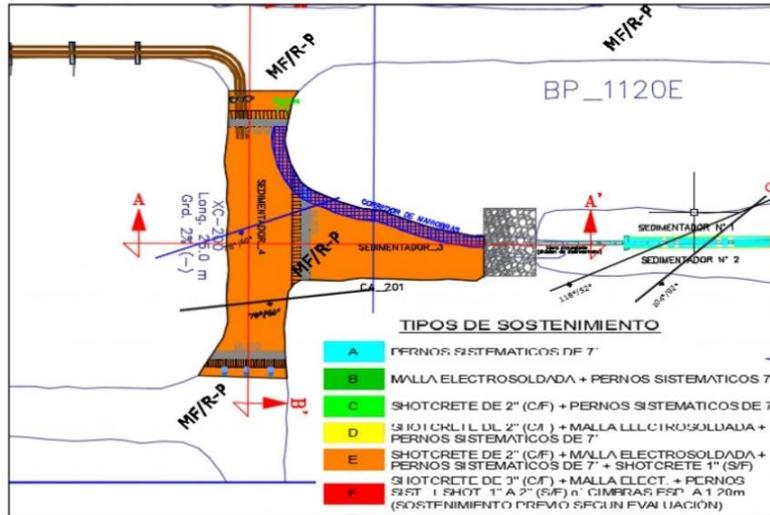


Figura 01 Vista de Planta de los trabajos a desquincar nivel 1120.

YAULI



SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO - MINA CARAHUACRA

Caracterización de la Masa Rocosa y Aspectos litológicos

La zona de la Cámara de Sedimentador (CA_201 x XC_200 del nivel 1120) se encuentra emplazado en una roca volcánica del tipo Dacita y Andesita, con caracterización Geomecánica según Clasificación GSI (Índice de Resistencia Geológica) está definido como una roca MF/R-P (Muy Fracturado – Regular a Pobre) equivalente a un RMR de 45-50 roca IIIA REGULAR calidad geotécnica, presenta un sistema de diaclasamiento con mediana persistencia , con orientación promedio de norte a sur.

CONDICIONES GEOMECHANICAS SEGUN BIENIAWSKI

Según caracterización geomecánica del macizo rocoso en esta zona se basa en su validación según RMR (Rating Mass Rock de Bieniawski - 89 en condiciones con agua.)

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES								VALORACIÓN							
RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	50 - 100
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25		3	2			2	75 - 90
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06		5	3			3	0.06 - 0.2
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10mm.	2	10 - 20m.	1	> 20mm.	0	4A			0	< 1m.
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B			0	1 - 5mm.
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C			0	Lig. Rugosa
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D			0	Dura > 5mm.
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E			0	Mod. Alterada
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5			0	Húmedo	
VALOR RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															57	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0							III
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA							REGULAR

PARÁMETRO PARA CALCULAR EL RMR SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES TÚNELES Y MINERÍA (Rumbo y Buzamiento)

Rumbo Paralelo al Eje/Buzamiento 45-90	Rango RMR
Muy Desfavorable	-12

VALOR RMR (Corregido) =															45	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0							III
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA							REGULAR

YAULI



SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO - MINA CARAHUACRA

El valor de RMR obtenido fue de 45, por lo que se clasifica como roca tipo III-REGULAR . Se realiza la evaluación en base a las secciones entregadas por Planeamiento :

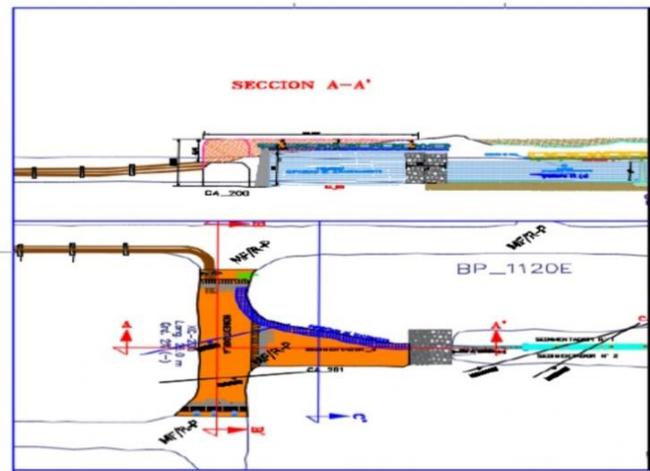


Figura 02 Vista de sección A-A' de la Camara de Sedimentacion nivel 1120.

