



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y**

**CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**ESTABILIZACIÓN DE UN MURO DE  
CONFINAMIENTO PARA EL MATERIAL  
DRAGADO, MEDIANTE LA EVALUACIÓN  
MATEMÁTICA APLICADO MODELOS  
ESTABLECIDOS**

**TUTOR**

**MSC. ELIANA NOEMI CONTRERAS JORDAN**

**AUTOR**

**ESTANISLAO HERMOGENES TAPIA SOLÓRZANO**

**GUAYAQUIL**

**2019**



<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Estabilización de un muro de confinamiento para el material dragado, mediante la evaluación matemática aplicado modelos establecidos.	
<b>AUTOR/ES:</b>  Tapia Solórzano Estanislao	<b>REVISORES O TUTORES:</b>  Msc. Eliana Noemi Contreras Jordan
<b>INSTITUCIÓN:</b>  Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b>  Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b>  Facultad de Ingeniería Industria y Construcción	<b>CARRERA:</b>  INGENIERO CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>  2019	<b>N. DE PAGS:</b>  162
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b>  Estabilización, muro, confinamiento, dragado, evaluación, material pétreo, diseño.	
<b>RESUMEN:</b>  En la ejecución de un dragado es necesario establecer la cantidad del material a extraer del fondo marino, el área de depósito y la longitud del muro de confinamiento. La construcción del muro de confinamiento nos permite investigar y evaluar los cálculos,	

agregando diferentes variables que estén aplicados a modelos establecidos por diferentes autores.

Debido a las diferentes metodologías para la construcción del muro de confinamiento se considera necesario realizar el muro con diferentes tipos de materiales como cascajo importado, muros con Geotubos y con material de sitio, con el objetivo de realizar una análisis comparativo partiendo de la longitud, diseño geométrico, volumen del muro de confinamiento, determinar el tiempo de ejecución, su rendimiento y su factor económico (precio unitario) en m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> o ml.

“La metodología adoptada para la investigación para la construcción del muro de confinamiento es **Cualitativo** porque se busca las características del suelo como clasifica, calificar y propiedades de los materiales a usarcé mediante ensayos de laboratorio, **Analítico** se realiza un análisis numérico, mediante métodos geotécnicos se consigue calcular los factores de seguridad de los muros de confinamiento, **Experimental** porque se comprueba que con lo cualitativo y analítico, convergen con las mediciones realizadas en campo y **Económico** se puede comparar los costos con otras alternativas de muros de confinamiento”.

Establecido el tipo de muro de confinamiento procedemos al diseño geométrico en la que se calcula la altura del muro, dentellan, taludes aguas arriba y aguas abajo, corona, borde libre y la base del muro.

Al calcular el diseño geométrico nos permite investigar y evaluar los cálculos, agregando diferentes variables que estén aplicados a modelos establecidos por diferentes autores y así podemos determinar en la investigación los nuevos modelos que determina los cálculos para la construcción de un muro de confinamiento con material de sitio

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>  Tapia Solórzano Estanislao  Hermogenes	<b>Teléfono:</b>  042183300	<b>E-mail:</b>  <u><a href="mailto:tapialayo1@hotmail.com">tapialayo1@hotmail.com</a></u>
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Mg. Alex Salvatierra Espinoza</b> <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 241 DECANO <b>E-mail:</b> <u><a href="mailto:asalvatierrae@ulvr.edu.ec">asalvatierrae@ulvr.edu.ec</a></u> <b>Mg. Alex Salvatierra Espinoza</b> <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 241 Director de carrera <b>E-mail:</b> <u><a href="mailto:asalvatierrae@ulvr.edu.ec">asalvatierrae@ulvr.edu.ec</a></u>	

# CERTIFICADO DE SIMILITUDES



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESIS TAPIA CAPITULO I II III IV 18-03-2019.docx (D49897137)  
**Submitted:** 3/29/2019 4:00:00 PM  
**Submitted By:** econtrerasj@ulvr.edu.ec  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

tesina ERICK PORTILLA.docx (D31633309)  
PROYECTO TÉCNICO JAVIER CAMPOS.pdf (D18146085)  
tercer avance(1).pdf (D13391619)  
trabajo de titulacion carlos GARZON.docx (D23325017)  
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16609/1/RUEDA\\_JAIRO\\_TRABAJO\\_TITTULACI%C3%92N\\_GENERALES\\_INGENIERIA\\_NOVIEMBRE\\_2016.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16609/1/RUEDA_JAIRO_TRABAJO_TITTULACI%C3%92N_GENERALES_INGENIERIA_NOVIEMBRE_2016.pdf)  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>  
[http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA\\_PRESA%20DE%20TIERRA.pdf](http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_PRESA%20DE%20TIERRA.pdf)  
<https://www.slideshare.net/Hector0125/presas-de-tierra-ing-civil>  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/587/INFORME%20FINALAbstract.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
9da53faf-e8a5-4565-8c36-9069c7011afc

### Instances where selected sources appear:

17

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El Estudiante ESTANISLAO HERMOGENES TAPIA SOLÓRZANO, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a el suscrito y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar la Estabilización de un muro de confinamiento para el material dragado, mediante la evaluación matemática aplicado modelos establecidos.

Autor

Firma: |



ESTANISLAO HERMOGENES TAPIA SOLÓRZANO

C.I. 1708459217

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Proyecto de Investigación ESTABILIZACIÓN DE UN MURO DE CONFINAMIENTO PARA EL MATERIAL DRAGADO, MEDIANTE LA EVALUACIÓN MATEMÁTICA APLICADO MODELOS ESTABLECIDOS, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria Y Construcción Carrera De Ingeniería Civil la universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado. “ESTABILIZACIÓN DE UN MURO DE CONFINAMIENTO PARA EL MATERIAL DRAGADO, MEDIANTE LA EVALUACIÓN MATEMÁTICA APLICADO MODELOS ESTABLECIDOS”, presentado por el estudiante **ESTANISLAO HERMOGENES TAPIA SOLÓRZANO** como requisito previo, para optar el TÍTULO DE INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

Firma: \_\_\_\_\_



Msc. Eliana Noemi Contreras Jordan

C.I.:1202820815

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco ante todo a Dios por demostrarme que con perseverancia y esfuerzo todo es posible en esta vida y permitirme alcanzar otra meta en mi vida.

A mi padre por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ella entre los que se incluye este. Me formo con reglas y con lagunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi familia por siempre creer en mí y apoyarme cuando los necesitaba siendo un pilar fundamental para alcanzar todas mis metas propuestas.

## **DEDICATORIA**

A Dios el motor de mi vida que siempre me dio las fuerzas e inteligencia para poder ir superando cada etapa en el desarrollo de la carrera.

A mis ángeles que tengo en el cielo; mi papá y hermanos que aunque no estén a mi lado físicamente; desde muy pequeño me inculcó lo bueno de esta vida y enseñó que todo se obtiene con dedicación y esfuerzo.

A mis hijos y esposa en general quienes estuvieron cerca de mí a lo largo de esta carrera, compartiéndome su alegría y tristeza.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. TEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.4. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.6. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.7. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.8. HIPÓTESIS .....	3
1.9. VARIABLES .....	3
1.9.1. <i>Variable independiente</i> .....	3
1.9.2. <i>Variable dependiente</i> .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>4</b>
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. <i>Alcantarilla</i> :.....	5
2.1.2. <i>Altura de diseño del muro</i> .....	5
2.1.3. <i>Arcilla (C)</i> .....	5
2.1.4. <i>Arena (S)</i> .....	5

2.1.5.	<i>Asentamiento</i>	5
2.1.6.	<i>Base del muro</i>	5
2.1.7.	<i>Borde Libre en un muro de confinamiento (HBL)</i>	6
2.1.8.	<i>Cresta o Corona del Muro</i>	6
2.1.9.	<i>Compactación</i>	6
2.1.10.	<i>Cohesión (c)</i>	6
2.1.11.	<i>Dentellón</i>	6
2.1.12.	<i>Dragado</i>	6
2.1.13.	<i>Drenaje</i>	7
2.1.14.	<i>Drenes</i>	7
2.1.15.	<i>Estabilidad</i>	7
2.1.16.	<i>Erosión</i>	7
2.1.17.	<i>Fetch</i>	7
2.1.18.	<i>Filtros</i>	7
2.1.19.	<i>Geotextil</i>	8
2.1.20.	<i>Granulométrico</i>	8
2.1.21.	<i>Humedad Natural</i>	9
2.1.22.	<i>Índice de plasticidad (IP)</i>	9
2.1.23.	<i>Licuación del suelo</i>	9
2.1.24.	<i>Límite de Atterberg, o Límite de Consistencia</i>	9
2.1.25.	<i>Límite líquido (WL)</i>	10
2.1.26.	<i>Límite plástico (Wp)</i>	10
2.1.27.	<i>Limo</i>	10
2.1.28.	<i>Material</i>	10
2.1.29.	<i>Muestra</i>	10

2.1.30.	<i>Muro de confinamiento</i> .....	10
2.1.31.	<i>Nivel freático</i> .....	10
2.1.32.	<i>Oleaje</i> .....	11
2.1.33.	<i>Planos:</i> .....	11
2.1.34.	<i>Presa</i> .....	11
2.1.35.	<i>Protección del Talud aguas arriba</i> .....	11
2.1.37.	<i>Relleno Hidráulico</i> .....	12
2.1.38.	<i>Replanteo:</i> .....	12
2.1.39.	<i>Represa</i> .....	12
2.1.40.	<i>Revestimiento</i> .....	12
2.1.41.	<i>Rip – Rap</i> .....	12
2.1.42.	<i>Secciones homogéneas</i> .....	12
2.1.43.	<i>Suelos sumergidos</i> .....	13
2.1.44.	<i>Taludes del muro de confinamiento</i> .....	13
2.1.45.	<i>Terraplén (relleno)</i> .....	13
2.1.46.	<i>Topografía</i> .....	13
2.2.	<b>MARCO LEGAL</b> .....	13
2.2.1	<i>Ambiente sano:</i> .....	13
2.2.2	<i>Derecho a la naturaleza:</i> .....	13
2.2.3	<i>Biósfera, ecología urbana y energías alternativas:</i> .....	14
2.2.4	<i>Ministerio del Ambiente, Acuerdo ministerial N° 028</i> .....	14
2.2.5	<i>Normativas generales</i> .....	15
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>18</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....		<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>18</b>

3.2	METODOLOGÍA.....	18
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	18
3.3.1	<i>Investigación Bibliográfica y documental</i> .....	18
3.3.2	<i>Investigación de Campo</i> .....	18
3.3.3	<i>Investigación Experimental.</i> .....	19
3.3.4	<i>Investigación científica</i> .....	19
3.4	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
3.5	TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	20
3.6	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE MURO DE CONFINAMIENTO .....	22
3.6.1	<i>Corona</i> .....	23
3.6.2	<i>Borde libre</i> .....	24
3.6.3	<i>Altura del muro</i> .....	24
3.6.4	<i>Talud</i> .....	25
3.6.5	<i>Dentellón</i> .....	26
3.6.6	<i>Base del Muro</i> .....	26
3.7	IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVA .....	26
3.6.1	<i>Muro con Material de Cascajo Importado</i> .....	27
3.6.2	<i>Muro confinamiento o represas de tierra.</i> .....	28
3.6.3	<i>Muro con Geotubos</i> .....	29
3.8	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	31
3.8.1	<i>Análisis comparativo en lo constructivo</i> .....	31
3.8.2	<i>Análisis comparativo en lo económico</i> .....	33
3.7.2.1	<i>Muro de confinamiento con material de sitio.</i> .....	35
3.7.2.2	<i>Muro de confinamiento con Geotubo</i> .....	39
3.7.2.3	<i>Muro de confinamiento con material Importado (cascajo)</i> .....	41

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>43</b>
<b>PROPUESTA TÉCNICA.....</b>	<b>43</b>
<b>4 PROPUESTA.....</b>	<b>43</b>
4.2 CONTROL GEODÉSICO Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	43
4.3 MATERIAL ENCONTRADO EN EL ÁREA.....	47
4.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MURO DE CONFINAMIENTO.....	50
4.4.1 <i>Altura del Muro</i> .....	51
4.4.2 <i>Dentellón</i> .....	53
4.4.3 <i>Taludes aguas arriba y aguas abajo.</i> .....	54
4.4.4 <i>Corona</i> .....	72
4.4.5 <i>Borde libre</i> .....	76
4.4.6 <i>Base del Muro de Confinamiento</i> .....	79
4.4.7 <i>Línea de corriente superficial de un muro de confinamiento (presa de tierra)</i> ....	80
4.4.8 <i>Geotextil N2000 No Tejido</i> .....	86
4.4.9 <i>Drenaje o Aliviadores del Muro de Confinamiento</i> .....	87
4.5 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DEL MURO DE CONFINAMIENTO.....	91
4.5.1 <i>Limpieza del área construcción para su cimentación del dentellón y área para la base del muro de confinamiento:</i> .....	92
4.5.2 <i>Construcción del Dentellón</i> .....	93
4.5.3 <i>Construcción del Muro de Confinamiento</i> .....	94
4.5.5 <i>Colocación del drenaje en el Muro de confinamiento</i> .....	101
4.6 CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DEL MURO DE CONFINAMIENTO Y EL DRENAJE EN EL MOMENTO DEL DRAGADO.....	104
4.6.2 <i>Recolección de basura</i> .....	105
4.6.3 <i>Control de Infiltración en el muro confinamiento</i> .....	106

4.6.4	<i>Control de Agrietamientos producidos en época de invierno</i> .....	108
4.7	<b>RESULTADOS DEL TRABAJOS FINALES REALIZADO EN EL MURO DE CONTENCIÓN</b> ...	111
4.7.1	<i>Resumen de cantidad de obra ejecutada en el proyecto Dragado del muelle 1D de Andipuerto</i> .....	111
4.7.2	<i>Resumen de liquidación de Obra</i> .....	113
4.7.3	<i>Comparación de los costos con los diferentes materiales</i> .....	114
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>118</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Corte transversal del muro de confinamiento</i> .....	22
Figura 2	<i>Distancia vertical de la altura el muro de confinamiento</i> .....	24
Figura 3	<i>Muro con material de cascajo importado con volquetas</i> .....	27
Figura 4	<i>Presa de tierra en el Río Grande en el Cantón Chone</i> .....	29
Figura 5	<i>Muro con Geotubos Isla el Palmar</i> .....	30
Figura 6	<i>Diseño de Geotubo</i> .....	33
Figura 7	<i>Proyecto Babahoyo 2010 realizado por el Servicio de Dragas</i> .....	33
Figura 8	<i>Ubicación del área muro de confinamiento</i> .....	43
Figura 9	<i>Memoria técnica de la placa INOCAR</i> .....	44
Figura 10	<i>Equipo Estación Total MTS 602R</i> .....	45
Figura 11	<i>Terreno natural</i> .....	46
Figura 12	<i>Trazado de eje</i> .....	47
Figura 13	<i>Nivelación del terreno</i> .....	47
Figura 14	<i>Plano donde indica los tramos y el tipo de material</i> .....	48
Figura 15	<i>Material del sitio Arcilla</i> .....	48
Figura 16	<i>Material Arena Arcillosa</i> .....	48
Figura 17	<i>Material Cascajo Arcilla</i> .....	49
Figura 18	<i>Altura del muro de confinamiento y el nivel de agua</i> .....	52
Figura 19	<i>Diseño del dentellón en el muro de confinamiento</i> .....	54
Figura 20	<i>Gráfico que determina el factor de seguridad</i> .....	57
Figura 21	<i>Círculo de falla y dovelas</i> .....	65
Figura 22	<i>Dovelas en el Tramo I</i> .....	69
Figura 23	<i>Dovelas en el Tramo II</i> .....	70
Figura 24	<i>Dovelas en el Tramo III</i> .....	71
Figura 25	<i>Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo I</i> .....	74
Figura 26	<i>Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo II</i> .....	75

<i>Figura 27 Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo III</i> .....	75
<i>Figura 28 Fase de ola por deslizamiento</i> .....	76
<i>Figura 29 Diseño del muro de contención</i> .....	80
<i>Figura 30 Método de Schaffermak y Van Iterson para <math>\alpha &lt; 30^\circ</math></i> .....	81
<i>Figura 31 Filtración del muro</i> .....	83
<i>Figura 32 Filtración en el Tramo I</i> .....	84
<i>Figura 33 Filtración en el Tramo II</i> .....	85
<i>Figura 34 Filtración en el Tramo III</i> .....	86
<i>Figura 35 Diseño y medidas del Geotextil n2000 no Tejido</i> .....	87
<i>Figura 36 Tubería de drenaje en el muro de confinamiento</i> .....	88
<i>Figura 37 Primer desarenador</i> .....	88
<i>Figura 38 Canal de evacuación del agua del dragado</i> .....	89
<i>Figura 39 Cajas metálicas</i> .....	89
<i>Figura 40 Canal de evacuación con disipadores de energía</i> .....	89
<i>Figura 41 Empata de tubería a la caja aguas lluvias de la calle “P” y calle Cacique Tómalá.</i> .....	90
<i>Figura 42 Canal para colocación de tubería para empatar a la caja de revisión de AALL</i> .....	90
<i>Figura 43 Empate a la caja de revisión de AALL con la tubería</i> .....	91
<i>Figura 44 Limpieza del área de trabajo</i> .....	92
<i>Figura 45 Área de trabajo en el eje del muro de confinamiento</i> .....	92
<i>Figura 46 Área limpia para iniciar el trabajo del dentellón</i> .....	93
<i>Figura 47 Excavación del dentellón 3m ancho y 1m profundidad</i> .....	93
<i>Figura 48 Relleno del dentellón</i> .....	94
<i>Figura 49 Arrastre de material para reconfigurar el muro con tractores D6</i> .....	95
<i>Figura 50 Reconfiguración del muro con excavadora y su compactación</i> .....	95
<i>Figura 51 Reconfiguración del muro de confinamiento</i> .....	96
<i>Figura 52 Transporte para mezcla del material</i> .....	96
<i>Figura 53 Compactación y reconfiguración del talud</i> .....	97
<i>Figura 54 Configuración del muro de contención</i> .....	98
<i>Figura 55 Excavación de zanja en el corno del muro de contención</i> .....	99
<i>Figura 56 Excavación de zanja al pie del talud del muro de contención</i> .....	99
<i>Figura 57 Colocación del Geotextil N2000 no tejido por tramos</i> .....	100
<i>Figura 58 Colocación del Geotextil N2000 no tejido terminado</i> .....	100
<i>Figura 59 Muro terminado en su construcción y la colocación del Geotextil 2000 no tejido terminado</i> .....	101
<i>Figura 60 Colocación de la caja de drenaje</i> .....	101
<i>Figura 61 Colocación de tubería a la caja de drenaje</i> .....	102
<i>Figura 62 Colocación de tubería a la caja de drenaje</i> .....	102
<i>Figura 63 Inicia del canal en el drenaje</i> .....	103
<i>Figura 64 Fin del canal en la calle P</i> .....	103
<i>Figura 65 Ubicación de la Turia de salía a al drenaje de la calle P</i> .....	104
<i>Figura 66 Tubería al 80% de su capacidad</i> .....	105
<i>Figura 67 Tubería máxima capacidad</i> .....	105
<i>Figura 68 Recolección de basura</i> .....	106
<i>Figura 69 Filtración en el pie del muro en el Tramo III</i> .....	106
<i>Figura 70 Filtración en el pie del muro en el Tramo III</i> .....	107

<i>Figura 71 Reparación de la infiltración del muro en el Tramo III</i> .....	107
<i>Figura 72 Reparación total de la infiltración del muro en el Tramo III</i> .....	108
<i>Figura 73 Agreta miento en la corona del muro de confinamiento</i> .....	108
<i>Figura 74 Excavación del material saturado</i> .....	109
<i>Figura 75 Material saturado en la corona del muro de confinamiento</i> .....	109
<i>Figura 76 Retiro del material saturado</i> .....	110
<i>Figura 77 Colocación del nuevo material</i> .....	110
<i>Figura 78 Muro reconformado lista para reiniciar el Dragado</i> .....	110
<i>Figura 79 Diseño y cantidad colocada de geotextil N2000 no tejido</i> .....	112
<i>Figura 80 Muro de confinamiento terminado</i> .....	112
<i>Figura 81 Material dragado dentro del muro de confinamiento</i> .....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Resultado de las muestras</i> .....	8
<i>Tabla 2 Análisis de resultado de las muestras.</i> .....	9
<i>Tabla 3 Cuadro de la distancia y la tipo de material por tramos</i> .....	22
<i>Tabla 4 Datos para el cálculo del muro de confinamiento</i> .....	22
<i>Tabla 5 Datos geométricos del muro de confinamiento</i> .....	23
<i>Tabla 6 Fórmulas de diferentes autores para el cálculo de la corona</i> .....	23
<i>Tabla 7 Taludes agua arriba y aguas abajo (Ing. Suarez Díaz, 2014, pág. 52)</i> .....	25
<i>Tabla 8 Cuadro comparativo en su geometría de los diferentes materiales.</i> .....	31
<i>Tabla 9 Comparación de precios unitarios</i> .....	34
<i>Tabla 10 Precio Unitario para la colocación con material del sitio</i> .....	36
<i>Tabla 11 Precio Unitario para la colocación del Geotextil N2000 no tejido</i> .....	38
<i>Tabla 12 Precio Unitario para la colocación de Geotubos</i> .....	40
<i>Tabla 13 Precio Unitario para la colocación material importado (cascajo)</i> .....	42
<i>Tabla 14 Puntos de partida para la topografía</i> .....	44
<i>Tabla 15 Especificaciones Técnicas Estación Total MTS 602R</i> .....	45
<i>Tabla 16 Poligonal del eje del muro de confinamiento.</i> .....	46
<i>Tabla 17 Resultados del suelo por el laboratorio de GEOCIMENTOS</i> .....	50
<i>Tabla 18 Volumen a dragar incluyendo el esponjamiento</i> .....	51
<i>Tabla 19 Volumen de confinamiento del Dragado</i> .....	52
<i>Tabla 20 Altura y Longitud del muro confinamiento</i> .....	53
<i>Tabla 21 Calculo de Factor de seguridad Tramo I</i> .....	62
<i>Tabla 22 Calculo de Factor de seguridad Tramo II</i> .....	63
<i>Tabla 23 Calculo de Factor de seguridad Tramo III</i> .....	64
<i>Tabla 24 Simbología de los términos que intervienen en las Dovelas y esquema de las fuerza que actúan</i> .....	66
<i>Tabla 25 Elementos para el cálculo del Factor de seguridad</i> .....	67
<i>Tabla 26 Calculo del FS por dovelas Tramo I</i> .....	69
<i>Tabla 27 Calculo del FS por dovelas Tramo II</i> .....	70
<i>Tabla 28 Calculo del FS por dovelas Tramo III</i> .....	71
<i>Tabla 29 Indica el resultado de factor de seguridad y el talud.</i> .....	72
<i>Tabla 30 Formula del cálculo de la Corona utilizando FS.</i> .....	73