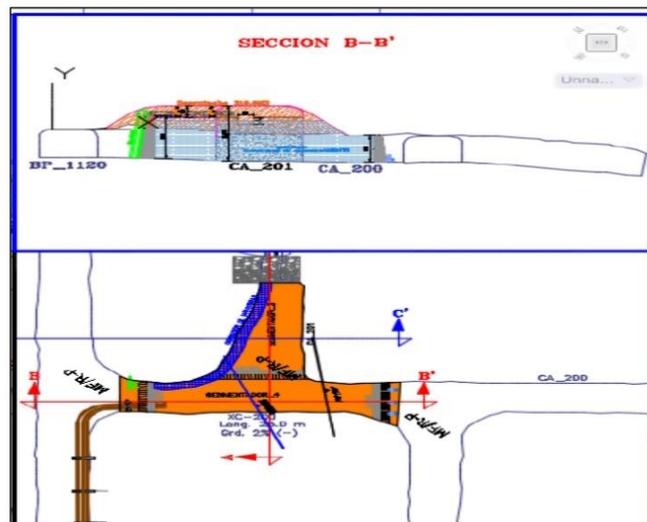


Figura 03 Vista de sección B-B' de la Camara de Sedimentacion nivel 1120.

YAULI

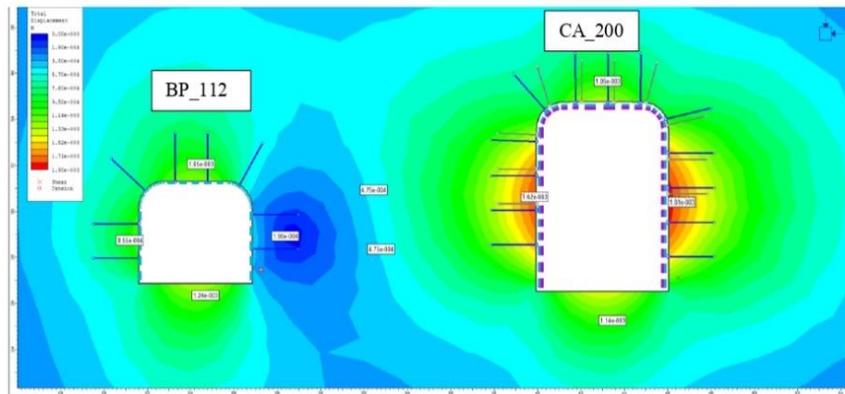


Figura 04 Simulación de las deformaciones (Un máximo de 0.0018 mts) en la cámara 200 con sostenimiento Shotcrete 2" F/S+ Malla + Pernos Swellex + Shotcrete 2" SF.

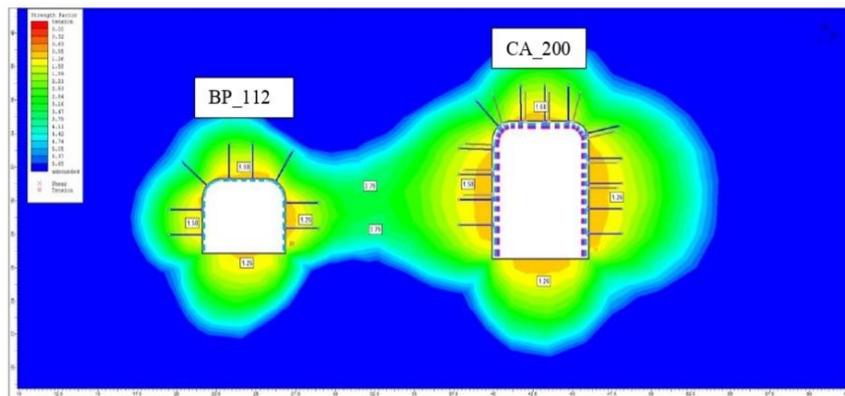


Figura 05 Simulación de los factores de resistencia (1.58) en la cámara 200 con sostenimiento Shotcrete 2" F/S+ Malla + Pernos Swellex + Shotcrete 2" SF.