<i>Tabla 31 Análisis de la corona del muro de confinamiento incluyendo relación entre la altura del muro sobre el factor de seguridad</i> .....	74
<i>Tabla 32 Diseño de la corona Tramo I</i> .....	74
<i>Tabla 33 Diseño de la corona Tramo II</i> .....	75
<i>Tabla 34 Diseño de la corona Tramo III</i> .....	75
<i>Tabla 35 Datos obtenidos de los calculados realizados con el FS</i> .....	76
<i>Tabla 36 Calculo de la base del muro de confinamiento</i> .....	79
<i>Tabla 37 Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos I</i> .....	83
<i>Tabla 38 Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos II</i> .....	84
<i>Tabla 39 Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos III</i> .....	85
<i>Tabla 40 Datos Calculados para la construcción del muro de confinamiento</i> .....	91
<i>Tabla 41 Volumen ejecutado versus lo programado del muro de confinamiento</i> .....	111
<i>Tabla 42 Cantidad de Geotextil N2000 no tejido colocada en el muro de confinamiento</i> .....	112
<i>Tabla 43 Liquidación Económica del Proyecto Dragado del Muelle 1D Andipuerto</i> .....	113
<i>Tabla 44 Diferencia de Costo por material a usar</i> .....	114

## ÍNDICE DE ÁBACOS

<i>Ábaco 1 Para rotura circular en Talud drenado</i> .....	58
<i>Ábaco.2 Para rotura circular en taludes drenado cerca al pie</i> .....	58
<i>Ábaco.3 Para rotura circular en talud parcialmente drenado</i> .....	59
<i>Ábaco.5 Para rotura circulo en talud completamente saturado con recargas superficiales continuas</i> 60	
<i>Ábaco.6 "talud completamente saturado con recargas superficiales continuas"</i> .....	61
<i>Ábaco 7 Calculo Fs Tramo I</i> .....	62
<i>Ábaco.9 Calculo Fs Tramo III</i> .....	64
<i>Ábaco 10 Cálculo de la trepada de la ola</i> .....	77
<i>Ábaco11 Cálculo de la longitud de la ola</i> .....	78

## ANEXOS

- Anexos 1 Planos
- Anexos 2 Cálculos
- Anexos 3 Folletos

## Listado de Abreviaturas

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
APG	Autoridad portuaria de Guayaquil
ASTM	Sociedad Americana para Ensayo de Materiales.
b	Base o ancho
Bc	Ancho de la corina
Bd	Ancho del dentellón
C	Cohesión
C.B.R.	California Bearing Ratio
CL	Arcilla
d	Peso volumétrico Seco
DGPS	Sistemas de Posicionamiento Global diferencial
Fs	Factor de Seguridad
GC	Grava arcillosa
GM	Grava limosa
h	Peso volumétrico húmedo
H	Altura base del muro de confinamiento y la altura de agua arriba
H1	Efecto de viento
H2	Acción de olas
H2	Altura línea de saturación en el pie del talud agua abajo
H3	Movimiento de agua
HBL	Borde libre
Hs	Altura de seguridad
HW	Altura nivel friático
i	Gradiente Hidráulico
IGM	Instituto Geográfico Militar
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
IP	Índice de Plasticidad
kfc	Coefficiente de filtración de la cimentación
kfp:	Coefficiente de filtración cuerpo de la presa
L	Altura
LCS	Línea de corriente superior

m1	Pendiente agua arriba
m2	Pendiente agua abajo
ML	Limo
MLWS	Promedio de las más bajas mareas de sicigia.
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Nr	Normal
PIVALTEC	Empresa distribuidora de Geosentéticos
q	Caudal unitario
q <sub>u</sub> =	capacidad de soporte del suelo
r	Radio
Rip-Rap	Piedra mayo a 40cm de diámetro
SC	Arena arcillosa
SUCS	El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
V	Velocidad de descarga del agua.
VD	Variable dependiente
VI	Variable independiente
W	Peso de la dovela
W	Humedad en porcentaje
W agua	Peso de la muestra Húmedo
W seco	Peso después de pasar por el horno, muestra seca.
W%	Porcentaje del contenido de humedad.
WL	Límite Líquido.
WP	Límite Plástico
y	Línea de saturación
ΔH	Asentamiento del muro
ΔW	longitud del agua
Δx	Longitud dovela
μ	Presión de poros
σ	Angulo de fricción
τ	Resistencia al corte
Υ	Peso específico del suelo
γ <sub>w</sub>	Peso específico del agua
φ	Angulo de fricción

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1. Tema

Estabilización de un muro de confinamiento para el material dragado, mediante la evaluación matemática aplicado modelos establecidos.

#### 1.1. Planteamiento del Problema

La empresa Andipuerto Guayaquil S.A con el crecimiento de las importaciones y exportaciones de los productos en los últimos años, requiere que el muelle 1D, tenga la profundidad adecuada de diseño para atender la demanda de empresas navieras que utilizan el recinto portuario, pero debido al constante ingreso y salida de buques al muelle 1D, atraen sedimentos en suspensión que son decantados al pie de muelle y en las áreas de maniobras de Andipuerto, esto causa sedimentación, ocasionando el impedimento de ingresos de buques de mayor calado, por no tener la profundidad suficiente las autoridades de control como la Capitanía de Puerto de Guayaquil, no autoriza el ingreso de buque con su máxima capacidad, a todo esto se requiere el dragado del muelle 1D de la Empresa Andipuerto Guayaquil S. A.

#### 1.2. Formulación del Problema

La dificultad de encontrar un área de acopio para el material a dragar en el sector de Andipuerto, por encontrarse en un sector poblado e industrial, dificulta la construcción de un muro de confinamiento para recolectar el material de desalojo que se encuentra en el lecho marino del muelle 1D, por lo que es necesario la construcción de un muro de contención para el confinamiento del material a dragar.

#### 1.3. Sistematización del Problema

- ¿Por el volumen de material a dragar es necesario construir un muro de confinamiento para el acopio del material?
- ¿Por la falta de espacio físico es necesario encontrar un sector disponible donde no altere el ecosistema ni produzca daños ambientales?
- ¿Por encontrarse en un área de difícil acceso que dificulta el transporte del material para su construcción?
- ¿El costo del material (cascajo) de la cantera al muro de confinamiento es muy elevada, en comparación con el material de préstamo del sitio?

#### **1.4. Objetivo General**

Evaluar los cálculos obtenidos, agregando variables que interactúan para la construcción de un muro de confinamiento con el material de préstamo del sitio y que estén aplicados a modelos establecidos.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

- Determinar los principales parámetros para la construcción de un muro de confinamiento con material de préstamo del sitio, para soportar el empuje de agua y material que expulsa la draga hacia el área confinada.
- Determinar el área, el diseño y el cálculo para la construcción del muro de confinamiento del material a dragar del muelle 1D.
- Evaluar y comparar el diseño de un muro de confinamiento con diferentes tipos de materiales en su diseño geométrico, especificaciones técnicas con muros ya establecidos anteriormente.

#### **1.6. Justificación**

Porque se dificulta encontrar un espacio físico, para la construcción de un muro de confinamiento en áreas pobladas, donde se acopiará el material a dragar del Muelle 1D de Andipuerto, sin alterar el medio ambiente y perjudicar a la población.

#### **1.7. Delimitación del Problema**

La investigación se realiza en la empresa Andipuerto Guayaquil S.A, parroquia Ximena del cantón Guayaquil de la Provincia del Guayas siendo el motivo del estudio la construcción y evaluación del muro de confinamiento para el proyecto “Dragado del muelle 1D de Andipuerto”

- Campo: Educación Superior Pregrado
- Área: Ingeniería Civil
- Aspecto: Investigación Descriptiva
- Tema: “Estabilización de un muro de confinamiento para el material dragado, mediante la evaluación matemática aplicado modelos establecidos”
- Delimitación Espacial: La investigación se realiza en la empresa Andipuerto Guayaquil S.A, parroquia Ximena del cantón Guayas de la Provincia del Guayas

siendo el motivo del estudio es la construcción y evaluación del muro de confinamiento para el proyecto “Dragado del muelle 1D de Andipuerto”.

- Delimitación Temporal: 2018 - 2019

## **1.8. Hipótesis**

Las variables no contempladas en las normas establecidas tienen relevancia para la estabilización del muro de confinamiento con diferentes tipos de materiales.

## **1.9. Variables**

### **1.9.1. Variable independiente**

VI: Parámetros de diseño del muro contención para el confinamiento del material de dragado.

### **1.9.2. Variable dependiente**

VD: Tipo de material pétreo de préstamo para su construcción.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2. Marco Teórico Referencial

La presente tesis de investigación tiene como propósito la evaluación matemática de la estabilización de un muro de confinamiento para el material dragado en el muelle 1D de Andipuerto Guayaquil S.A. El principal problema que tenía es la poca profundidad del muelle 1D, debido a los sedimentos acumulados de varios años por no tener un constante mantenimiento de dragado.

Las profundidades de diseño establecidas por la Autoridad Portuaria de Guayaquil al pie del muelle 1D a 10,67m y en las áreas de acceso al muelle 1D a 9,50m de profundidad, referidas al MLWS (Promedio de las más bajas mareas de sicigia).

El dragado consiste en la succión de los sedimentos que se encuentran en el fondo del lecho marino, río o estuario mediante una draga estacionaria, para luego ser bombeada hacia tierra por medio de tuberías de diferente diámetro, dependiendo la potencia de la draga, con una mezcla de materia de 70% de agua y 30% de material.

La dificultad de encontrar un área disponible, para el almacenamiento del material a dragar del muelle 1D es necesario la construcción de un muro de confinamiento en un sector poblado y de difícil acceso, se presentan tres alternativas para la construcción del muro de confinamiento:

- Construir un muro de confinamiento con material de cascajo que será transportado de una cantera al área establecida.
- Muro con material de préstamo del sitio, tomando en cuenta que puede encontrar materiales como, arena, limo, arcilla y cascajo, etc.
- Muro con Geotubos rellenos de arena o limo de un río o un estero.

Estableciendo la cantidad de material de dragado se puede establecer el área de almacenamiento y la longitud del muro de confinamiento, con esto se procederá a determinar sus dimensiones y forma que serán capaz de soportar la presión, empuje del agua y del material dragado.

## **2.1. Marco conceptual**

Con los conceptos más significativos utilizados para nuestra evaluación e investigación de la construcción de un muro de confinamiento son:

### **2.1.1. Alcantarilla:**

“Cualquier clase de estructura no clasificada como puente, destinada a proporcionar un cauce libre del agua, localizada debajo de una carretera” (Ministerio de Obras Publicas y Comunicación, 2015, págs. 1-3)

### **2.1.2. Altura de diseño del muro**

La diferencia está dada entre la cota de la corona del muro y la cota más bajo del muro (terreno natural)

### **2.1.3. Arcilla (C).**

“Suelo cohesivo de grano fino que presenta plasticidad, en el que sus partículas tienen diámetros equivalentes menores que 75  $\mu\text{m}$  y cuyas características de consistencia lo ubican sobre la línea A en la carta de plasticidad (SUCS)” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 16)

### **2.1.4. Arena (S)**

“Suelo granular no cohesivo cuyas partículas tienen diámetros equivalentes entre 4,75 mm y 0,75  $\mu\text{m}$  (SUCS)” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 16) .

### **2.1.5. Asentamiento**

El asentamiento del muro de confinamiento se produce durante la construcción y el primer mes de su operación. Los asentamientos ocurren también por diferentes causas tales como compactación inadecuada del muro y la preparación incorrecta del suelo. Estos asentamientos pueden llevar a la falla con el rompimiento de la membrana impermeable del núcleo o de los filtros.

### **2.1.6. Base del muro**

Está ubicada en la parte inferior del muro que va a soportar el peso del material, que puede estar constituida por arcilla, arena, cascajo, etc., la medición depende de la suma de la corona más la distancia horizontal del ángulo de inclinación del talud aguas arriba y aguas abajo.

### **2.1.7. Borde Libre en un muro de confinamiento (HBL)**

Es la distancia vertical entre la corona del muro y la altura máxima del agua producida por el material dragado. Los elementos que intervienen para el diseño de borde liebre son: efecto de vientos (H1), acción de olas (H2) por el movimiento del agua (H3), efectos de los sismos, asentamientos del muro ( $\Delta H$ ) y Altura de seguridad 3% (Hs).  $HBL = H1 + H2 + H3 + \Delta H + Hs$

### **2.1.8. Cresta o Corona del Muro**

Parte superior del muro o sea las aristas superiores de los taludes, donde su estructura sirve como acceso peatonal o vehicular, inspección obra y su verificación de avance de obra

### **2.1.9. Compactación**

“Es el conjunto de acciones mecánicas conducentes al aumento de la densidad del suelo, que redundan en un descenso de su capacidad de deformación y un incremento de su resistencia” (Sandoval Erazo, 2018, pág. 189)

### **2.1.10. Cohesión (c)**

“Parte de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo debida a la atracción molecular entre las partículas, determinada en la intersección de la envolvente de falla con el eje vertical, en el diagrama de Mohr” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016, pág. 6)

### **2.1.11. Dentellón**

Dentello o talón, es un elemento que se coloca en la base del muro de confinamiento, este permite estabilidad al volcamiento y al deslizamiento, además impide la infiltración por la base de muro de confinamiento.

### **2.1.12. Dragado**

Se entiende por dragado la extracción de material (fango, arena, grava, etc.) el fondo del mar en los puertos, así como en los ríos y canales navegables, con el fin de aumentar la profundidad descargando estos azolves en las zonas de depósito, que pueden ser en agua, o utilizar en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades. (Macdonel Martínez, Pindter Vega, Herrejón de la Torre, Pizá Ortiz, & López Gutiérrez, 2015, pág. 450)

### **2.1.13. Drenaje**

“Las estructuras hidráulicas son el soporte de la estabilidad de estructuras como vías, áreas urbanas, tratamientos de taludes, y su omisión o las fallas que se pueden presentar en una estructura hidráulica son causas de problemas graves” (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 15)

### **2.1.14. Drenes**

Toda presa de sección homogénea de altura mayor que 6 u 8 m debe tener algún dren en el talud aguas abajo, construido con material más permeable que el que forma la sección, a fin de reducir las presiones neutrales del agua en el cuerpo de la cortina, aumentando así la estabilidad y de canalizar el flujo de agua a través de la cortina, impidiendo además el arrastre del material que la constituye (Rico Rodríguez , 2015, pág. 455).

### **2.1.15. Estabilidad**

El análisis de la estructura contempla la determinación de las fuerzas que actúan por encima de la base de fundación, tales como empuje de tierra, peso propio, peso de la tierra de relleno, cargas y sobrecargas con la finalidad de estudiar la estabilidad al volcamiento y deslizamiento, así como el valor de las presiones de contacto. (Torres Belandria, 2008, pág. 8)

### **2.1.16. Erosión**

“La erosión es el desalojo, transporte y depósito de los materiales sueltos de la superficie terrestre, por la acción del agua, el viento y el hielo, con la contribución de la gravedad la cual actúa como fuerza direccional selectiva” (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 17)

### **2.1.17. Fetch.**

“Es un parámetro topográfico definido por las intersecciones de la recta según la cual el viento sopla en un instante y el contorno del espejo de agua sometido a su acción, referido al punto de interés situado en la costa” (Espinosa, 2010, pág. 127). Siempre se analiza con la mayor distancia directa hacia la costa, en este caso al muro de confinamiento

### **2.1.18. Filtros**

“Como ya se ha indicado, en el cuerpo de las presas de tierra han de colocarse frecuentemente filtros. De hecho, éstos deberán instalarse siempre que se produzca un

contacto entre dos materiales de diferente permeabilidad y granulometría” (Rico Rodríguez , 2015, pág. 455).

### 2.1.19. Geotextil

Son materiales geo sintético que sirven para remplazar los materiales granulares como el Rip - Rap que tiene la función de protección e igual que los geotextiles. Existen dos tipos de Geotextiles tejidos y no tejidos con su espesor como el geotextil N200 no tejido ejecutado en el muro de confinamiento en Andipuerto.

### 2.1.20. Granulométrico

Este ensayo tiene como objetivo principal separar y clasificar por tamaños los diversos granos que componen las muestras del suelo en estudio con el fin de poder clasificar el suelo. Los ensayos de granulometría lo realizamos de varias maneras una de ellas es: Vía seca para granos gruesos (pasarán por una serie de mallas de distintos anchos); y la vía húmeda para granos finos (hidrómetro). El análisis por la vía seca se hace con la muestra previamente lavada por el tamiz 200. (Fernández Pinargote, 2015, pág. 47).

*Tabla 1*  
*Resultado de las muestras*

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Neb) (mm)	Abertura real (mm)	Tipo de Suelo
3 "	80	76.12	GRAVA
2 "	50	50.80	
1 1/2 "	40	38.10	
1 "	35	25.40	
3/4 "	20	19.05	
3/8 "	10	9.52	ARENA GRUEZA
N 4	5	4.76	
N 10	2	2.00	ARENA MEDIA
N 20	0.90	0.84	
N 40	0.50	0.42	
N 60	0.30	0.25	ARENA FINA
N 140	0.10	0.105	
N 200	0.08	0.074	

Fuente: (Badillo & Rodriguez, 2016)

### 2.1.21. Humedad Natural

Se determina la cantidad de agua que contiene el suelo en el instante de la toma muestra, para saber la cantidad de humedad se coloca en un recipiente y se pesa la muestra. Luego se introduce en un horno a 110° c durante 24 horas para después pesarlo nuevamente, con los resultados se realiza el siguiente cálculo. Donde:

W% = Porcentaje del contenido de humedad.

W agua = Peso de la muestra Húmedo

W seco = Peso después de pasar por el horna, muestra seca.

$$W\% = \frac{W \text{ agua}}{W \text{ seco}} \times 100$$

Como podemos ver en la Tabla 2

Tabla 2

Análisis de resultado de las muestras.

N° Muestra	ABSCISA	Muestra		Cantidad de humedad W%
		W. Agua	W. Seco	
Tramo I	0+200	1380 g	766.1 g	80.1
Tramo II	1+100	9859.50 g	9122.86 g	7.75
Tramo III	0+640	8902.80 g	8430.80 g	5.6

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### 2.1.22. Índice de plasticidad (IP)

“Diferencia entre el límite líquido y el límite plástico” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 11)

### 2.1.23. Licuación del suelo

“La capacidad que tiene un suelo saturado de comportarse como un líquido ante la acción de una carga dinámica se conoce como licuación de un suelo, o pérdida de resistencia por carga cíclica” (Sandoval Erazo, 2018, pág. 193).

### 2.1.24. Límite de Atterberg, o Límite de Consistencia

Sirve para determinar el comportamiento de los suelos, cuando está en estado sólido, estado seco y pasan a estados líquido, plástico y plasticidad.

#### **2.1.25. Límite líquido (WL)**

“Contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados líquido y plástico, determinado por un ensayo normalizado del laboratorio” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 11).

#### **2.1.26. Límite plástico (Wp)**

“Contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados plástico y sólido, determinado por un ensayo normalizado de laboratorio” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 11)

#### **2.1.27. Limo.**

“Suelo de grano fino de baja plasticidad, en el que sus partículas tienen diámetros equivalentes menores que 75  $\mu\text{m}$  y cuyas características de consistencia lo ubican bajo la línea A en la carta de plasticidad (SUCS)” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 22)

#### **2.1.28. Material**

El material más usado para este tipo muro es: Grava arcillosa (GC), Grava limosa (GM), Arena arcillosa (SC), Arcilla (CL) limo (ML). Se recomienda que los suelos tengan un mínimo de 20% de pasante del tamiz N° 200.

#### **2.1.29. Muestra.**

“Parte o porción de un material natural o elaborado que se toma como representativa del mismo, cuando se desea investigar sus propiedades, y cuyas dimensiones características y manera de seleccionar las se fijan conforme a métodos normalizados” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 12)

#### **2.1.30. Muro de confinamiento**

Es una estructura que tiene como objetivo el confinar material, está constituida por material de préstamo (cascajo, arcilla, arena, etc.) que está sujeta a la flexión por soportar empuje horizontal de material retenido dentro del muro, sólido y líquido.