YAULI



SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO - MINA CARAHUACRA

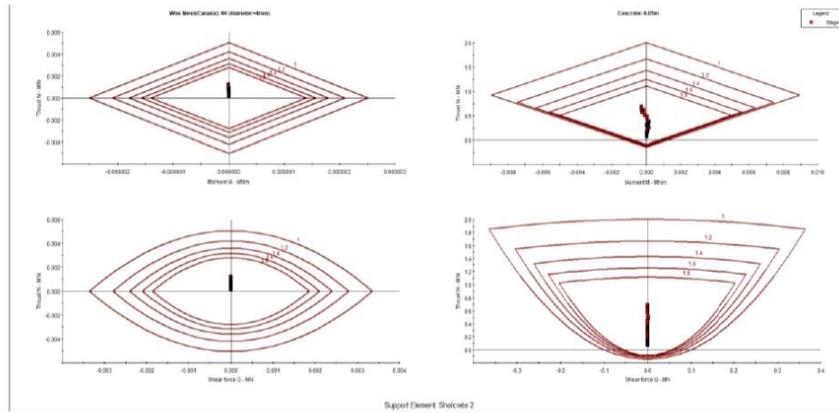


Figura 06 Factores de Seguridad en la malla electrosoldada y shotcrete 2" con fibra mayores a 1.8

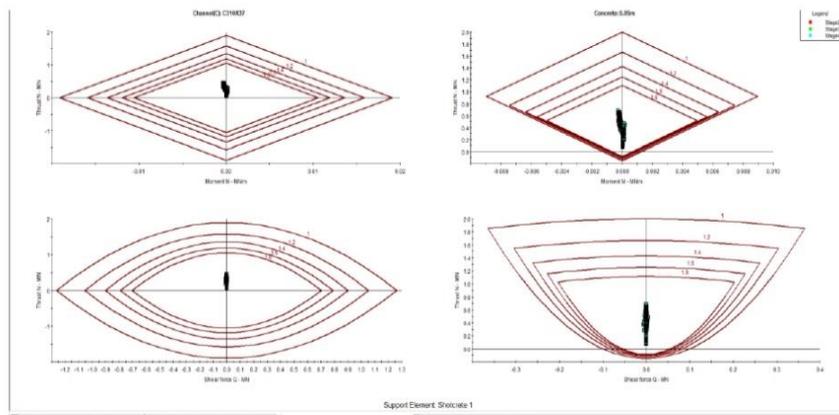


Figura 07 Factores de Seguridad en la fibra y shotcrete 2" sin fibra mayores a 1.8

YAULI



SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO - MINA CARAHUACRA

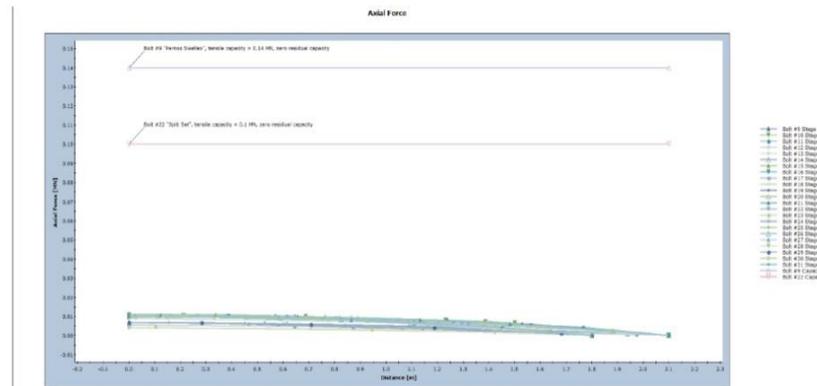


Figura 08 Esfuerzos axiales en los anclajes por debajo de la resistencia residual de los pernos

Conclusiones:

- El sostenimiento usado como refuerzo en la cámara 200 consiste en Shotcrete 2" (FM) + Malla + Pernos Swellex de 6 pies y 7 pies + Shotcrete 2" (SF)
- Los Factores de Seguridad en los elementos de sostenimiento usados como refuerzo en la cámara 200 son mayores a 1.8.
- El factor de resistencia en la cámara 200 se encuentra entre 1.26 a 1.58 después de su reforzamiento.
- Los anclajes (pernos swellex) se encuentran en una zona sin problemas de perturbación.