#### **2.1.31. Nivel freático**

“Lugar geométrico de los puntos en que la presión del agua del subsuelo es la atmosférica. Tomando este valor como cero, abajo del nivel freático, la presión del agua es positiva y el

suelo se encuentra saturado, y, arriba del nivel freático, la presión del agua es negativa” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 23)

### **2.1.32. Oleaje**

“Una acción sensible de la atmósfera que se hace sentir sobre la obra es la transferencia de energía que los vientos ejercen sobre la superficie del agua embalsada, la cual se traduce en la formación de olas propagándose en la dirección preponderantemente en que se desplazan esos fenómenos” (Espinosa, 2010, pág. 127).

### **2.1.33. Planos:**

“Documentos técnicos (Dibujos) esenciales para la ejecución de le obra, los cuales muestran gráficamente la ubicación, forma, dimensiones y detalles de la misma” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecu, 2013, pág. 53).

### **2.1.34. Presa**

“Presa. Muro o terraplén construido en un curso de agua con el objeto de embalsarla, la cual puede estar destinada a riego, producción de energía eléctrica u otros usos” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 24)

“Obra Hidráulica para retención y derivación de agua corriente, ubicada transversalmente en un cauce natural o artificial” (Espinosa, 2010, pág. 19).

### **2.1.35. Protección del Talud aguas arriba**

La protección del muro de confinamiento sirve para evitar la erosión, socavación y deslizamiento del material, causada por oleaje en el momento de dragado, viento y lluvias, esta protección se lo realiza colocando Rip-Rap en los taludes. (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016)

### **2.1.36. Proctor**

El ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes en el estudio y del control de calidad del terreno, a través de lo cual podemos determinar su compactación máxima en relación a su grado de humedad. Estas deben cumplir con una condición de que no tengan excesivo % de finos pues este ensayo está totalmente limitado a los suelos que pasen por el tamiz N° 4 o que esta tenga restringido el 10% en la misma. Este ensayo se lo realiza con un cierto número de golpes, con un pequeño pisón normalizado que se deja caer desde una altura de 30 cm, al suelo contenido en un cilindro metálico en tres capas iguales. A

la muestra se va agregando agua, indicando en cada paso el peso del material húmedo y su contenido de humedad. La relación de la humedad con los pesos volumétricos del material compactado nos da una curva llamada de compactación. Esta curva se expresa generalmente en términos de peso volumétrico seco. (Fernández Pinargote, 2015, pág. 38)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde

$\gamma_d$  = Peso volumétrico Seco

$\gamma_h$  = Peso volumétrico húmedo

W = Humedad en porcentaje

### **2.1.37. Relleno Hidráulico**

Es el depósito de material mediante la mezcla de agua y arena, transportada por una tubería desde un proceso de dragado.

### **2.1.38. Replanteo:**

“Demarcación en el terreno de punto de control del proyecto, necesarios para realizar la obra” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecu, 2013, pág. 55)

### **2.1.39. Represa**

“Obra hidráulica para acumulación de agua, ubicada fuera de un cauce natural o artificial, ya sea en excavación o entre terraplenes” (Espinosa, 2010, pág. 19)

### **2.1.40. Revestimiento**

Protección del muro de confinamiento en los taludes aguas arriba, aguas abajo y corona, existen varios tipos de materiales para el revestimiento, entre los que tenemos el enrocado (Rip-Rap), bolsacreto, geosintéticos y la vegetación.

### **2.1.41. Rip – Rap**

Material rocoso que sirve para protección de los taludes de un muro de confinamiento, para determinar su espesor de la capa de Rip-Rap se usa las normas ASHTO 1999

### **2.1.42. Secciones homogéneas**

“Como lo indica su nombre, se trata de secciones compuestas total o casi totalmente por un solo material”. (Rico Rodríguez , 2015, pág. 450)

#### **2.1.43. Suelos sumergidos.**

“Atención especial debe darse al cálculo de peso específicos de suelos situados bajo el nivel freático. En tal caso, el empuje hidrostático ejerce influencia en los pesos, tanto específicos como específicos relativos.” (Rico Rodriguez, 2016, pág. 58)

#### **2.1.44. Taludes del muro de confinamiento**

Superficie inclinada de un muro de confinamiento. El muro de confinamiento tiene dos tipos de taludes:

- Taludes aguas ariba, parte interino del muro.
- Taludes agua a bajo, parte externa del muro

#### **2.1.45. Terraplén (relleno).**

“Estructura elevada sobre el terreno natural, compuesta de suelo, roca o una combinación de los dos, debidamente compactados” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2016, pág. 27)

#### **2.1.46. Topografía**

Es la representación gráfica de la superficie de un terreno y que se encarga en describir en detalle su forma natural y artificial.

### **2.2. Marco Legal**

Son los artículos que se presenta son Elementos Constitutivos del Estados regidos por la Constitución del Ecuador, convenios, códigos y normas que garantizan el cumplimiento de la gestión legal.

#### **2.2.1 Ambiente sano:**

“**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”

#### **2.2.2 Derecho a la naturaleza:**

“**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.”

### **Suelo:**

“**Art. 409.-** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.”

### **2.2.3 Biósfera, ecología urbana y energías alternativas:**

“**Art. 415.-** El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.”

### **2.2.4 Ministerio del Ambiente, Acuerdo ministerial N° 028**

#### **2.2.4.1 Suelo**

“**Art. 217** Calidad de Suelos. Para realizar una adecuada caracterización de éste componente en los estudios ambientales, así como un adecuado control, se deberán realizar muestreos y monitoreo siguiendo las metodologías establecidas en el Anexo II del presente Libro y demás normativa correspondiente.

La Autoridad Ambiental Competente y las entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, realizarán el control de la calidad del suelo de conformidad con las normas técnicas expedidas para el efecto.

Constituyen normas de calidad del suelo, características físico-químicas y biológicas que establecen la composición del suelo y lo hacen aceptable para garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población.”

“**Art. 218** Tratamiento de Suelos Contaminados. Se lo ejecuta por medio de procedimientos validados por la Autoridad Ambiental Competente y acorde a la norma técnica de suelos, de desechos peligrosos y demás normativa aplicable. Los sitios de disposición temporal de suelos contaminados deberán tener medidas preventivas eficientes para evitar la dispersión de los contaminantes al ambiente”.

“**Art. 219** Restricción. Se restringe toda actividad que afecte la estabilidad del suelo y pueda provocar su erosión.”

#### **2.2.4.2 Los sedimentos**

“**Art. 220** Calidad de los Sedimentos. Los sedimentos pueden ser de origen natural, tales como los existentes en el mar, los lechos de lagos y lagunas, ríos, quebradas y demás cuerpos hídricos, ya sean éstos de caudales permanentes o temporales; y los de origen industrial, como aquellos provenientes de plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento u otros

Para realizar la evaluación de la calidad ambiental mediante análisis de sedimentos se deberá aplicar muestreos y monitoreo de las áreas directamente influenciadas por la actividad regulada, siguiendo los protocolos que normen la Autoridad Ambiental y en el caso de no existir, siguiendo protocolos aceptados internacionalmente.”

“**Art. 221** Normas técnicas. La Autoridad Ambiental Nacional o las entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, expedirán normas técnicas de calidad de sedimentos, mediante la figura legal correspondiente.”

“**Art. 222** Evaluación, seguimiento y control. Sin perjuicio de la aplicación de los mecanismos de control establecidos en este Libro, la Autoridad Ambiental Nacional, evaluará y controlará la calidad ambiental por medio del análisis de sedimentos o dispondrá a los Sujetos de Control realicen los estudios pertinentes”.

#### **2.2.5 Normativas generales**

Los fundamentos legales para la planificación, construcción y evaluación del proyecto son las siguientes:

Normas MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

## Normas AASHTO para diseño de muros de confinamiento

- Pesos Volumétricos T-19
- Materia Orgánica (Arenas para Concreto) T-21
- Densidad T-84 y T-85
- Absorción T-84 y T-85
- Análisis Granulométrico de los Suelos T-88
- Límite líquido de los Suelos T-89
- Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos T-90
- Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base T-96
- Sanidad (Intemperismo con Sulfato de Sodio) T-104
- Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO M-145
- Adherencia Asfáltica (Agregado para mezcla Asfáltica) T-182
- CBR (California Bearing Ratio) T-193

Normas ASTM: Sociedad Americana para Ensayo de Materiales. La referencia básica para el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es ASTM D 2487.

- ASTM D 2166-06 — Suelos. Ensayo para determinar la resistencia a la compresión no confinada.
- ASTM D 6066 – 96 (2004) — Práctica estándar para determinar la resistencia de arenas a la 11 penetración normalizada, para evaluación del potencial de licuación.
- ASTM D 2487 Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería
- ASTM D 422 Ensayo para determinar la granulometría por tamizado e hidrómetro
- ASTM D 1556 Determinación de la masa unitaria en el terreno por el método del cono de arena.
- ASTM D2974 Determinación de la humedad, ceniza y materia orgánica.
- ASTM D 3080 Determinación de la resistencia al corte. Método de corte directo (CD).
- ASTM D2664 Determinación de la resistencia en rocas. Método de la compresión Triaxial.
- ASTM D 2435 Determinación de las propiedades de consolidación unidimensional.
- ASTM D854 Determinación de la densidad relativa de los sólidos.
- ASTM D 2850 Suelos cohesivos. Determinación de la resistencia. Método de compresión Triaxial.

- ASTM D1833 Ensayo de la relación de soporte. Suelos compactados.
- ASTM D3080-04 Ensayo de Corte Directo de Suelos en condiciones Consolidada drenada.
- ASTM D2166 Ensayo de Compresión no-confinada de suelos cohesivos.
- ASTM D2850 Ensayo de Compresión Triaxial no consolidado no drenado en suelos cohesivos.
- ASTM D4767 Ensayo de Compresión Triaxial consolidado no drenado en suelos cohesivos.
- ASTM D5777 Guía normalizada para el uso del método de sísmica de refracción para investigación del subsuelo.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC Geotecnia y Cimentación

Normas INEN, principalmente INEN 0685:82 a 0692:82.

- INEN 0685:82 Geotecnia: Mecánica de suelos. Terminología y simbología
- INEN 0686:82 Mecánica de suelos. Toma de muestras alteradas
- INEN 0687:82 Mecánica de suelos. Toma de muestras inalteradas
- INEN 0688:82 Mecánica de suelos. Preparación de muestras alteradas para ensayos
- INEN 0689:82 Mecánica de suelos. Ensayo de penetración estándar
- INEN 0690:82 Mecánica de suelos. Determinación del contenido de agua. Método del secado al horno
- INEN 0691:82 Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido método de casa grande
- INEN 0692:82 Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico

# CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3 Marco metodológico

#### 3.2 Metodología

Para la evaluación matemática de la construcción de un muro de confinamiento; se realiza el Método Inductivo, porque partimos de la observación, aplicando modelos establecidos para llegar a una conclusión general.

La evolución matemática seguirá un **enfoque cualitativo es el enfoque que utiliza la observación**, por cuanto se realiza recolección de datos de campo por medio de técnicas como la medición. Estas observaciones nos permiten comparar los resultados con respecto a los modelos ya establecidos, y realizar mediciones exactas en las diferentes características que se establecen para la construcción del muro de confinamiento que son: Corona, altura del muro, base del muro, taludes aguas a riba, taludes agua a bajo, dentellón y borde libre.

También se puede considerar que la investigación será tipo aplicada, porque en el objetivo general de la investigación, se comprobará la estabilidad y el diseño del muro de confinamiento, de manera correcta utilizando los diferentes tipos de materiales.

#### 3.3 Tipo de investigación

##### 3.3.1 Investigación Bibliográfica y documental

En la evaluación matemática aplicando modelos establecidos, es una investigación documental por que se realiza mediante documentos de cualquier índole relacionada al muro de confinamiento. La investigación bibliográfica en la que su principal información son los libros con las diferentes teorías de distintos autores, normas vigentes como AASHTO, MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas), documentos y artículos referentes a la construcción del muro de confinamiento, que sirven para poder determinar un pre diseño geométrico del mismo.

##### 3.3.2 Investigación de Campo

En primer lugar, se realiza una visita de campo al lugar de trabajo para observar su entorno, las condiciones del terreno, y planificar un levantamiento topográfico, analizar los tipos de suelos y con datos exactos obtenidos determinar un pre diseño del muro de confinamiento.

### **3.3.3 Investigación Experimental.**

Decimos investigación experimental por cuanto se debe realizar los estudios y la toma de muestras de los diferentes tipos de suelos para así poder determinarlos y utilizar su mecánica correcta de sus propiedades mediante ensayos de laboratorio C.B.R. a lo largo del muro de confinamiento.

- Análisis granulométrico
- Límite líquido
- Límite plástico
- Peso específico relativo de los sólidos
- Clasificación unificada de suelo SUCS
- Corte Directo
- Clasificación AASHTO
- Contenido de humedad natural
- Gravedad específica
- Ensayo al corte directo
- Calculo de capacidades portante del Suelo ( $q_u$ )

### **3.3.4 Investigación científica**

La exploración del suelo en el muro de confinamiento se realizó tres muestras en los Tramos I en la abscisa 0+220, Tramo II en la abscisa 1+100as Tramo III en la abscisa 0+640 con profundidades varadas de 0.80m cumpliendo las normas del MOP. Como podemos ver en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3

Los ensayos de suelo se realizaron en el Laboratorio de Suelos Geocimientos. (Ingeniería Civil Geotécnica y Ambiental) del Ing. Francisco Grau Sacoto, MSC, se puede determinar la Humedad Natural, Límite de Atterberg, Análisis Granulométrico, Ensayo de Compactación, Prueba de C:B:R

### **3.4 Enfoque de la Investigación**

Debido a la necesidad de confinar el material a dragar en el muelle 1D, es necesario enfocar la investigación a un carácter cualitativa, analítica, experimental y económica para la construcción del muro confinamiento.

Cualitativo porque se busca las características del suelo como clasifica, calificar y propiedades de los materiales a usarcé mediante ensayos de laboratorio.

Analítico se realiza un análisis numérico, mediante métodos geotécnicos se consigue calcular los Factores de seguridad de los muros de confinamiento.

Experimental porque se comprueba que, con lo cualitativo y analítico, convergen con las mediciones realizadas en campo.

Económico se puede comparar los costos con otras alternativas de muros de confinamiento.

### **3.5 Técnica e instrumentos**

Establecido el volumen de material a dragar en el muelle 1D y las áreas de maniobra de la empresa de Andipuerto, se solicita un área de acopio donde se va a construir un muro de confinamiento a la APG (Autoridad Portuaria de Guayaquil).

La cantidad a dragar se determina por medio de una batimetría, el cual se realiza con los equipos hidrográficos, Ecosonda que mide la profundidad, DGP diferencial que da la posición de los puntos y un programa hidrográfico (Hyapack) que unifica los datos del Ecosonda profundidad (Z), el DGPS norte y este (X, Y). Con estos datos se procede a elaborar un plano hidrográfico con los datos X, Y, y Z, con este plano y las profundidades de diseño del muelle 1D, se calcula el volumen a dragar.

Para el diseño del muro de confinamiento se considerar que, en el momento de dragar, la materia sufre una liberación en la que se considera un esponjamiento (arena 30%, limo el 50%), donde se debe tomar en cuenta en el cálculo de volumen.

Por último, se debe tomar en cuenta la cantidad de agua que es bombeada por la draga, para poder transportar el material (70% de agua, 30% de material), El agua que se encuentra en interior del muro de confinamiento es desalojada continuamente mediante un drenaje.

Con todas estas consideraciones y el área designada por APG, se procede a diseñar como primer punto la longitud, altura y el área del muro, lo que nos permite calcular el volumen de almacenamiento del dragado, ver Anexo 4 Plano topográfico

Los parámetros para el diseño y la evaluación del muro de confinamiento son los valores que se van a ser calculados, con las variables que influyen en el diseño.

C : Corona, parte superior del muro

BM : Base del Muro, parte inferior del muro donde se asienta la estructura.

- Hm : Altura del Muro, nivel máximo del muro de confinamiento
- AM : Área del Muro, figura geometría del muro de confinamiento
- AMC : Área Muro de Contención, Superficie del mura para el cálculo del volumen
- BL : Borde libre, espacio entre la corona y el nivel de agua.
- VM : Volumen del muro confinamiento

Las variables están dadas para poder determinar los diferentes parámetros de diseño y la evaluación del muro de confinamiento, dependiendo del tipo de material que se encuentre en el sitio esto puede ser arcilla, arena, cascajo y una mezcla de los materiales anteriores indicados.

- AT : Área del terreno que se va a utilizar
- LGM : Longitud Muro, longitud total del muro de confinamiento
- H : Altura del Agua, nivel máximo superior de agua
- CTN : Cota Terreno Natural, nivel del terreno natural antes de la construcción del muro de confinamiento.
- CP : Cota Proyecto, cota máxima del muro de confinamiento o cota final del muro
- ATAR : Angulo Aguas Arriba, se encuentra entre la base del muro y la pendiente interna del muro de confinamiento.
- ATAB : Angulo Aguas Abajo, se encuentra entre la base del muro y la pendiente externa del muro confinamiento.
- TAAR: Talud Aguas Arriba, es la pendiente interna del muro de confinamiento
- TAAB : Talud Aguas Abajo, es la pendiente externa del muro de confinamiento

Realizada la topografía, procedemos a ubicar el eje de del muro de confinamiento, en el que se puede obtener los datos necesarios para su diseño y evaluación por cada tipo material que se encuentra a lo largo del eje del muro de confinamiento ver Tabla 3:

Tabla 3  
Cuadro de la distancia y la tipo de material por tramos

TRAMO	ABSCISA	DISTANCIA	MATERIAL
I	0+000 A 0+340	340 m	Arcilla
	1+360 A 1+160	200 m	
II	1+160 A 0+900	260 m	Arena con Arcilla
III	0+900 A 0+340	560 m	Arcilla con Cascajo

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### 3.6 Elementos geométricos de Muro de Confinamiento

Con la topografía del terreno se obtiene los datos necesarios para el cálculo y diseño óptimo, tomando en cuenta que los cálculos se realizaron con las fórmulas descritas a continuación, como podemos ver en la Tabla 4 y la Figura 1

Tabla 4  
Datos para el cálculo del muro de confinamiento.

DATOS	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
COTA T. NATURAL (m)	3.37	3.35	3.35
COTA PROYECTÓ (m)	7.65	8.40	7.65
HM = ALTURA MURO (m)	4.28	5.05	4.30
LONGITUD PRIMER TRAMO (m)	575.00	260.00	560.00

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



Figura 1 Corte transversal del muro de confinamiento  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### 3.6.1 Corona

La corona de muros de confinamiento, terraplén y presas de tierra deben soportar varios factores entre ellos la mecánica del suelo, efectos del clima, sometida a grandes esfuerzos. Su espesor debe ser como mínimo de 50cm, esta capa debe ser más estable para el movimiento de maquinaria, vehículo y personas sobre ella.

“Varios autores opinan que no haya razón justificadora para que el ancho del coronamiento sea función de la altura. El mínimo de 3m es lo indispensable para permita el acceso de vehículos para tareas de mantenimiento.” (Espinosa, 2010, pág. 189).

Entre mayor corona mayor estabilidad del muro de confinamiento, terraplén y presas de tierra, con esto podemos citar diferentes formulaciones como podemos ver en la Tabla 5 y Tabla 6:

Tabla 5  
Datos geométricos del muro de confinamiento

DATOS	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
COTA T. NATURAL (m)	3.37	3.35	3.65
COTA PROYECTÓ (m)	7.65	8.40	7.65
HM = ALTURA MURO (m)	4.28	5.05	4.00
ANCHO DE LA CORONA (m) Bc	4.93	6.03	4.53

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tabla 6  
Fórmulas de diferentes autores para el cálculo de la corona

AUTOR	FORMULA	TRAMO I (m)	TRAMO II (m)	TRAMO III (m)
<b>Normas técnicas Mexicanas</b>	$B_c = 2 + 0.1 (H)$	2.43	2.41	2.31
<b>Knappen</b>	$B_c = 1.65 * H^{1/2}$	3.41	3.34	2.89
<b>Preece</b>	$B_c = 1 + 1.1H^{1/2}$	3.28	3.22	2.92
<b>Codigo Japonés</b>	$B_c = (3.6 * H^{0.33}) - 3$	2.82	2.73	2.21
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2.99</b>	<b>2.93</b>	<b>2.58</b>

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### 3.6.2 Borde libre

Es la distancia entre el nivel superior máximo que puede llenarse y la corona donde la altura de la carga ( $H_d$ ) de diseño es la altura que tiene entre la cota superior (corona) y la altura del drenaje para alivianara el exeso de agua en el muro de confinamiento es igual a 0.7m.

“L.B. = Libre Borde, que para bordes de este tipo se recomienda que no sea menor a 0.5m” (Dr. Fernández Rynoso, Dr. Martínez Menes, Ing. Mendoza González, Ing. Medina Martínez, & ing. Sales Martínez, 2012, pág. 3)

### 3.6.3 Altura del muro

$H$  = Altura máxima de diseño (m).

$H'$  = Distancia vertical entre las elevaciones de la sección de control o vertedor y el fondo del cauce del arroyo (m).  $H_d$  = Altura de la carga de diseño del vertedor (m).

L.B. = Libre Bordo, que para bordos de este tipo se recomienda que no sea menos de 0.5m. (Dr. Fernández Rynoso, Dr. Martínez Menes, Ing. Mendoza González, Ing. Medina Martínez, & ing. Sales Martínez, 2012, pág. 3), ver Figura 2.

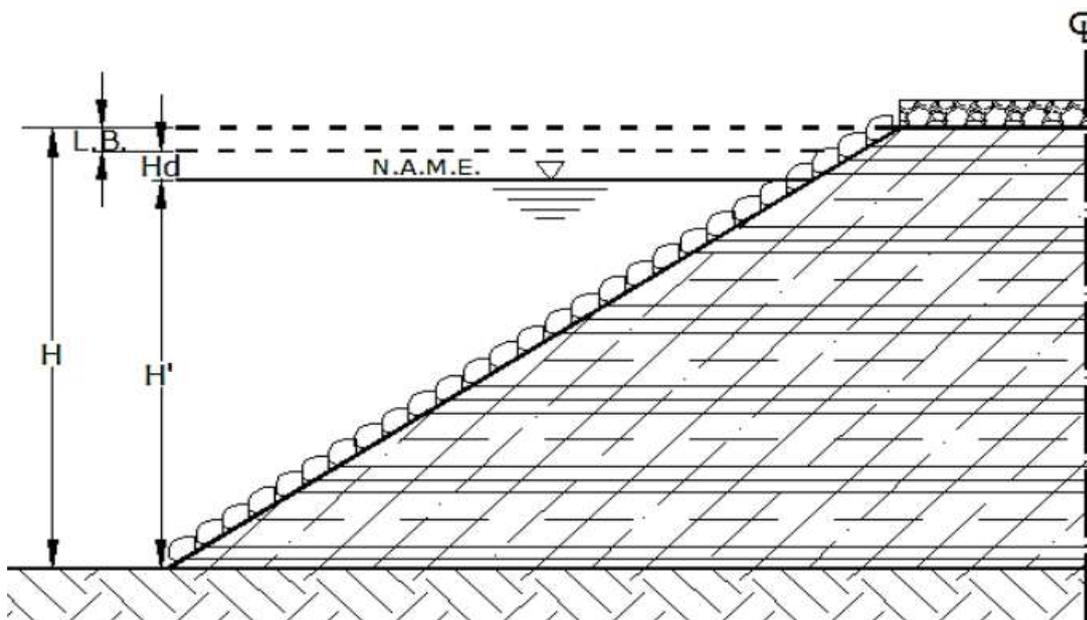


Figura 2 Distancia vertical de la altura el muro de confinamiento

Fuente: (Dr. Fernández Rynoso, Dr. Martínez Menes, Ing. Mendoza González, Ing. Medina Martínez, & ing. Sales Martínez, 2012)

$H$  = Cota terrenatural – Cota Proyecto

$H = 7.70\text{m} - 3.42\text{m} = 4.28\text{m}$

$$H' = 4.28\text{m} - 0.7\text{m} = 3.58\text{m}$$

$$H_d = 0.7\text{m} - 0.5\text{m} = 0.20\text{m}$$

$$L.B. = 0.5\text{m} \text{ (no sea menor)}$$

### 3.6.4 Talud

Los taludes son superficies inclinadas con respecto a la horizontal de la base del muro de confinamiento, sus componentes principales que intervienen en un talud esta la altura (H) del muro desde el terreno natural hasta la parte superior la corona, el pie del muro (P) es la interacción entre la horizontal y la pendiente del muro, la pendiente es la inclinación del talud (hipotenusa entre la altura del muro y parte de la base).

Se pueden medirse de tres formas:

- En grados: 30°, 45°, 60°
- En Porcentajes: 30%, 45%, 100%
- En relación de distancia: 1.72H:1V, 1H:1V, 0.57H:1V Como se puede ver en la Tabla 7.

Tabla 7

Taludes agua arriba y aguas abajo (Ing. Suarez Díaz, 2014, pág. 52)

ALTURA (m)	TALUD			
	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
5	2.00	H: 1 V	1.50	H: 1 V
5 A 10	2.50	H: 1 V	2.00	H: 1 V
12 A 15	2.75	H: 1 V	2.50	H: 1 V
20 A 30	3.00	H: 1 V	2.50	H: 1 V

Fuente: Ing. Suarez Díaz

#### 3.6.4.1 Talud Aguas arriba

“Según ensayos en modelo realizado en la US Army Engineer Waterways Experiment Station de Vicksburg, esta fórmula da resultados conservadores para taludes 1V:1.25 H, está de acuerdo con los resultados experimentales taludes de 1V:1.5H a 1V:2H.” (Sandoval Erazo, 2018, pág. 192)

#### 3.6.4.2 Talud aguas abajo

Conceptualmente el talud de aguas abajo corresponde a un cuerpo de material suelto que está resistiendo el empuje hidrostático del agua acumulada en el embalse, de modo que su

cara expuesta tendrá la inclinación que resulte del grado de seguridad admitido con respecto al deslizamiento potencial de tierra que pudiere afectar, por lo cual la protección superficial del paramento estar relacionado con el escurrimiento de aguas de las precipitaciones locales. (Espinosa, 2010, pág. 193)

### **3.6.5 Dentellón**

Se encuentra ubicada por debajo del muro de confinamiento, su principal función es de atraque evitando el movimiento o arrastre del mismo, estabilizador e impermeable en su base evitando filtraciones entre el dragado y cimiento.

El ancho del dentellón es igual al ancho de la corona; y en el caso de su profundidad, cuando el terreno donde se funda es impermeable está sujeto a la profundidad de eliminar materiales indeseables como materia orgánica, en este caso se considera una profundidad mínima del dentellón de 0.50m. Cuando la cimentación es permeable la profundidad del dentellón se puede ahondar hasta encontrar un estrato impermeable (Ing. Morante Soto, 2018, pág. 30).

$B_d$  = Ancho del dentellón

$B_c$  = Ancho de la corina

$B_d = B_c$

$d$  = profundidad de la zanja del dentellón (mínimo 0.5cm)

### **3.6.6 Base del Muro**

La base del muro está compuesta por suma de las distancias de la corona, la horizontal de las distancias horizontales de los taludes aguas arriba y aguas abajo

## **3.7 Identificación de Alternativa**

En la construcción de un muro de confinamiento para el material dragado (arena o limo), se puede construir con diferentes tipos de materiales, como material de cascajo importado, muro con material de préstamo del sitio y un muro con Geotubos rellenos con material (limo o arena), cada muro tiene su propio diseño, su especificación técnica y características de construcción, por lo que se realizara una breve descripción de cada muro

### 3.6.1 Muro con Material de Cascajo Importado

El muro de confinamiento se realiza con material de cascajo importado, en áreas sin problemas para su construcción, su transporte del material (cantera al sitio de construcción) y su equipo de construcción.

Este tipo de muros lo realiza con frecuencia el Servicio de Dragas de la Armada del Ecuador, para el relleno hidráulico que confina el material, como podemos citar en los proyectos Babahoyo sector Barreiro en el año 1981 hasta 2016, Suburbio de Machala en el año 1993 hasta 2008 y Guayaquil en el Relleno Hidráulico de la Isla Trinitaria en el año 1992-1993.

Para su diseño y ejecución se debe realizar las siguientes consideraciones:

- Toma de muestras del material (cascajo) de diferentes canteras, por un laboratorio de suelos.
- El laboratorio de suelos, con las muestras de material debe verificar la resistencia del material, el peso específico, cohesión, Angulo de fricción, limite líquido, limite plástico, su cortante, compactación del material, la humedad, etc.
- Con los resultados el laboratorio de suelo definirá que cantera tiene el mejor material de cascajo para el muro de confinamiento. Como podemos ver en la Figura 3
- Determinando la cantera y el material que se va a utilizar, se realizaran el diseño del muro, su especificación técnica, cuantificación del material y su costo.



*Figura 3 Muro con material de cascajo importado con volquetas*

Fuente: Servicio de Dragas

En su diseño se tomará en cuenta el nivel máximo de inundación histórico en épocas de invierno en el sector que se va a construir el muro de confinamiento para el relleno hidráulico.

Con el nivel máximo inundación podemos determinar la cota del muro que será su nivel máximo de agua más 0.50m de borde libre el cual será su altura del muro.

La corona del muro de confinamiento, según varios autores se debe tomar en consideración:

- APPEN  $B = 13.65 * H/2$
- PRUSBR.  $B = 3 + H/5$
- KNEECE  $B = 1 + (1.1 * H/2)$

Con los resultados obtenidos por el laboratorio de suelos determinara el talud de aguas arriba (interior del muro) y Talud aguas abajo (exterior del muro).

Para la determinar la distancia de la base del muro de confinamiento se tomará en cuenta la corona más la horizontal que forma el talud con la base aguas arriba y aguas abajo, con esto se determina la cantidad de material para su construcción.

Este muro no contiene dentellón por cuanto esta estructura trabaja por su propio peso, la infiltración de agua del talud aguas arriba hacia aguas abajo es bastante considerado ya que no contienen muchos finos. A pesar de tener espacios entre material la infiltración cada vez es menor por cuanto el relleno hidráulico con material de arena o limo ocupan los espacios vacíos que hay entre material del muro.

### **3.6.2 Muro confinamiento o represas de tierra.**

El muro confinamiento de tierra con material de préstamos del sitio, también llamada presas de tierra, que sirven para represar una cierta cantidad de agua de un río. Existen dos tipos de represa: la que es construida con hormigón armado y con material del sitio como arcilla y cascajo. Este tipo muro de tierra utiliza técnicas de construcción más antiguas.

Los muros con tierra están contruidos en su núcleo con material arcilloso que garantiza la estanqueidad (impermeabilidad) apoyados con espaldones (pantallas aguas arriba y aguas abajo) con materiales más permeables que son más resistentes que los materiales arcillosos, con esto se pueden construir taludes con mayor pendiente.

En el caso de la pantalla aguas arriba, su resistencia está garantizada por el revestimiento de Rip-Rap (piedra) que impide el desgaste o el derrumbamiento del material por el movimiento de olas del agua.

En referencia a este tipo de muros de tierra podemos indicar que está construida en el Río Grande en el Cantón Chone, la presa de tierra del Proyecto de Propósito Múltiple Chone Ecuador. Como podemos ver en la Figura 4



*Figura 4 Presa de tierra en el Río Grande en el Cantón Chone*

Fuente: Proyecto de Propósito Múltiple Chone

### **3.6.3. Muro con Geotubos**

Por la dificultad de ingresar y ejecutar trabajos, para la construcción de un muro de confinamiento en lugares no accesibles, para maquinaria pesada ni el transporte de material de construcción (cascajo), debido a que el área donde se ejecutará la obra puede ser en una isla, esteros, mar y en un río, es necesario construir muros de confinamiento mediante Geotubos.

En referencia a este tipo de muros podemos referirnos a muro de confinamiento que estas realizando el Servicio de Dragas de la Armada (SERDRA) en el Islote del Palmar en el Río Guayas desde el año 2017 al 2018, el cual se está utilizando muros con Geotubos para el relleno hidráulico, que servirá para la conformación de la Isla El Palmar en el cual se realizará un proyecto turístico para la ciudad de Guayaquil.

Para su diseño y ejecución se debe realizar las siguientes consideraciones

- Ubicado el proyecto en un lugar inaccesible es necesario realizar pruebas del material con un laboratorio de suelos, para verificar la resistencia del suelo para soportar el peso del muro de confinamiento con Geotubos.
- Con los resultados del laboratorio podemos diseñar que tipo y tamaño de Geotubo podemos utilizar en la construcción del muro de confinamiento
- Con el tipo de Geotubo se puede realizar las especificaciones técnicas, diseño del muro, metodología, cuantificación del material y su costo. Como podemos ver en la Figura 5.



*Figura 5 Muro con Geotubos Isla el Palmar*  
Fuente: Servicio de Dragas

En su diseño se tomará en cuenta el nivel máximo de inundación histórico en épocas de invierno en el sector que se va a construir el muro de confinamiento con Geotubo para el relleno hidráulico.

El diseño de Geotubo se tomó en consideración el material con que se va a rellenar, este puede ser arena o limo. Se rellena los Geotubos utilizando una draga pequeña donde ingresa 70% de agua y 30% de material hasta que el Geotubo se rellene de material y no contenga agua, para luego sellarlos

Su colocación es de abajo hacia arriba dependiendo de la resistencia del suelo y la cantidad de Geotubos que se utilice hasta llegar a la cota de proyecto. Esto recomienda los distribuidores de GeoSintéticos Pivaltec S.A.

### 3.8 Análisis de resultados

Luego de realizar los diseños y cálculos geométricos del muro de confinamiento con material de sitio, se realiza la evaluación comparativa entre la ejecución de un muro de confinamiento con material importado (cascajo) y un muro de confinamiento con Geotubos.

#### 3.8.1 Análisis comparativo en lo constructivo

Los muros de confinamiento tienen la función de retener o almacenar material dragado, que es el producto de la sustracción de material del muelle 1D de Andipuerto para profundizar y tener mejor calado para el ingreso de buques.

Tabla 8

Cuadro comparativo en su geometría de los diferentes materiales.

MURO	CORONA	TALUDES AGUAS		DENTELLON	BORDE LIBRE	PROTEC.
		ARRIBA	ABAJO			
IMPORTADO CASCAJO	3.5m	NATURAL 1V: 1 H	NATURAL 1V: 1 H	---	0.5 m	---
GEOTUBO	4m	1V: 1 H	1V: 1 H	---	0.5 m	---
MATERIA DEL SITIO	3.5m	1V: 1.72 H	1V: 1.72H	ANCHO 3m PROF. 1.30m	0.5 m	GEO- TEXTIL

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

En la Tabla 8 podemos analizar y compara semejanzas geométricamente la construcción de un muro de confinamiento. En el muro con material importada y el muro con material de sitio podemos determinar que sus coronas son similares de acuerdo a la formulas ya conocidas, pero el muro con Geotubo, su corona vería de acuerdo al diámetro del Geotubo, esto pudiendo ser de 2m, 4m, 6m o más.

Su conformación de los taludes Aguas Arriba y Aguas Abajo podemos analizar que los muros con material importado y muros con Geotubos sus taludes son naturales (1H:1V) y el muro con material del sitio debe considerar que en taludes aguas arriba 1V:2H y aguas abajo 1V:1.5H de acuerdo a los diferentes autores, como podemos ver en la Tabla 3.13

En la construcción de los muros con material importado y muros con Geotubos no se construye dentellón ya que su propio peso estabiliza el muro a todo esto existe infiltración de

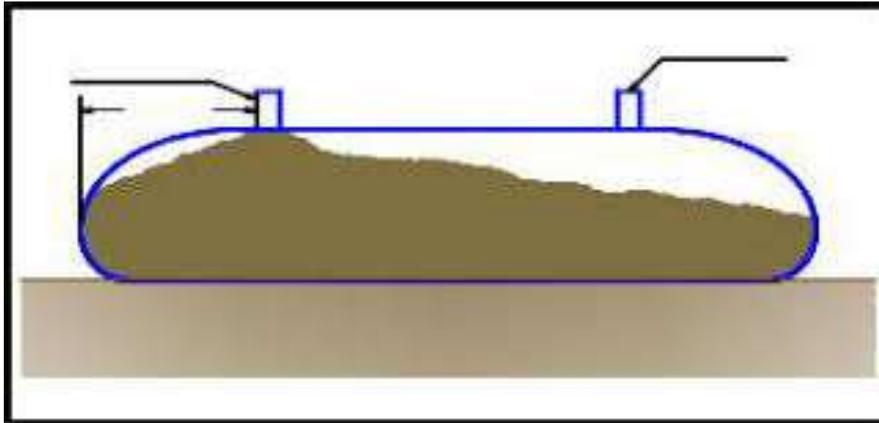
agua por el muro. El muro con material de sitio se construye dentellón que sirven para estabilizar e impermeabilizar el muro de confinamiento, impidiendo la salida de agua.

Es el borde libre los tres muros se considera 0.5m como podemos ver en: L.B. = Libre Bordo, que para bordos de este tipo se recomienda que no sea menos de 0.5m. (Dr. Fernández Rynoso, Dr. Martínez Menes, Ing. Mendoza González, Ing. Medina Martínez, & Ing. Sales Martínez, 2012, pág. 3)

En la construcción de los muros con material importado y muros con Geotubos no se realiza protección en el talud de aguas arriba ya que los materiales de construcción por su peso y tamaño no necesitan protección, en cambio el muro con material de sitio es necesario proteger el talud aguas arriba por que los materiales son finos y de poco tamaño (Arena, Arcilla, Limo y Grava), con el movimiento del agua y olas pequeñas producidas por el viento, socaban las paredes del muro, lo que producen desestabilización para luego producir derrumbes en el muro por esta razón se utiliza Geotextil NT 2000 para proteger el muro de confinamiento con material de sitio,

La colocación Geotextil NT 2000 representa la colocación de una capa de Rip-Rap, que tienen la función de proteger los taludes a acciones de olas y vientos.

En la forma constructiva el muro de Geotubos es diferente a los demás muros en su forma constructiva, consiste en rellenar los Geotubos (material geosintético) con la mezcla de agua con sólido (arena o limo), el Geotubo contiene dos orificios, uno de ellos ingresa la mezcla del material y por el otro surge el líquido dejando dentro del Geotubo el sólido para luego sellar los dos orificios este procedimiento se realiza hasta llegar a la altura del corona con su respectivo talud natural, como se puede ver en la Figura 6, en relación con los muros importados y con material de sitio se realiza los trabajos equipos pesado en la que se construye capas de 50cm de espesor y compactadas con rodillo o por el movimiento del equipo pesado (Tractor D6, D8) que sirve para compactar por medio de su propio peso, hasta llegara a la altura de la corona diseñada con sus respectivos taludes aguas arriba y aguas abajo, como podemos ver en la Figura 7.



*Figura 6 Diseño de Geotubo*

Fuente: <https://edoc.site/39guia-uso-y-diseo-de-geotubosedicion2-pdf-free.html>



*Figura 7 Proyecto Babahoyo 2010 realizado por el Servicio de Dragas*

Fuente: SERDRA

### **3.8.2 Análisis comparativo en lo económico**

Con respecto a su análisis económico, podemos establecer una comparación entre el muro de confinamiento con material importado, muro con Geotubo y un muro con material de sitio, primero se debe realizar un análisis constructivo, partiendo de la longitud (m), su sección (m<sup>2</sup>), la altura (m) y el volumen (m<sup>3</sup>) que se realizó, para poder determinar:

- El tiempo de ejecución
- Su rendimiento
- Precio Unitario en m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> o ml
- Su costo por muro de confinamiento.

Como podemos analizar partiendo de tal Tabla 9 los diferentes resultados obtenidos en las cantidades de obra, los rendimientos, tiempos de ejecución, los materiales transporte y los precios unitarios, según la construcción del muro de confinamiento.

*Tabla 9*  
*Comparación de precios unitarios*

TIPO DE MURO	MURO DE CONFINAMIENTO					Tiempo		Rend.	Precio	Costo
	Longitud	Altura	Área	Volumen	Long.Geo	Días	Horas		Unitario	Total
	ml	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	ml				USD \$	
Material del Sitio	1395	4.00	43.00	59,788		75	600	0.010	2	119576.9
Geotextil N2000	1395	16.77	23394.2			20	160	0.007	1.63	38132.46
<b>TOTAL MURO CONFINAMIENTO CON MATERIAL DEL SITIO :</b>										<b>157709.4</b>
Geotubo	1395	4.00	43.00		4,185	75	600	0.143	119.8	501363.0
Material										
Importado	1395	4.00	43.00	59,788		90	720	0.012	10.17	608048.7
Cascajo										

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

En primer lugar, tenemos el muro de confinamiento con material de sitio es el más conveniente en su parte económico y su tiempo de ejecución, tomando en cuenta que la construcción de este tipo de muro de confinamiento se puede realizar en partes inaccesibles ya sea en islas, esteros y terrenos que no tenga vías de comunicación para transportar el material que representa más del 64% (material y transporte) de su Costo por 1 m<sup>3</sup>.

En segundo lugar, tenemos el muro de confinamiento con Geotubos en su parte económico y tiempo de ejecución, tomando en cuenta que la construcción de este tipo de muro de confinamiento con Geotubos a igual al muro de confinamiento con material de sitio se puede realizar en partes inaccesibles ya sea en islas, esteros y terrenos que no tenga vías de comunicación, en su costo se incrementa en un 318% con respecto al muro confinamiento con material de sitio.

En tercer lugar, tenemos el muro de confinamiento con material importado (cascajo) en su parte económico es muy elevado por su coste del material con su transporte y el tiempo de ejecución es mayor, tomando en cuenta que la construcción de este tipo de muro de confinamiento se realiza solo en lugares accesibles, en su costo se incrementa en un 386% con respecto al muro confinamiento con material de sitio.

### **3.7.2.1 Muro de confinamiento con material de sitio.**

En su análisis económico para la construcción del muro de confinamiento de 1395ml, es importante recalcar que la materia prima es arcilla, arena y cascajo lo cual se obtiene del mismo sitio, donde se va a construir el muro, por este motivo en el análisis de precio unitario no se incluye el costo del material ni transporte del mismo.

Para construir el muro de confinamiento de 1395m y una altura de promedio de 4m es necesario la utilización de equipo pesado como tractor D6, excavadora, rodillo y equipo topográfico que representa un rendimiento de 0.01 en un tiempo de 75 días con 8 horas diarias de trabajo que son 600 horas

En su análisis de precio unitario que es de 2 dólares el m<sup>3</sup> lo que incluye, la confrontación del muro, realizando capas de 0.5m y compactada en cada una de ellas, no fue necesario la hidratación por cuanto el material estaba húmedo porque se construyó en el mes de mayo en épocas lluviosa, adicional en el sector del muro de confinamiento el nivel freático estaba a cota +2, cada vez que la marea subía se podía apreciar el agua en el terreno. Como podemos ver en la Tabla 10

Tabla 10  
Precio Unitario para la colocación con material del sitio



Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: DRAGADO MUELLE 1D ANDIPIERTO  
FECHA: 01 Mayo del 2017 UNIDAD: m3  
RUBRO: MURO DE CONFINAMIENTO CON MATERIAL DE SITIO RENDIMIENTO: 0.010

EQUIPOS (M)					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor 5% M/O					0.005
Tractor D6	2	40	80	0.010	0.803
Excavadora	1	40	40	0.010	0.401
Rodillo	1	40	40	0.010	0.401
Equipo Topográfico	1	3.13	3.13	0.010	0.031
<b>SUBTOTAL (M)</b>					1.642
MANO DE OBRA (N)					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Topógrafo	1	3.57	3.57	0.010	0.036
Cadenero	1	3.22	3.22	0.010	0.032
Peon-	1	3.22	3.22	0.010	0.032
<b>SUBTOTAL (N)</b>					0.100
MATERIALES (O)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					0
TRANSPORTE (P)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 1.74
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15%					\$ 0.26
COSTO TOTAL DEL ROBO:					\$ 2.00
VALOR OFERTA					\$ 2.00

ESTANISLAO TAPIA SOLÓRZANO

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

+

Con este tipo de material es necesario realizar la protección en el talud aguas arriba, para evitar desmoronamiento del talud debido a la presencia de agua que ingresa por el dragado que contiene un 70 % de agua y un 30% de material dragado, a esto se suma el movimiento de olas producidas por el viento, para su protección se puede utilizar **Rip-Rap** material rocoso que protege los taludes o **Geotextil N2000** no tejido que es un producto Geocintético que ase la función de proteger el talud donde permite filtrar el agua a la paredes del talud pero mantiene el material fino, de esta forma no se produce desmoronamientos.

En su análisis de precio unitario que es de 1.63 dólares el m<sup>2</sup>, en el que incluye, la colocación de 23.388,56 m<sup>2</sup> de geotextil N2000 no tejido, el equipo pesado como Retro excavadora, mini cargadores y equipo topográfico, materiales y el personal, que representa un rendimiento de 0.048 en un tiempo de 15 días con 8 horas diarias de trabajo que son 112 horas. Como podemos ver en la Tabla 11

Tabla 11  
 Precio Unitario para la colocación del Geotextil N2000 no tejido



Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil  
 FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
 CARRERA: INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: DRAGADO MUELLE 1D ANDIPUERTO  
 FECHA: 01 Mayo del 2017  
 RUBRO: COLOCACIÓN GEOTEXTIL N2000  
 UNIDAD: m2  
 RENDIMIENTO: 0.0048

EQUIPOS (M)					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor 5% M/O					0.005
Retro excavadora	1	20	20	0.005	0.096
Mini excavadora	1	20	20	0.005	0.096
Equipo Topográfico	1	3	3	0.005	0.014
<b>SUBTOTAL (M)</b>					0.211
MANO DE OBRA (N)					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de obra	0.5	3.57	1.785	0.005	0.009
Topógrafo	1	3.57	3.57	0.005	0.017
Cadenero	1	3.22	3.22	0.005	0.015
Peon	4	3.22	12.88	0.005	0.062
<b>SUBTOTAL (N)</b>					0.103
MATERIALES (O)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Geotextil N2000 no tejido	1	1	1	1	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					1
TRANSPORTE (P)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Transporte	km	1000	0.0001	0.100	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					\$ 1.41
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15%</b>					\$ 0.21
<b>COSTO TOTAL DEL ROBRRO:</b>					\$ 1.63
<b>VALOR OFERTA</b>					\$ 1.63

ESTANISLAO TAPIA SOLÓRZANO

Elaborado por Tapia Solórzano E.ano (2018)

### **3.7.2.2. Muro de confinamiento con Geotubo**

En su análisis económico para la construcción del muro de confinamiento, se utilizará Geotubo de 12m largo por 2.5m de ancho y 1.5 metro de alto, es importante recalcar que la materia prima para rellenar los Geotubos es arena o limó, que se obtiene de los ríos y playas, donde se va a construir el muro, por este motivo en el análisis de precio unitario no se incluye el costo del material (arena o limo) ni transporte del mismo.

Para construir el muro de confinamiento de 1395m y una altura de 4.5m es necesario la utilización de una draga de 8” que representa un rendimiento de 0.331 en un tiempo de 75 días con 8 horas diarias de trabajo que son 600 horas

En su análisis de precio unitario que es de 119.80 dólares el metro lineal, esto representa la confrontación de 4185ml, representado 3 pisos de tubos, que es 4.5m de alto, como se puede apreciar en la Tabla 12 el Precio Unitario Muro de Confinamiento con Geotubo, el desarrollo de la maquinaria, mano de obra, material y transporte.

Tabla 12  
Precio Unitario para la colocación de Geotubos



Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: DRAGADO MUELLE 1D ANDIPIERTO  
FECHA: 01 Mayo del 2017  
RUBRO: MURO DE CONFINAMIENTO CON GEOTUBO H = 1.50 M UNIDAD: ml RENDIMIENTO: 0.331

<b>EQUIPOS (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O					0.651
Maquina cosedora	2	50	10	0.331	3.309
DRAGA 8"	1	80	80	0.331	26.468
<b>SUBTOTAL (M)</b>					30.427
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Inspector de Obra	1	3.57	3.57	0.331	1.181
Maestro	1	3.57	3.57	0.331	1.181
Peon	8	3.22	25.76	0.331	8.523
Marinero	2	3.22	6.44	0.331	2.131
<b>SUBTOTAL (N)</b>					13.016
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Mangas de conexión, boquillas, amarras	Global	1	18	18	
Geotubo de alto modulo	m2	10.8	3.6	38.88	
Hilo de costura	ml	2.2	1.7	3.74	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					60.62
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Transporte de Geotubo	Km	5580	0.000021	0.117	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					0.117
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					\$ 104.18
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15%</b>					\$ 15.63
<b>COSTO TOTAL DEL ROBRO:</b>					\$ 119.81
<b>VALOR OFERTA</b>					\$ 119.80

ESTANISLAO TAPIA SOLÓRZANO

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### **3.7.2.3. Muro de confinamiento con material Importado (cascajo)**

En su análisis económico para la construcción del muro de confinamiento, es importante la clasificación del material en la cantea con la prueba de protón del material, por este motivo en el análisis de precio unitario se incluye el costo del material y el transporte del mismo.

Para construir el muro de confinamiento de 1395m y una altura de 4m es necesario la utilización de equipo pesado como tractor D6, tanquero, rodillo y equipo topográfico que representa un rendimiento de 0.012 en un tiempo de 90 días con 8 horas diarias de trabajo que son 720 horas

En su análisis de precio unitario que es de 10.17 dólares el m<sup>3</sup> lo que incluye, el tendido, confrontación del material en capas de 0.5m, en este caso para su construcción es necesario la hidratación del material.

En este tipo de construcción del muro de confinamiento no es necesario la colocación del geotextil ni Rip-Rap por cuanto que el material es grueso y pesado y su filtración es normal, pero con la llegada del material dragado (limo), a la pared del talud de aguas arriba, se sella produciendo una capa de impermeabilización.

Como se puede apreciar en la Tabla 13 el Precio Unitario Muro de Confinamiento con Material Importado (cascajo), el desarrollo de la maquinaria, mano de obra, material y transporte.

Tabla 13  
 Precio Unitario para la colocación material importado (cascajo)



**Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: DRAGADO MUELLE 1D ANDIPIERTO  
 FECHA: 01 Mayo del 2017  
 RUBRO: MURO DE CONFINAMIENTO CON MATERIAL IMPORTADO  
 UNIDAD: m3  
 RENDIMIENTO: 0.012

<b>EQUIPOS (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor 5% M/O					0.010
Tractor D6	2	50	100	0.012	1.204
Rodillo	1	40	40	0.012	0.482
Tanquero	1	25	25	0.012	0.301
Equipo Topográfico	1	3.13	3.13	0.012	0.038
<b>SUBTOTAL (M)</b>					2.035
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Topógrafo	1	3.57	3.57	0.012	0.043
Maestro	1	3.57	3.57	0.012	0.043
Cadenero	1	3.22	3.22	0.012	0.039
Peon	2	3.22	6.44	0.012	0.078
<b>SUBTOTAL (N)</b>					0.202
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Material Cascajo	m3	1.3	2.2	2.86	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					2.86
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Volqueta	Km	15	0.25	3.750	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					3.750
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					\$ 8.85
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15%</b>					\$ 1.33
<b>COSTO TOTAL DEL ROBR0:</b>					\$ 10.17
<b>VALOR OFERTA</b>					\$ 10.17

ESTANISLAO TAPIA SOLÓRZANO

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

# CAPÍTULO IV

## PROPUESTA TÉCNICA

### 4 Propuesta

Con la necesidad de almacenamiento del material dragado del Muelle 1D de Andipuerto, la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) determina el lugar donde se realiza el área de depósito de los materiales de dragado. Identificado el lugar designado por APG, donde se construirá el muro de confinamiento, tal como se muestra en la Figura 8:



Figura 8 Ubicación del área muro de confinamiento.  
Fuente: (Google Earth, 2018)

Para la construcción del muro de confinamiento se presenta tres alternativas:

- Muro de confinamiento con material de sitio.
- Muro de confinamiento con material Importado (cascajo)
- Muro de confinamiento con Geotubo

Entre las alternativas, el muro de confinamiento con material de sitio se presenta como la mejor alternativa de construcción por su costo y su tiempo de construcción.

#### 4.2 Control Geodésico y Levantamiento Topográfico

Para el control geodésico y posicionamiento de los puntos principales se emplearán vértices determinados por el IGM que están enlazados al Sistema de Referencia Geocéntrico

para América del Sur (SIRGAS), el mismo que en nuestro país es administrado por el Instituto Geográfico Militar IGM o el Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR, partiendo de una placa conocida con su respectiva memoria técnica como indica en la Figura 9

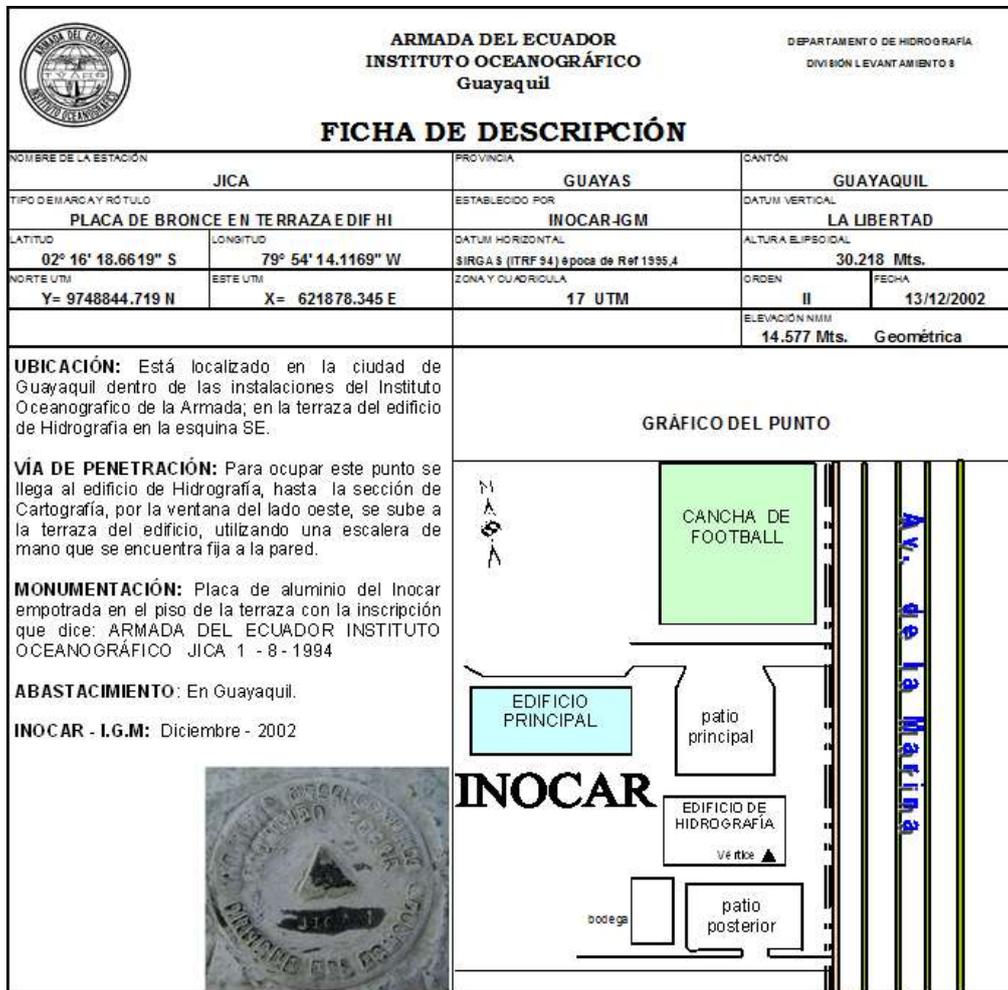


Figura 9 Memoria técnica de la placa INOCAR

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

Con esta placa del INOCAR se iniciaron los trabajos de topografía colocando dos puntos de apoyo GV1 y GV2 cerca de área de construcción en la Calle P como podemos ver y determinar en la Tabla 14.

Tabla 14  
Puntos de partida para la topografía

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
GV 1	622,419.58	9,748,284.61	3.240
GV 2	622,389.53	9,748,490.08	3.735

Fuente: Estanislao Tapia Solórzano (2018)

El levantamiento topográfico se utilizó una Estación Total MTS 602R, la misma que almacena los datos recogidos en la medición en una memoria interna, dicha información se la descarga a un computador para su posterior procesamiento. Las especificaciones de la Estación Total que se utilizó se indican en la Tabla 15 y Figura 10 que está a continuación:

*Tabla 15*  
*Especificaciones Técnicas Estación Total MTS 602R*

<b>Parámetros</b>	<b>Especificaciones</b>
Precisión	2 segundos
Resolución en Pantalla	0.5 Segundo
Alcance con tarjeta reflectora	120 metros
Alcance con 1 prisma	2300 metros
Alcance con 3 prismas	8800 metros
Precisión en distancia	$\pm (2\text{mm}+2\text{ppm.D})$
Aumentos del visor	30X
Enfoque mínimo	1.3 metros
Plomada óptica	3X
Precisión en plomada óptica	0.1 mm
Puerto de salida	RS-232
Compensador	Doble Eje
Pantalla LCD	Dos
Memoria Interna	24,000 puntos

Fuente Estanislao Tapia Solórzano (2018)



*Figura 10 Equipo Estación Total MTS 602R*

Fuente: Equipo de Estanislao Tapia Solórzano (2018)

Con los dos puntos de partida ya establecidos se realiza el levantamiento topográfico inicial, desde la calle P a 560m al interior y un ancho de 280m, una vez determinado el área a utilizar, se procede al levantamiento del eje del muro partiendo de la Abscisa 0+000 hasta la abscisa 1+395 en un ancho 30m cada 10m. Como indica en la Tabla 16, las Figuras 11, Figura 12 y Figura 13

*Tabla 16*  
*Poligonal del eje del muro de confinamiento.*

PUNTO	ESTE	NORTE	PUNTO	ESTE	NORTE
1	622,368.12	9,748,422.29	13	622,019.87	9,748,401.03
2	622,383.81	9,748,366.21	14	621,985.13	9,748,427.93
3	622,390.45	9,748,336.12	15	621,992.56	9,748,441.45
4	622,398.49	9,748,297.80	16	622,048.92	9,748,514.10
5	622,412.90	9,748,231.06	17	622,075.77	9,748,551.60
6	622,426.60	9,748,171.84	18	622,124.80	9,748,614.54
7	622,430.29	9,748,133.12	19	622,196.22	9,748,557.33
8	622,406.33	9,748,145.11	20	622,248.47	9,748,516.54
9	622,366.59	9,748,169.27	21	622,317.16	9,748,462.97
10	622,350.13	9,748,150.56	22	622,358.84	9,748,430.88
11	622,189.29	9,748,269.61	23	622,368.12	9,748,422.29
12	622,115.94	9,748,326.44			

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 11 Terreno natural*  
Elaborado por Tapia Solórzano E.zano (2018)



*Figura 12 Trazado de eje*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 13 Nivelación del terreno*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

El trabajo previo a los Eje del muro de confinamiento es necesario el desbroce del Terreno y la eliminación de la capa de tierra vegetal.

#### **4.3 Material encontrado en el área.**

Para la construcción del muro de confinamiento se utilizó el material del sitio, el mismo que se realizaron tomas de muestras con el laboratorio de Suelo GEOCIMENTOS, encontrando diferentes tipos de materiales como arcilla, arena y cascajo con el cual se realiza tres tramos, el primero con arcilla, el Segundo tramo con Arena Arcilla y el tercero Cascajo Arcilla, como podemos ver en las Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17

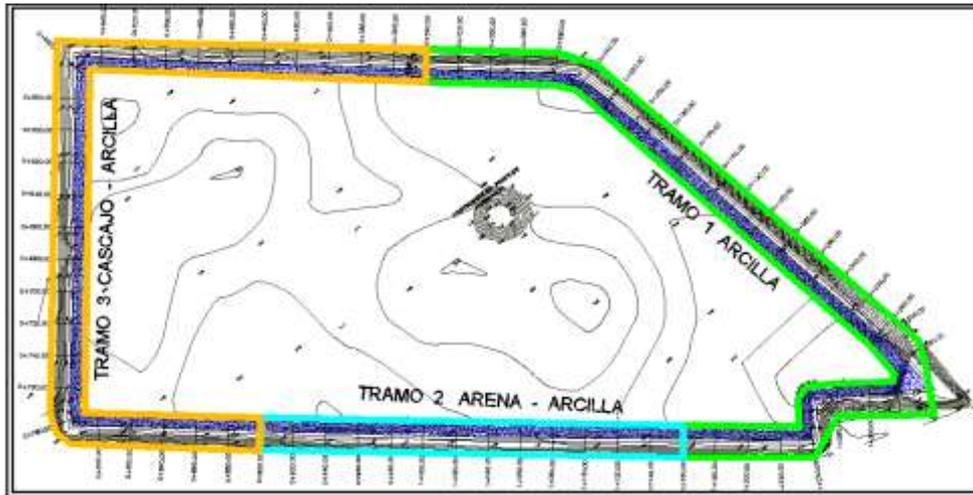


Figura 14 Plano donde indica los tramos y el tipo de material  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)r

Tramo I desde 0+00 a 0+340 y 1+160 a 1+380 material Arcilla



Figura 15 Material del sitio Arcilla  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tramo II desde 1+160 a 0+900 material Arena Arcillosa



Figura 16 Material Arena Arcillosa  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tramo III desde 0+900 a 0+340 material Cascajo Arcillosa



*Figura 17 Material Cascajo Arcilla*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

En el informe de laboratorio de suelos por GEOCIMENTOS indica los parámetros para el modelo geotécnico del suelo, para cada uno de los tramos del muro de confinamiento. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados de acuerdo a cada tramo.

Tabla 17

Resultados del suelo por el laboratorio de GEOCIMENTOS



MURO DE CONFINAMIENTO  
LOS PARÁMETROS PARA EL MODELO GEOTÉCNICO DEL SUELO

ARCILLA		
PARAMETROS	UNIDADES	VALOR
Peso Específico del suelo (arcilla blanda)	KN/m <sup>3</sup>	13
Cohesión	KN/m <sup>2</sup>	12
Angulo de fricción	°	25
Coefficiente de Filtración	cm/s	10 exp -6
Peso de Muestra Húmedo - CH	g	1380
Peso Seco -CH	g	766.1
Humedad - CH	%	80.13
Límite Líquido - CH	%	70
Límite Plástico -CH	%	21.7
Índice Plástico -CH	%	48.3
Densidad Máxima	kg/ cm <sup>3</sup>	1452
Humedad Óptima	%	27.2

ARENA ARCILLOSA		
PARAMETROS	UNIDADES	VALOR
Peso Específico del suelo	KN/m <sup>3</sup>	16
Cohesión	KN/m <sup>2</sup>	10
Angulo de rozamiento interno del material	°	28.05
Coefficiente de Filtración	cm/s	1exp -4
Peso de Muestra Húmedo	g	9829.50
Peso Seco	g	9122.86
Humedad	%	7.75
Límite Líquido	%	30.12
Límite Plástico	%	11.1
Índice Plástico	%	19.02
Densidad Máxima	kg/ cm <sup>3</sup>	1603
Humedad Óptima	%	12.55

CASCAJO ARCILLOSA		
PARAMETROS	UNIDADES	VALOR
Peso Específico del suelo	KN/m <sup>3</sup>	18
Cohesión	KN/m <sup>2</sup>	16
Angulo de rozamiento interno del material	°	30
Coefficiente de Filtración	cm/s	1.3 exp -3
Peso de Muestra Húmedo	g	8902.8
Peso Seco	g	8430.8
Humedad	%	5.6
Límite Líquido	%	33.95
Límite Plástico	%	20.4
Índice Plástico	%	13.55
Densidad Máxima	kg/ cm <sup>3</sup>	1717
Humedad Óptima	%	12.44

Dirección: Mapasingue Oeste Av. 7ma #448, Guayaquil, EC - Teléfonos: (04) 5014438 - 2013480 - email: info@geocimientos.com

Fuente: Laboratorio de Geocimientos (2017)

#### 4.4 Diseño geométrico del muro de confinamiento

Para determinar la geometría del muro de confinamiento, la Autoridad Portuario de Guayaquil establece el área del relleno donde se deposita el material dragado y con los resultados del levantamiento topográfico se procede a realizar el diseño.

- Primero se calcula el volumen a dragar, que corresponde a 204000m<sup>3</sup> del Muelle 1D y áreas de maniobras de Andipuerto, ver Anexo 5 Calculo de volumen y Anexo 6 Plano batimétrico de las áreas de maniobras y muelle 1D de Andipuerto.
- La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) a petición de la empresa Andipuerto solicita un sector para la construcción de un muro de confinamiento, el cual fue entregando en la entrada de Andipuerto en la Calle P, tras las instalaciones la Aduana del Ecuador, con un área aproximada de 98000 m<sup>2</sup>, ver el Anexo 4 Plano del terreno natural y Anexo 7 Plano del muro de confinamiento.
- Con el área ya identificado se realiza el levantamiento topográfico, el trazado del eje del muro de confinamiento que da como resultado 1.395ml
- Con la topografía se calcula la altura del muro (HM) aproximado de 3.98 más 0.3m de borde libre nos da una altura del muro de 4,28m promedio.
- La capacidad del volumen de confinamiento, aproximado es de 362.600 m<sup>3</sup> con relación a la cantidad de material dragar es 204000m<sup>3</sup>, esto quiere decir que el 40% excedente es agua y el 60% es material.

#### 4.4.1 Altura del Muro

Para determinar la altura del muro de confinamiento es necesario conocer la cantidad de material a dragar en el muelle 1D y las áreas de maniobra de Andipuerto, además el área aproximada que la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) entrego para construir el muro de confinamiento.

Conociendo la cantidad de volumen a dragada, determinamos en primer lugar el esponjamiento de arena y limo que se encuentra en la profundidad del área a dragar, el volumen de agua que se almacena mientras se evacua mediante el drenaje construido, el volumen de esponjamiento variara dependiendo el material que se encuentre, como podemos ver en la Tabla 18

*Tabla 18*  
*Volumen a dragar incluyendo el esponjamiento*

<b>VOLUMEN A DRAGAR</b>	
<b>Volumen a Dragar</b>	<b>204,000 m<sup>3</sup></b>
Volumen de Esponjamiento Arena 30%	61,200 m <sup>3</sup>
Volumen de Esponjamiento Limo 50%	102,000 m <sup>3</sup>
Volumen de agua 25%	51,000 m <sup>3</sup>
Volumen a Dragar Arena	<b>316,200 m<sup>3</sup></b>
Volumen a Dragar Limo	<b>357,000 m<sup>3</sup></b>

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Con la cantidad de volumen a dragar ya establecida y el área entregada por la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), podemos calcular al tanteo la altura del muro de confinamiento, que es el área del terreno por la altura de agua más el borde libre, hasta llegar con el volumen necesario de relleno, como podemos observar en la Tabla 19 y la Figura 18.

Tabla 19  
Volumen de confinamiento del Dragado

<b>ÁREA DE CONFINAMIENTO</b>		
Área	98,000	m <sup>2</sup>
Longitud del muro	1,395	ml
HM = Altura del Agua	4.00	m
HM = Altura del muro de confinamiento	4.30	m
<b>VOLUMEN DE CONFINAMIENTO</b>	<b>392,000</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

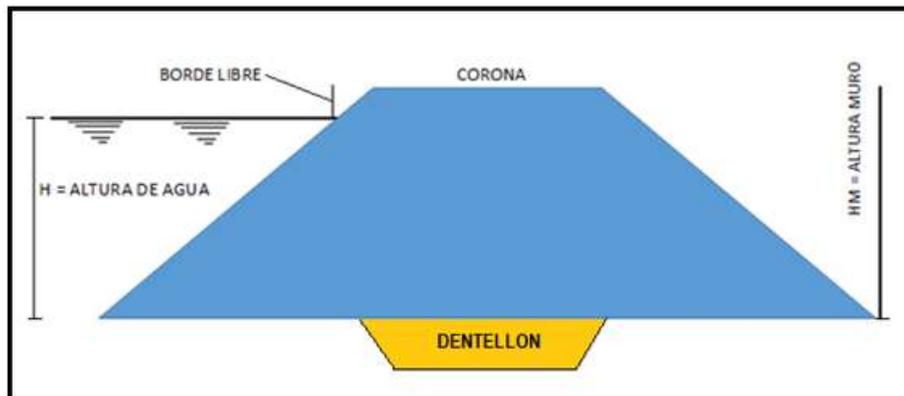


Figura 18 Altura del muro de confinamiento y el nivel de agua  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Decimos tanteo porque tenemos un área ya establecida que es 98.000m<sup>2</sup>, y en esta área se deben colocar 209.000 m<sup>3</sup> de material dragado más el esponjamiento, por esa razón no se puede determinar mediante fórmulas, ya que la altura del muro de confinamiento es directamente proporcional a la cantidad de material dragado entre más alto es el muro mayor material ingresa, pero esto no quiere decir que podemos elevar el muro alturas exageradas ya que se debe tomar en cuenta los demás parámetro del muro como la corona, el talud, la base, el dentello y el peso del muro de confinamiento, factor de seguridad y la filtración producida por el agua en el momento del dragado.

La altura del muro de confinamiento varía dependiendo de la ubicación de los tramos, el material (arena, cascajo y arcilla) y la seguridad del tramo, como en el caso del Tramo II que colinda con la empresa CONTENCON, como podemos ver en la Tabla 20.

Tabla 20  
 Altura y Longitud del muro confinamiento

Tramo	Material	Longitud	Altura	Ubicación
I	Arcilla	575 m	4.28 m	Calle P y Tras la Aduana
II	Arcilla -Arena	260 m	5.05 m	Tras patios de CONTECOM
III	Grava - Arcilla	560 m	4.30 m	Tras los Bomberos

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.2 Dentellón

Los suelos donde se va a construir el muro de confinamiento, no debe poseer material orgánico como la turba, ya que poseen una elevada compresibilidad y baja resistencia al corte, motivo por el cual se debe remover todo este material o caso contrario no serviría para su construcción.

En cuanto a la permeabilidad de la fundición, siguiendo los mismos parámetros de los materiales para la presa, se consideran adecuados materiales con una permeabilidad igual o inferior a 10<sup>-3</sup>cm/seg., no obstante, con estos valores no amerita tratamiento alguno de la fundición. Si existen valores inferiores a 10<sup>-3</sup>cm/seg., se debe recurrir a ciertos métodos de mejoramiento de la fundición como inyecciones de cemento o sustancias químicas, tablestacas, pilotes secantes, etc., pero este tipo de soluciones encarecerían mucho la obra hasta el punto de poder convertirla en no factible económicamente. (NÚÑEZ, 2006, pág. 14)

Por este motivo se debe encontrar una alternativa para poder encontrar soluciones viables, rápidas y económicas para la construcción del muro de confinamiento, como alternativa principal, rápida y económica es desarrollar un dentellón a lo largo del eje del muro de contención.

“La construcción de un dentellón relleno con materiales poco permeables y con una profundidad máxima inferior al 30-40% de la altura de la presa” (NÚÑEZ, 2006, pág. 14), el ancho del dentellón es el mismo ancho de la corona.

Como podemos ver en la Figura 19 donde se detalla la ubicación del dentellón en el muro de contención.

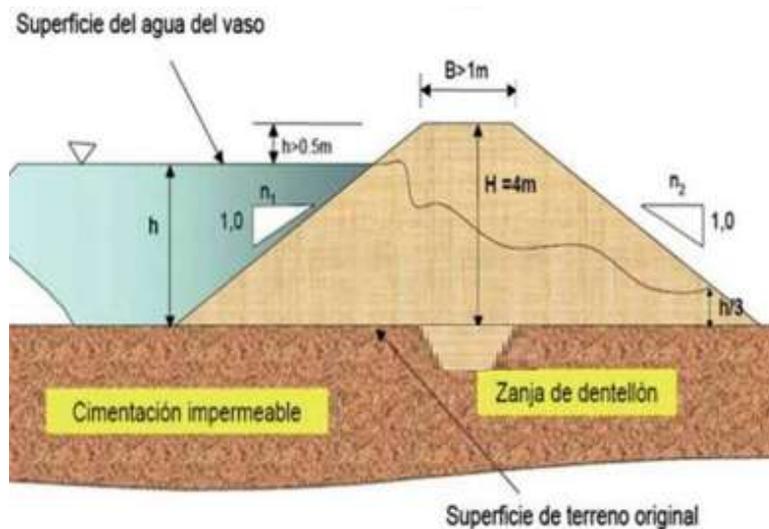


Figura 19 Diseño del dentellón en el muro de confinamiento  
Fuente: Ing. William Núñez

#### 4.4.3 Taludes aguas arriba y aguas abajo.

Para determinar el ángulo y el talud, primero tenemos que demostrar la estabilidad del talud y el Factor de seguridad que se requiere para la conformación del muro de confinamiento.

##### 4.4.3.1 Estabilidad de los taludes

Primero debemos definir que es un talud y como se forman. Los taludes son terrenos inclinados con respecto a la horizontal de un terreno. Se presentan dos tipos de formaciones:

- Taludes naturales que no son hechos por la mano del hombre y se denominan laderas
- Cuando intervienen la mano del hombre en su formación inclinada se denomina Talud.

Las fallas que presentan los taludes, ya sean naturales o los hechos por el hombre, son afectados por modificaciones en su topografía, la influencia del flujo agua, pérdida de resistencia del suelo, entre otros.

El análisis convencional de estabilidad de los taludes en dos dimensiones busca el determinar la magnitud de las fuerzas o momentos actuantes (que provoquen el movimiento), y la magnitud de las fuerzas o momentos resistentes (que se opongan al movimiento), que actúan en los suelos que forman al talud. Para lograr lo anterior, se calcula la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos actuantes, obteniendo un factor seguridad que está afectado por las incertidumbres de los parámetros que le dieron origen,

por lo cual, a todo factor de seguridad intrínsecamente va ligado un grado de incertidumbre (Montoya Orozco, 2010, pág. 3).

Para el cálculo de la estabilidad de los taludes es necesario contar con una información clara, completa y confiable en lo que corresponde a la topografía del terreno, donde se va a ubicar el muro de confinamiento, la geología, la resistencia de los materiales, la carga que actúan sobre el muro, erosión, lluvia, sismo, excavación, relleno en el sector y en nuestro caso el nivel freático.

**Topografía.** Es indispensable contar con un plano preciso del sitio, donde se localizan la posición de los sondeos, las áreas donde se efectuó el levantamiento de las fisuras la localización de estructuras y de las secciones que se deben analizar. Estas secciones se deben levantar con un detalle tal que se puedan dibujar a una escala adecuada para medir las dimensiones con una exactitud de 0,10 m. Generalmente una escala 1:100 es suficiente aunque una escala 1:50 o 1:20 se puede necesitar cuando la altura del talud es menor de 10 m. (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 175).

**Geología.** Los detalles de geología disponibles para el análisis generalmente se basan en una información restringida, la cual frecuentemente puede tener más de una interpretación. Consecuentemente en el análisis se debe considerar todo el rango de posibilidades. Las condiciones geológicas se deben evaluar continuamente durante la construcción, y el diseño se debe modificar si las condiciones geológicas reales difieren de aquellas asumidas. La estructura geológica adoptada para el diseño se debe mostrar en las secciones seleccionadas para el análisis. (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 175).

Resistencia al corte de los materiales. Los materiales con los que se van a conformar el muro de confinamiento con sus taludes se deben expresar en parámetros del esfuerzo,  $C'$  peso específico del suelo,  $\phi'$  Angulo de Fricción obtenidos en las muestras realizado por Geocimientos, en la que se puede observar en la Tabla 17.

**Nivel freático, Aguas subterráneas.** Es el nivel bajo la superficie del suelo que está permanentemente húmedo o mojado. “Las condiciones del agua subterránea deben evaluarse durante y después de efectuada la investigación del terreno, mediante la instalación y lectura de piezómetros y a través de la observación de tasas de infiltración.” (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 175).

**Erosión.** “El agua y el viento continuamente afectan a los taludes erosionándolos. La erosión modifica la geometría del talud y por tanto los esfuerzos a los que está sometido,

resultando un talud diferente al inicialmente analizado o en una modificación de las condiciones que tiene.” (Montoya Orozco, 2010, pág. 4)

Lluvia, en épocas de inviernos el suelo se satura producto de las lluvias, provocando un aumento de peso al material, esto produce una disminución a la resistencia al esfuerzo cortante.

Sismo, “Los sismos suman fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas actuantes a las que está sometido un talud. Provocando esfuerzos cortantes dinámicos que reducen la resistencia al esfuerzo cortante, debilitando al suelo.” (Montoya Orozco, 2010, pág. 5)

Para la estabilidad de los taludes tenemos que realizar los cálculos por cada escenario que se presenta en la construcción del muro de confinamiento, existiendo varios métodos para cálculos y el diseño de taludes. Estos métodos se basan en el principio del equilibrio, límite plástico y en la deformación de los taludes.

Para la estabilidad de los taludes tomaremos como referencia al Método de Hoek - Bray y el Método de las Tajadas (dovelas).

#### **4.4.3.2 Método de Hoek – Bray**

Hoek y Bray presentaron una serie de gráficos para el análisis de estabilidad de fallas circulares, que permiten determinar rápidamente el factor de seguridad de un talud, o establecer la sensibilidad de este a los cambios en la condiciones del agua subterránea. (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 185).

Consideraciones que se deben adoptar para el uso de los gráficos por Hoek – Bray son:

- a. El material que forma el talud se asumen homogéneo, y sus propiedades mecánicas no varíen con la dirección de la carga.
- b. La resistencia al corte de material está determinada por una cohesión  $c$  y un ángulo de fricción  $\phi$ , los cuales están relacionados con la ecuación.

$$\tau = C + \sigma \times \tan\phi$$

- c. La falla ocurre sobre una superficie circular que pasa por el pie del talud, de acuerdo con Terzaghi (1943), cuando el valor de  $\phi$  es mayor a  $5^\circ$ , el círculo de falla cuyo extremo interior pasa por el pie del Talud, da el factor de seguridad mínima.
- d. Se presenta una grieta de tensión vertical en la parte superior, o en la cara del talud.
- e. La geometría del talud es simple, es decir aquel donde las superficies del terreno limitantes, por la corona y por el pie, son horizontales.

f. Se consideran cinco condiciones de drenaje, las cuales varían entre un talud completamente seco y un talud totalmente saturado. Estas condiciones se muestran en la Figura 20 (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017, pág. 185).

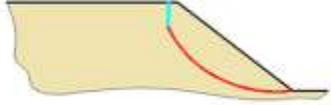
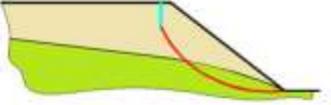
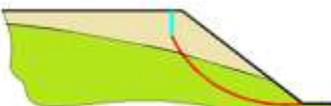
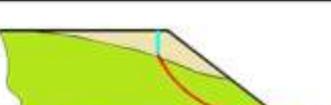
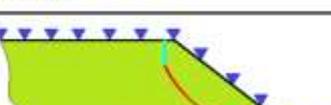
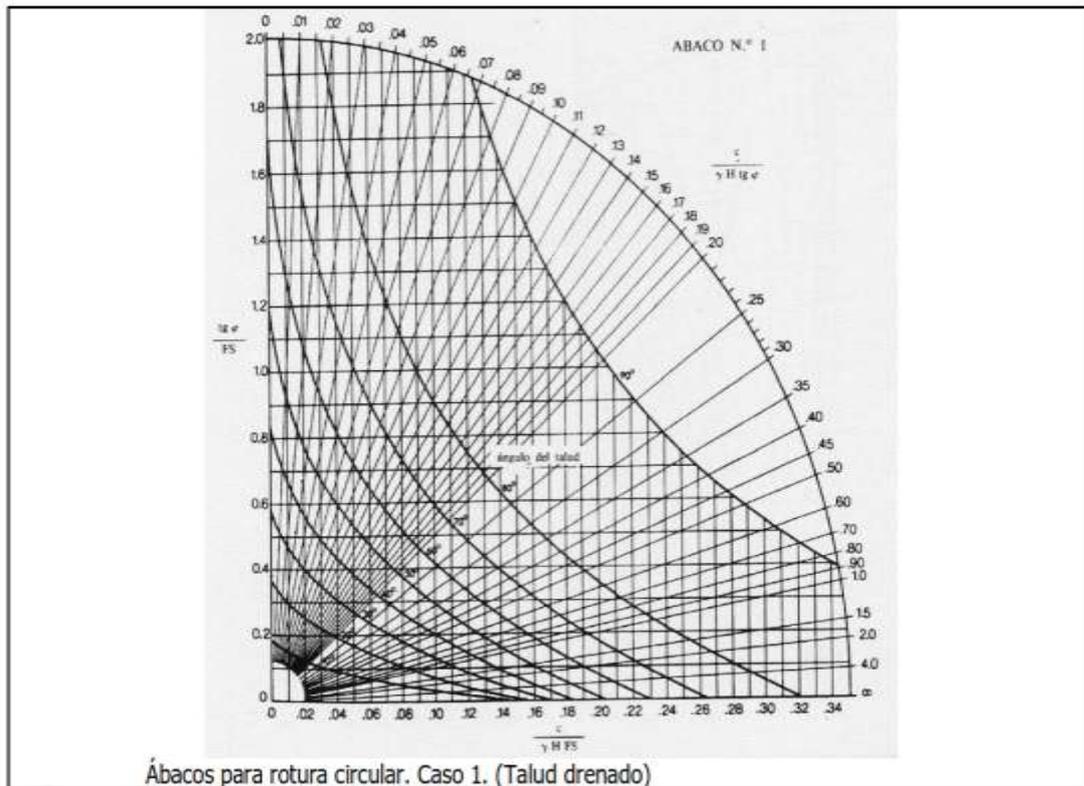
Condiciones del Flujo de agua subterránea	Abaco
 <p>Talud seco - completamente drenado</p>	<b>1</b>
 <p>Salida del agua 1/8 de la altura del talud</p>	<b>2</b>
 <p>Salida del agua 1/4 de la altura del talud</p>	<b>3</b>
 <p>Salida del agua 1/2 de la altura del talud</p>	<b>4</b>
 <p>Talud Completamente saturado con recarga superficial continuada</p>	<b>5</b>

Figura 20 Gráfico que determina el factor de seguridad  
Fuente: Hoek y Bray

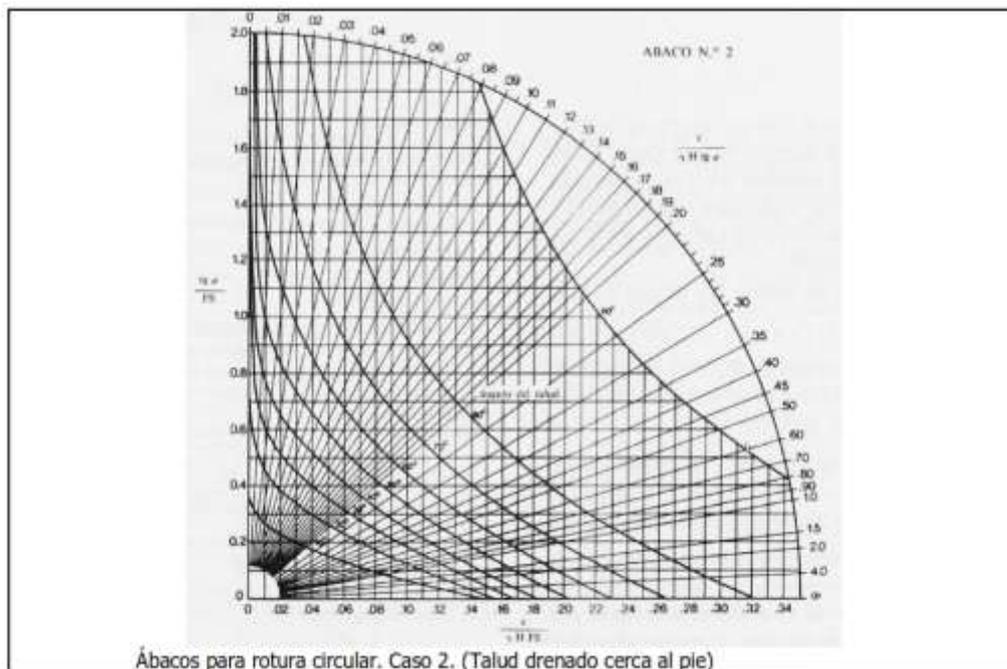
Por ser un muro de confinamiento para el material dragado del muelle 1D de Andipuerto, donde el talud aguas arriba y el muro en general están expuestos al 70% de agua y un 30% de material que la draga expulsa diariamente hacia el muro de confinamiento, por otra parte, el nivel freático del sector se encuentra a la cota +2, cuando la marea se encuentra en pleamar (marea alta). En nuestro caso tomaremos como referencia el “talud completamente saturado con recargas superficiales continuas (Ábaco 5)”.

Independiente a nuestro caso para encontrar el Factor de Seguridad, para un muro de confinamientos en los taludes podemos contar mediante ábacos en los siguientes casos:



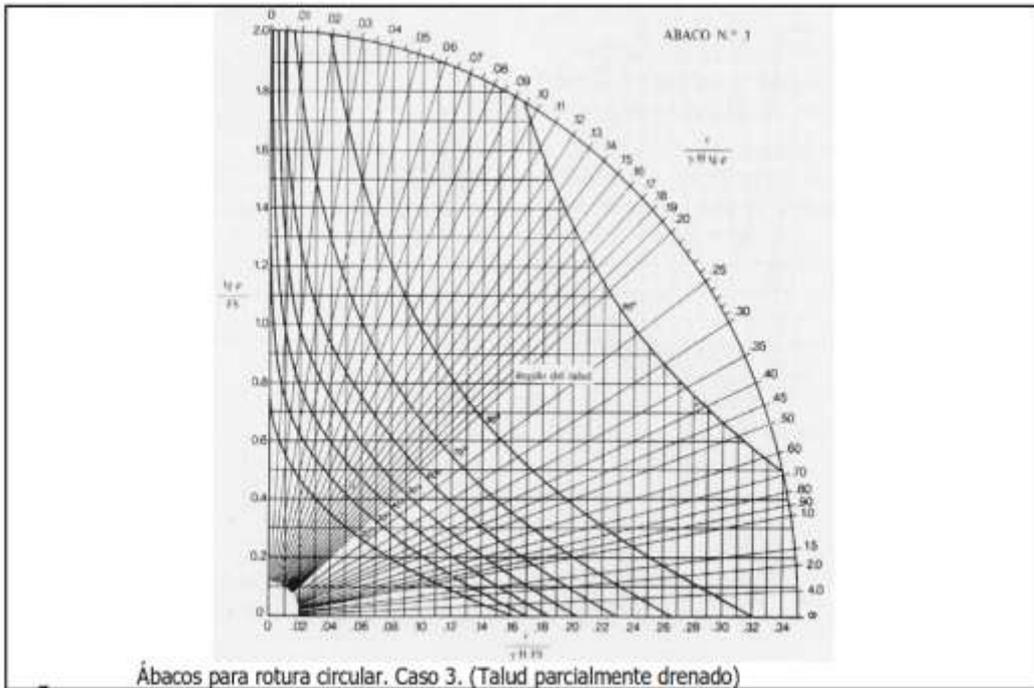
Ábaco 1 Para rotura circular en Talud drenado

Fuente: Hoek y Bray



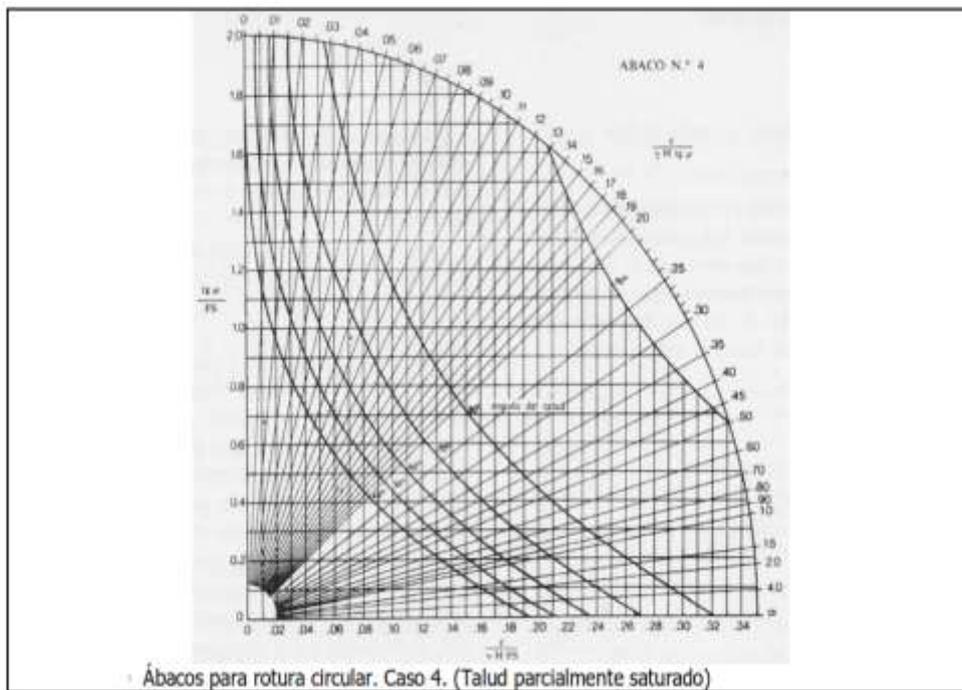
Ábaco.2 Para rotura circular en taludes drenado cerca al pie

Fuente: Hoek y Bray



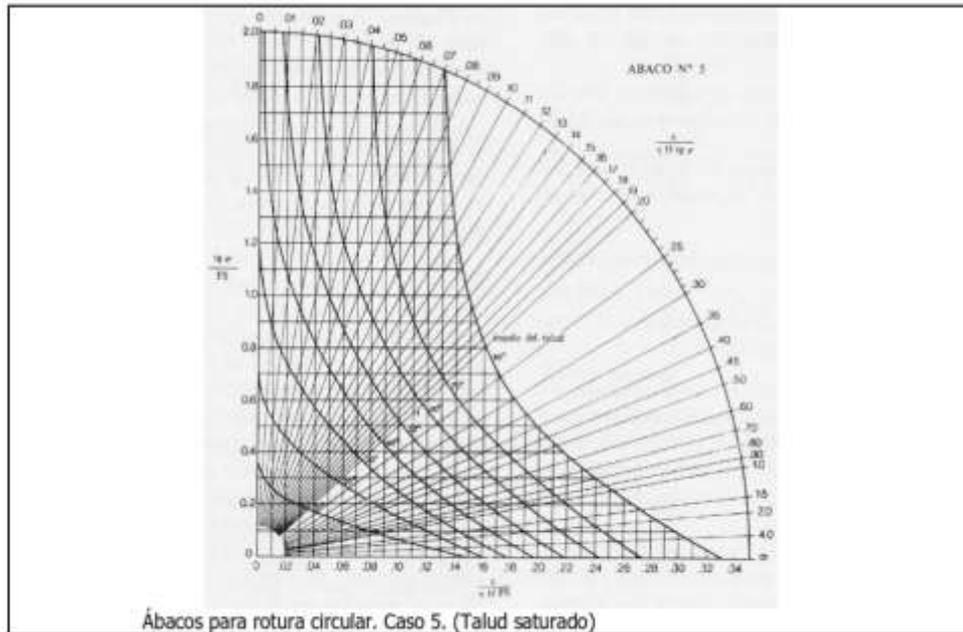
Ábaco.3 Para rotura circular en talud parcialmente drenado

Fuente: Hoek y Bray



Ábaco 4 Para rotura circular en talud parcialmente saturado

Fuente: Hoek y Bray



Ábaco.4 Para rotura círculo en talud completamente saturado con recargas superficiales continuas  
Fuente: Hoek y Bray

Para el desarrollo de este método, debemos tomar en cuenta los siguientes pasos que determinaran el factor de seguridad:

- En primer lugar, debemos calcular el valor adimensional de la relación,

$$\frac{C}{\gamma \times H \times \tan\phi}$$

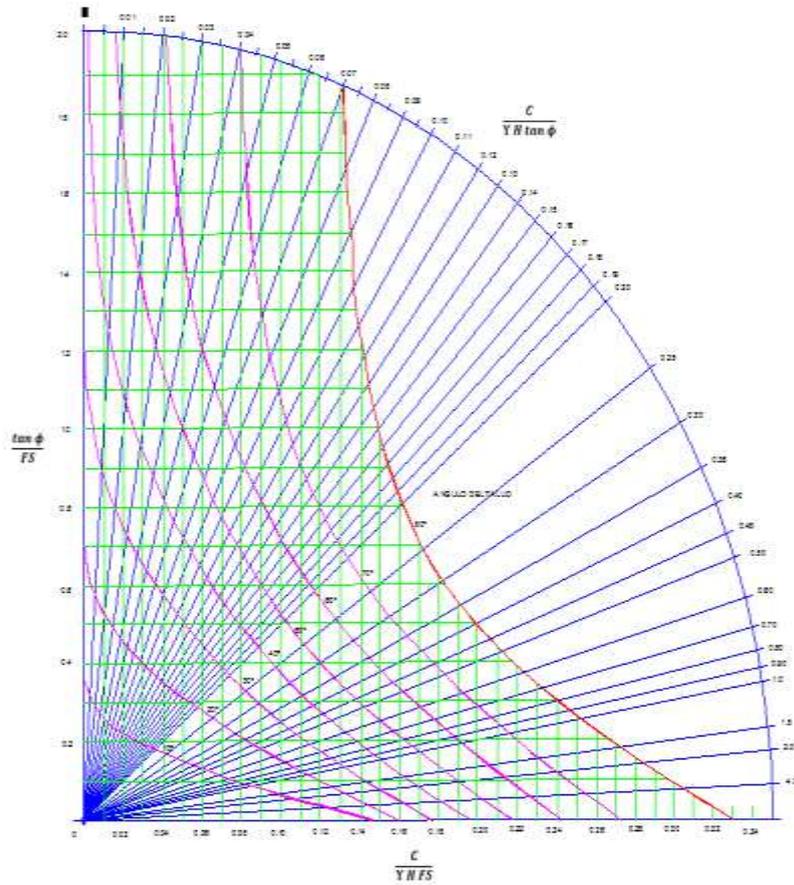
$\gamma$  = Peso específico del suelo

$C$  = Cohesión

$\phi$  = Angulo de rozamiento interno del material

Calculado el valor, procedemos a encontrar este valor en la escala circular del grafico en el Ábaco N° 5 y marcamos la línea.

- Identificada la línea, procedemos a interceptar con la curva que corresponda al ángulo del talud ( $\beta$ ) que se esté calculando, en este caso es  $30^\circ$ .
- Una vez identificado la intersección, proyectamos una línea, sea esta para el eje de las Y  $\frac{\tan\phi}{F_s}$  o al eje de las X  $\frac{C}{\gamma \times H \times F_s}$ , independiente mente se puede calcular el coeficiente Factor de seguridad.
- Con el valar resultante de X o Y despejamos  $F_s$  de las formulas y encontramos el Factor de seguridad.



Ábaco.5 "talud completamente saturado con recargas superficiales continuas"  
 Fuente: Hoek y Bray

Con los resultados de suelo obtenidos por el laboratorio Geocimientos, en los tres tramos del muro de confinamiento se procede a calcular los Factores de seguridad, con el método Hoek – Bray

**Tramo I desde 0+00 a 0+340 y 1+160 a 1+380 material Arcilla**

Tabla 21

Calculo de Factor de seguridad Tramo I

Datos :	COTA MUROS
$C'$ = 1.22 Ton/m <sup>2</sup>	TERRENO N. 3.37
$\phi$ = 25 °	CORONA 7.65
$H$ = 4.28 m	
$\gamma$ = 1.32 Ton/m <sup>3</sup>	
$\beta$ = 30 °	

$$\frac{C}{\gamma \times H \times \tan\phi} = 0.46$$

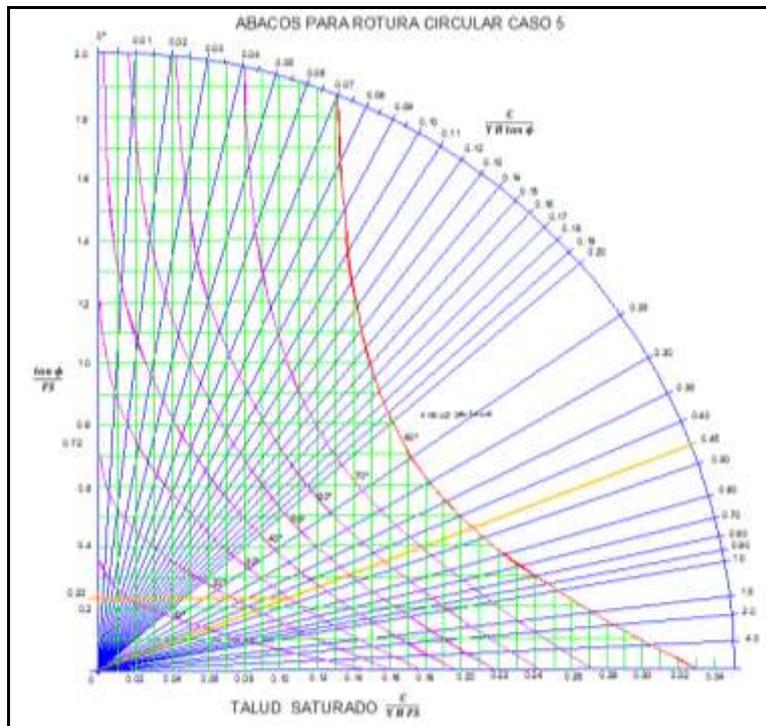
Voy al ábaco 5  
0.23

$$\frac{\tan\phi}{Fs}$$

$$FS = \frac{0.47}{0.23} = 2.04$$

FS= 2.04

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



Ábaco 6 Calculo Fs Tramo I

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

**Tramo II desde 1+160 a 0+900 material Arena con Arcilla**

Tabla 22

Calculo de Factor de seguridad Tramo II

Datos :	COTA MUROS
<b>C'</b> = 1.02 Ton/m <sup>2</sup>	TERRENO N. 3.35
<b>φ</b> = 28 °	CORONA 8.4
<b>H</b> = 5.05 m	
<b>γ</b> = 1.63 Ton/m <sup>3</sup>	
<b>β</b> = 30 °	

$$\frac{C}{\gamma \times H \times \tan\phi}$$

$$\frac{1.02}{1.63 \times 5.05 \times 0.53} = 0.23$$

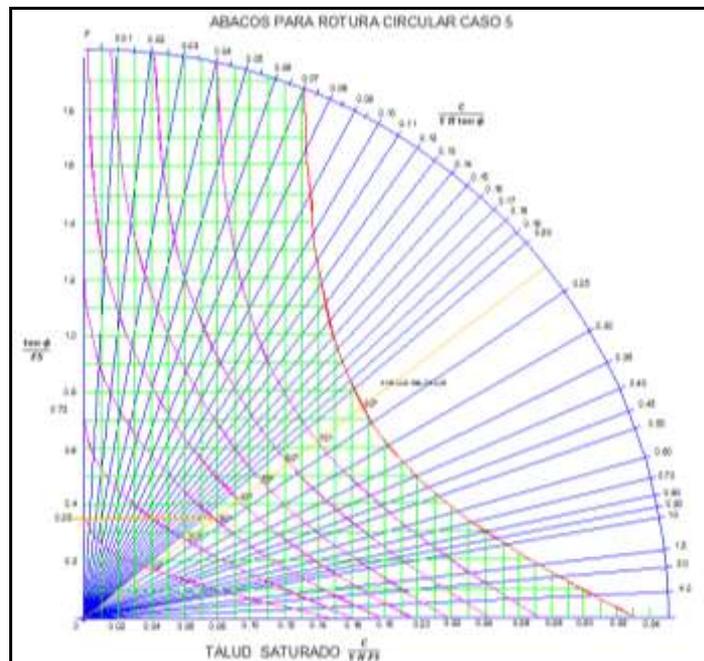
Voy al ábaco 5  
0.35

$$\frac{\tan\phi}{Fs}$$

$$FS = \frac{0.53}{0.35} = 1.51$$

FS= 1.51

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



Ábaco 8 Calculo Fs Tramo II

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

**Tramo III desde 0+900 a 0+340 material Cascajo con Arcilla**

Tabla 23

Calculo de Factor de seguridad Tramo III

Datos :	COTA MUROS
<b>C'</b> = 1.63 Ton/m <sup>2</sup>	TERRENO N. 3.35
<b>φ</b> = 30 °	CORONA 7.65
<b>H</b> = 4.3 m	
<b>γ</b> = 1.83 Ton/m <sup>3</sup>	
<b>β</b> = 30 °	

$$\frac{C}{\gamma \times H \times \tan\phi} = 0.36$$

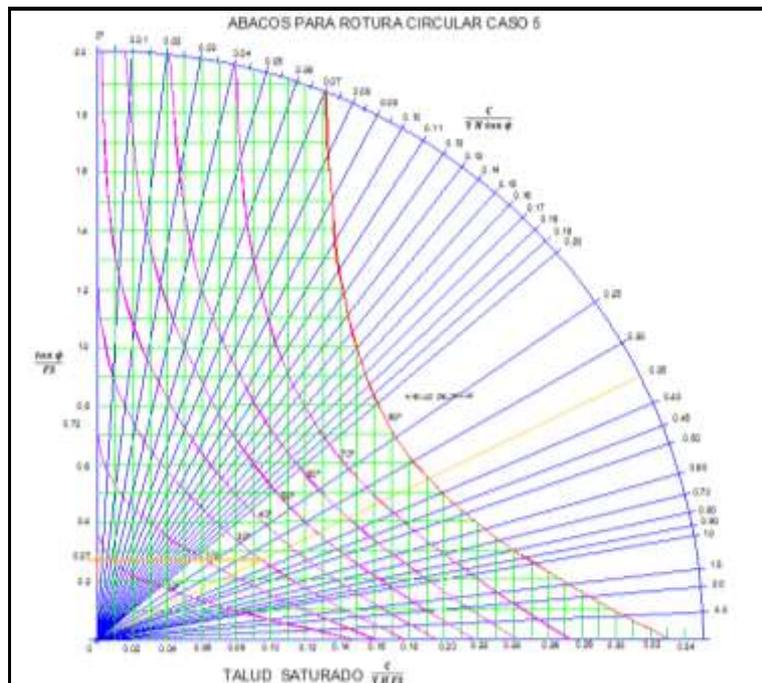
**Voy al ábaco 5**  
0.27

$$\frac{\tan\phi}{Fs}$$

$$FS = \frac{0.58}{0.27} = 2.15$$

**FS= 2.15**

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



Ábaco.7 Calculo Fs Tramo III

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### 4.4.3.3 Métodos de las dovelas o tajadas.

#### Método de Fellenius

Conocido también como método ordinario Sueco, dovelas y USBR. Este método considera el círculo falla que parte en un punto 0 ubicado en la parte superior X, Y del muro de confinamiento, el suelo que esta encima del círculo de falla se dividimos en varias dovelas o tajadas verticales, el ancho (b) de las dovelas puede variar.

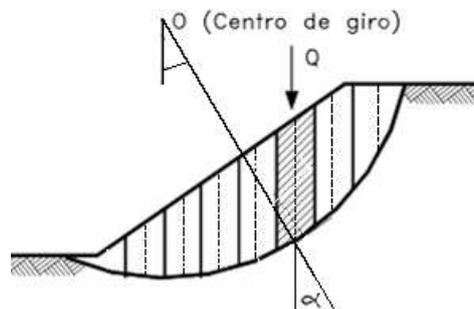


Figura 21 Círculo de falla y dovelas  
Fuente: (Cifuentes & Perez, 2013)

Para el cálculo del Factor de seguridad, primero debemos encontrar el Momento Actuante y el Momento Resultante con respecto al punto 0 que es el radio del círculo de falla, con el peso (W) que es el centro de la dovela y el radio se encuentra el ángulo  $\alpha$  con respecto a cada dovela, como indica en la Figura 21.

#### Momento Actuante (MA)

Para encontrar el momento actuante se relaciona el ángulo  $\alpha$ , para encontrar el factor resultante, donde el momento actuante es igual al peso (W) por la distancia (d), en primer lugar, debemos encontrar la distancia de cada dovela, partiendo del Seno del ángulo ( $\alpha$ ) que es el cateto opuesto (b) con la hipotenusa (r).

$$\text{Sen } \alpha = \frac{b}{r}, \quad (1)$$

Despejamos b,

$$b = \text{Sen } \alpha \cdot r, \quad (2)$$

Donde remplazamos en la fórmula de momento actuante= Peso (W) por la distancia (b).

$$\text{MA} = W * b \quad (3)$$

$$\text{MA} = W * \text{Sen } \alpha * r \quad (4)$$

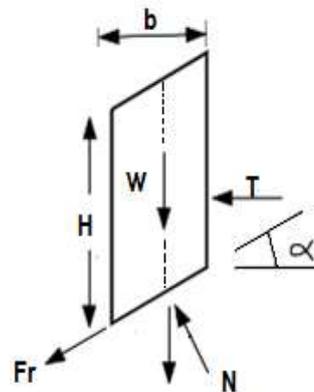
## Momento Resultante (MR)

Para el momento resultante partimos de la ecuación de la resistencia al suelo cortante ( $\tau$ ) donde, para poder identificar los elementos que intervienen en el cálculo de las dovelas podemos ver en la Tabla 24

Tabla 24

Simbología de los términos que intervienen en las Dovelas y esquema de las fuerza que actúan

Simbología		Unidad
<b>b</b>	= Base o ancho	m
$\Delta x$	= Longitud dovela	m
$\Delta W$	= longitud del agua	m
$\alpha$	= Angulo	°
<b>W</b>	= Peso de la dovela	Kn/m3
<b>L</b>	= Altura	m
<b>HW</b>	= Altura nivel freático	m
$\gamma W$	= Peso específico del agua	Kn/m3
$\gamma$	= Peso específico	Kn/m3
<b>C</b>	= Cohesión	Kn/m2
$\phi$	= Angulo de fricción	°
<b>Nr</b>	= Normal	Kn/m3
<b>r</b>	= Radio	°
$\sigma$	= Esfuerzo Normal	
$\mu$	= Presión de poros	Kn/m3
$\tau$	= Esfuerzo cortante	



Fuente: Elaborado por (Cifuentes & Perez, 2013)

$$\tau = C + (\sigma - \mu) * \text{Tan } \phi \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{Nr}{\Delta} \quad (2)$$

$$Nr = W * r * \text{Sen } \alpha \quad (3)$$

$$\mu = Hw * \gamma w \quad (4)$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5)$$

$$Fr = \tau * \Delta x \quad (6)$$

**Remplazamos  $\tau$  en la formula  $Fr = (1) * \Delta x$**

$$Fr = (C + (\sigma - \mu) * \text{Tan } \phi) * \Delta x \quad (7)$$

**Remplazamos  $\sigma$  en la formula  $Fr =$**

$$Fr = (C + ((2) - \mu) * \text{Tan } \phi) * \Delta x$$



En el cuadro (2), se divide cada dovela por la mitad con línea entre cortada, que representa la Longitud de la dovela ( $\Delta x$ ).

En el cuadro (3), es el Ancho (b) de cada dovela.

En el cuadro (4) se calcula el Cohesión por la Longitud de la dovela ( $\Delta x$ )

En el cuadro (5) es el Peso de la dovela (W), se calcula la longitud de la dovela ( $\Delta x$ ) por la base y por el Peso específico del suelo ( $\gamma$ ).

El cuadro (6) es el ángulo ( $\alpha$ ), para obtener este valor, se debe proyectar desde el centro (O) una línea que debe pasar por la interacción entre la línea entrecortada que es la mitad de cada dovela y la línea círculo de falla.

El cuadro 7 es el  $\text{Cos } \alpha$  se calcula el coseno del ángulo del cuadro (6).

El cuadro 8 del  $\text{Sen } \alpha$  se calcula el seno del ángulo del cuadro (6).

El cuadro 9 se calcula el Peso de la dovela (W) por el coseno del ángulo ( $\text{Cos } \alpha$ ) de los cuadros (5) \* (7)

El cuadro 10 se calcula el Peso de la dovela (W) por el seno del ángulo ( $\text{Sen } \alpha$ ) de los cuadros (5) \* (8)

El cuadro 11 es la Altura del nivel freático del muro (HW)

El cuadro 12 es la Presión de poros ( $\mu$ ), se calcula la altura del nivel freático (Hw) cuadro 11, por el Peso específico del agua ( $\gamma_w$ ).

El cuadro 13 se calcula la presión de poros ( $\mu$ ) por la longitud de la dovela ( $\Delta x$ )

Con las sumatorias de cada cuadro, procede a calcular el Factor de seguridad, con la fórmula ya establecida.

$$F_s = \frac{\sum [C \cdot \Delta x + (w \cdot \cos \alpha - \mu) \cdot \tan \phi]}{\sum (W \cdot \text{Sen } \alpha)}$$

Con este análisis de la fórmula del Factor de seguridad, se realiza a continuación el cálculo, para cada tramo establecido en el muro de confinamiento.

Con el análisis del suelo realizado por el laboratorio de suelos Geocimientos en la Tabla 17 se obtiene los datos, el Peso específico del material ( $\gamma$ ), la Cohesión (C), Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), Peso específico del agua ( $\gamma_w$ ), la Altura del Muro de confinamiento y con la fórmula del Factor de seguridad ya analizada, podemos realizar el cálculo por cada tramo ya establecidos.

**Tramo I desde 0+00 a 0+340 y 1+160 a 1+380 material Arcilla**

Tabla 26  
Calculo del FS por dovelas Tramo I

**Datos problema**

$\gamma_1$	=	13.00	Kn/m <sup>3</sup>	Peso especifico	COTA MUROS	
$c_1$	=	12.00	Kn/m <sup>2</sup>	Cohesión	TERRENO N.	3.37
$\phi_1$	=	25.00		Angulo de fricción	CORONA	7.65
$\gamma_w$	=	9.81	kn/m <sup>3</sup>	Peso especifico del agua		
$\tan \phi$	=	0.47				
<b>TALUD</b>	<b>1 : 72</b>			<b>ALTURA MURO</b>	<b>4.28</b>	<b>m</b>

Dovela	$\Delta x$	b	$C \times \Delta x$	W	$\alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$W_1 \times \cos \alpha$	$W_1 \times \sin \alpha$	HW	$\mu$	$\mu \times \Delta x$
1	0.57	1.00	6.85	7.42	47.00	0.68	0.73	5.05	5.42	0.17	1.67	0.95
2	1.53	1.00	18.31	19.84	40.34	0.76	0.65	15.08	12.9	1.13	11.09	16.92
3	2.04	1.00	24.46	26.49	34.29	0.83	0.56	21.99	14.83	1.66	16.28	33.18
4	2.16	1.00	25.90	28.05	28.64	0.88	0.48	24.68	13.46	1.8	17.66	38.11
5	2.14	1.00	25.64	27.78	23.29	0.92	0.4	25.56	11.11	1.83	17.95	38.36
6	2.02	1.00	24.19	26.21	18.14	0.95	0.31	24.9	8.13	1.74	17.07	34.41
7	1.80	1.00	21.54	23.34	13.14	0.97	0.23	22.64	5.37	1.55	15.21	27.30
8	1.48	1.00	17.81	19.29	8.24	0.99	0.14	19.1	2.7	1.28	12.56	18.64
9	1.09	1.00	13.03	14.12	3.40	1.00	0.06	14.12	0.85	0.91	8.93	9.70
10	0.45	1.56	5.44	9.19	2.77	1.00	0.05	9.19	0.46	0.33	3.24	1.47
			183.17	201.73	219.25	8.98	3.61	182.3	75.23		121.66	219.04

Fs No tiene unidad

**FS= 2.21**

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

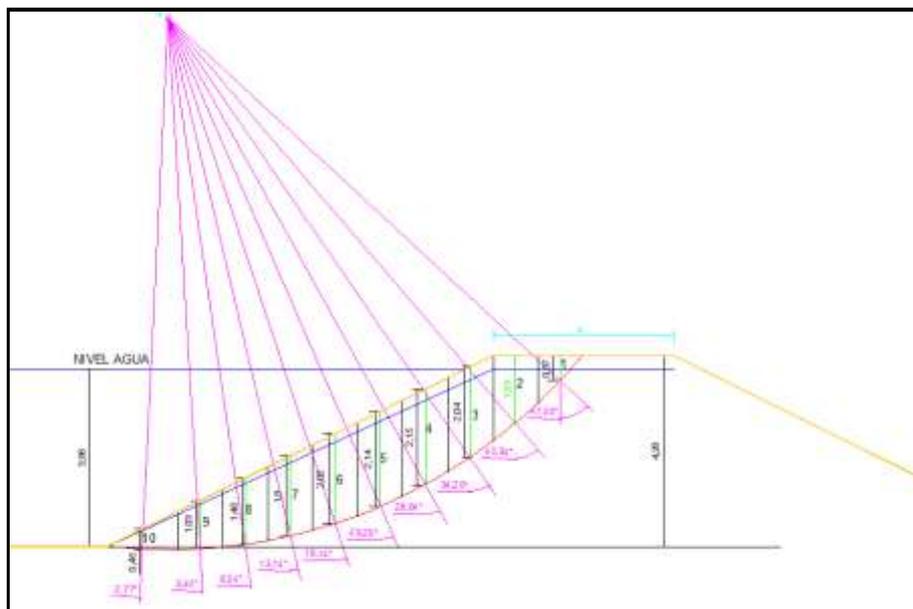


Figura 22 Dovelas en el Tramo I

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

**Tramo II desde 1+160 a 0+900 material Arena con Arcilla**

Tabla 27

Calculo del FS por dovelas Tramo II

**Datos problema**

$\gamma_1$	=	16.00	Kn/m3	Peso especifico	COTA MUROS	
$c_1$	=	10.00	Kn/m2	Cohesión	TERRENO N.	3.35
$\phi_1$	=	28.00		Angulo de fricción	CORONA	8.4
$\gamma W$	=	9.81	kn/m3	Peso especifico del agua		
<b>Tan <math>\phi</math></b>	=	<b>0.53</b>				
<b>TALUD 1</b>	:	<b>1.72</b>		<b>ALTURA MURO</b>	<b>5.05</b>	<b>m</b>
						<b>0.1</b>

Dovela	$\Delta x$	b	$C \times \Delta x$	W	$\alpha$	Cos $\alpha$	Sen $\alpha$	$W_1 \times \text{Cos}$	$W_1 \times \text{sin}$	HW	$\mu$	$\mu \times \Delta x$
1	0.64	1.00	6.40	10.24	46.77	0.68	0.73	6.96	7.48	0.24	2.35	1.50
2	1.71	1.00	17.10	27.36	39.78	0.77	0.64	21.07	17.51	1.31	12.85	21.97
3	2.33	1.00	23.30	37.28	33.52	0.83	0.55	30.94	20.5	1.94	19.03	44.34
4	2.54	1.00	25.40	40.64	28.64	0.88	0.48	35.76	19.51	2.19	21.48	54.56
5	2.62	1.00	26.20	41.92	22.40	0.92	0.38	38.57	15.93	2.31	22.66	59.37
6	2.60	1.00	26.00	41.60	17.30	0.95	0.3	39.52	12.48	2.32	22.76	59.18
7	2.48	1.00	24.80	39.68	12.43	0.98	0.22	38.89	8.73	2.24	21.97	54.49
8	2.27	1.00	22.70	36.32	7.73	0.99	0.13	35.96	4.72	2.06	20.21	45.88
9	1.98	1.00	19.80	31.68	3.16	1.00	0.06	31.68	1.9	1.81	17.76	35.16
10	1.61	1.00	16.10	25.76	1.31	1.00	0.02	25.76	0.52	1.47	14.42	23.22
11	1.16	1.00	11.60	18.56	5.71	1.00	0.1	18.56	1.86	1.06	10.40	12.06
12	0.64	1.58	6.40	16.18	10.06	0.98	0.17	15.86	2.75	0.54	5.30	3.39
			225.80	367.22	228.81	10.98	3.78	339.5	113.9		191.19	415.12

Fs No tiene unidad

**FS= 1.63**

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

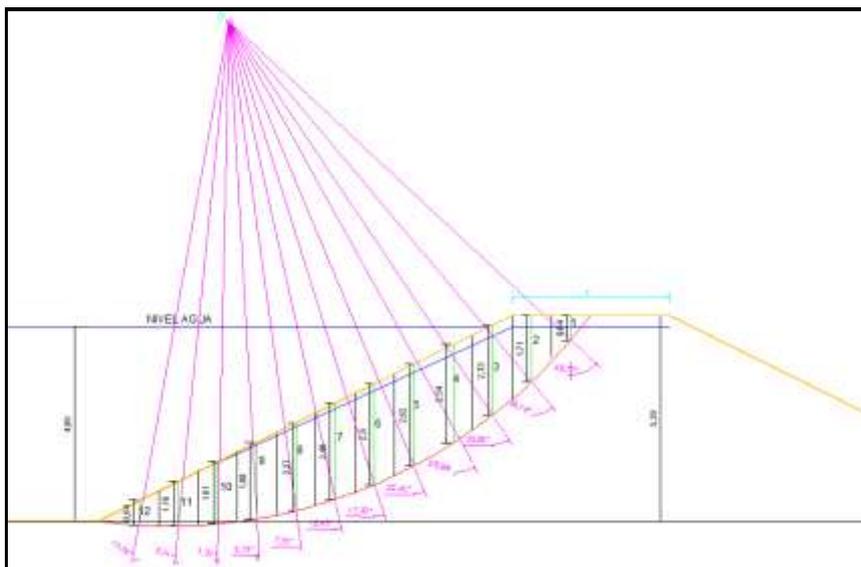


Figura 23 Dovelas en el Tramo II

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### Tramo III desde 0+900 a 0+340 material Cascajo con Arcilla

Tabla 28  
Calculo del FS por dovelas Tramo III

<b>Datos problema</b>				COTA MUROS	
$\gamma_1$	=	18.00	Kn/m <sup>3</sup>	Peso específico	TERRENO N. 3.35
$c_1$	=	16.00	Kn/m <sup>2</sup>	Cohesión	CORONA 7.65
$\phi_1$	=	30.00		Angulo de fricción	
$\gamma W$	=	9.81	kn/m <sup>3</sup>	Peso específico del agua	
$\tan \phi$	=	0.58			
<b>TALUD 1 : 1.72</b>		<b>ALTURA MURO 4.3</b>		<b>m</b>	

Dovela	$\Delta x$	b	$C \times \Delta x$	W	$\alpha$	Cos $\alpha$	Sen $\alpha$	$W_1 * \cos$	$W_1 * \sin$	HW	$\mu$	$\mu * \Delta x$
1	0.81	1.00	12.96	14.58	46.19	0.69	0.72	10.06	10.5	0.41	4.02	3.26
2	2.01	1.00	32.16	36.18	38.90	0.78	0.63	28.22	22.79	1.61	15.79	31.74
3	2.63	1.00	42.08	47.34	32.76	0.84	0.54	39.77	25.56	2.24	21.97	57.78
4	2.78	1.00	44.48	50.04	27.26	0.89	0.46	44.54	23.02	2.43	23.84	66.28
5	2.76	1.00	44.16	49.68	22.15	0.93	0.38	46.2	18.88	2.44	23.94	66.07
6	2.6	1.00	41.60	46.80	17.30	0.95	0.3	44.46	14.04	2.32	22.76	59.18
7	2.32	1.00	37.12	41.76	12.58	0.98	0.22	40.92	9.19	2.07	20.31	47.12
8	1.93	1.00	30.88	34.74	7.94	0.99	0.14	34.39	4.86	1.70	16.68	32.19
9	1.42	1.00	22.72	25.56	3.31	1.00	0.06	25.56	1.53	1.23	12.07	17.14
10	0.59	1.55	9.44	16.46	2.71	1.00	0.05	16.46	0.82	0.46	4.51	2.66
			317.60	363.14	211.10	9.05	3.5	330.6	131.2		165.89	383.42

Fs No tiene unidad **FS= 2.19**

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

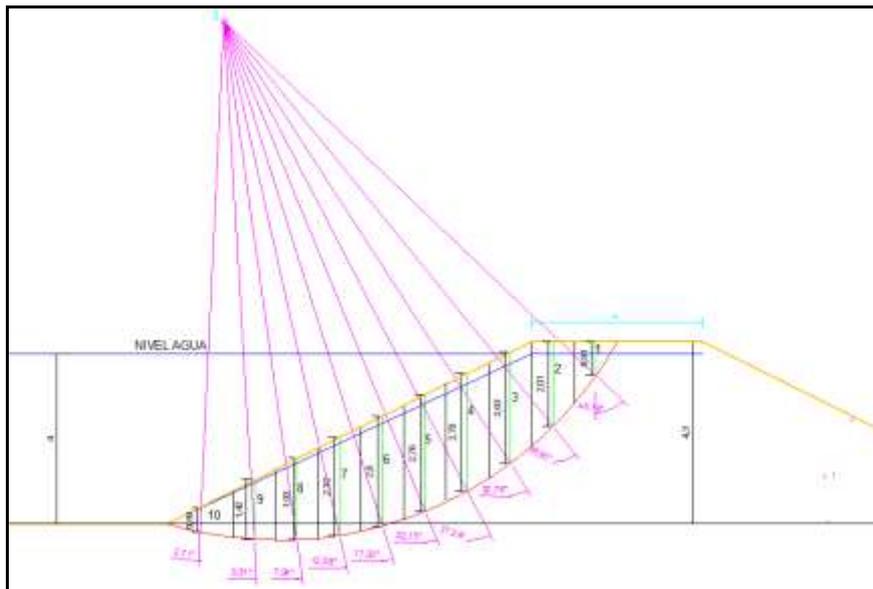


Figura 24 Dovelas en el Tramo III  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.3.4 Análisis del talud y el ángulo para el muro de confinamiento.

Con el análisis establecido con el Factor de Seguridad se puede establecer el talud que se necesita para la conformación del muro de confinamiento, para cada tramo como podemos identificar en la Tabla 29.

Tabla 29

Indica el resultado de factor de seguridad y el talud.

TRAMO	METODO	Fs	ANGULO	TALUD
I ARCILLA	Dovelas FELLENIUS	2.21	30	1 : 1.72
	Hoek – Bray	2.04	30	1 : 1.72
II ARENA ARCILLA	Dovelas FELLENIUS	1.63	30	1 : 1.72
	Hoek – Bray	1.51	30	1 : 1.72
III CASCAJO ARCILLA	Dovelas FELLENIUS	2.21	30	1 : 1.72
	Hoek – Bray	2.15	30	1 : 1.72

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.4 Corona

La corona del muro de confinamiento, deben soportar varios factores entre ellos la mecánica del suelo, efectos del clima, sometida a grandes esfuerzos, presión y empuje del agua en especial de vehículos que van a transitar sobre la corona, por esta razón esta capa debe ser más estable para el movimiento de maquinaria, vehículo y personas sobre ella.

“Varios autores opinan que no haya razón justificadora para que el ancho del coronamiento sea función de la altura. El mínimo de 3m es lo indispensable para permita el acceso de vehículos para tareas de mantenimiento.” (Espinosa, 2010, pág. 189).

“La ejecución de los trabajos de terminación de la obra también tienen sus requerimientos de espacio, por lo cual será el proyecto ejecutivo el que tenga la última palabra en esta cuestión. Autores chinos, tras una rica experiencia de construcciones recientes en ese país, recomiendan aumentar el ancho de coronamiento, para incrementar la estabilidad sísmica de la presa.” (Espinosa, 2010, pág. 190)

En el desarrollo del muro de confinamiento podemos darnos cuenta que la corona del muro de confinamiento, según los diferentes autores mencionados en el Capítulo III, el ancho es de un mínimo de 3 metros, utilizando formulas establecidas por ellos. Al analizar y establecer que el muro de confinamiento es muy alto y la corona de 3 metros es insuficiente

para soportar el empuje del material dragado y el agua por los que podemos establecer que, entre mayor corona, mayor estabilidad del muro de confinamiento.

Con la necesidad de establecer un ancho óptimo de la corona del muro de confinamiento es necesario establecer que:

- Menor ángulo ( $\alpha$ ) o pendiente del talud el factor de seguridad se reduce.
- Mayor ángulo ( $\alpha$ ) o pendiente del talud el factor de seguridad aumenta.
- La corona mínima que establece las formulas según los autores es insuficiente ya que entre más altura del muro confinamiento, mayor empuje recibe y menor estabilidad del mismo ya que recibe el material dragado y el agua al muro de confinamiento.
- Al tener mayor altura el muro de confinamiento es inestable por lo que es necesario aumentar el ancho de la corona del muro de confinamiento y por lo consiguiente el ancho de la base aumenta.
- Para ampliar el muro de confinamiento se realiza un análisis al factor de seguridad en que menor ángulo ( $\alpha$ ) de la pendiente mayor es la estabilidad por su aumento del peso del muro de confinamiento.
- Para poder establecer el ancho necesario de la corona del muro de confinamiento, es indispensable partir de las fórmulas de los autores ya mencionados, añadir la relación entre la altura del muro sobre el factor de seguridad como podemos ver en la Tabla 30:

$$\frac{\text{Altura del muro}}{\text{Factor de Seguridad}} = \frac{HM}{Fs}$$

Tabla 30  
Formula del cálculo de la Corona utilizando FS.

DISEÑO DE CORONA		
AUTOR	Diferentes Autores + HM/Fs	Corona
<b>Normas técnicas Mexicanas</b>	$B_c = (2 + 0.1 * (H)) + (HM/Fs)$	$B_c = (2 + 0.1 * (H)) + (HM/Fs)$
<b>Knappen</b>	$B_c = (1.65 * HM^{1/2}) + (HM/Fs)$	$B_c = (1.65 * HM^{1/2}) + (HM/Fs)$
<b>Preece</b>	$B_c = (1 + 1.1 * HM^{1/2}) + (HM/Fs)$	$B_c = (1 + 1.1 * HM^{1/2}) + (HM/Fs)$
<b>Codigo Japo</b>	$B_c = ((3.6 * H^{0.33}) - 3) + (HM/Fs)$	$B_c = ((3.6 * H^{0.33}) - 3) + (HM/Fs)$

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

- La altura del muro es proporcional al factor de seguridad entre mayor altura, mayor factor de seguridad, el resultado de la Altura del muro dividida para Fs (HM/Fs), este resultado se suma a las formulas ya identificadas por los diferentes autores como podemos ver en la Tabla 31 y en los gráficos de cada tramo.

Tabla 31

Análisis de la corona del muro de confinamiento incluyendo relación entre la altura del muro sobre el factor de seguridad

AUTOR	TRAMO I (m)					TRAMO II (m)					TRAMO III (m)				
	Dif. Aut.	Hm	Fs	Hm/Fs	Corona	Dif. Aut.	Hm	Fs	Hm/Fs	Corona	Dif. Aut.	Hm	Fs	Hm/Fs	Corona
Normas técnicas Mexicanas	2.43	4.28	2.21	1.94	4.37	2.41	5.05	1.63	3.1	5.51	2.31	4.3	2.21	1.95	4.26
Knappen	3.41	4.28	2.21	1.94	5.35	3.34	5.05	1.63	3.1	6.44	2.89	4.3	2.21	1.95	4.84
Preece	3.28	4.28	2.21	1.94	5.22	3.22	5.05	1.63	3.1	6.32	2.92	4.3	2.21	1.95	4.87
Código Japones	2.82	4.28	2.21	1.94	4.76	2.73	5.05	1.63	3.1	5.83	2.21	4.3	2.21	1.95	4.16
	<b>2.99</b>				<b>4.93</b>	<b>2.93</b>				<b>6.03</b>	<b>2.58</b>				<b>4.53</b>

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Diseño y Calculo de la corona del muro de confinamiento utilizando el resultado del FS.

Tabla 32

Diseño de la corona Tramo I

AUTOR	DISEÑO DE CORONA				
	Formula Autores	Altura muro	Fs	Hm/Fs	Corona (m)
<b>Promedio de autores</b>	2.99	4.28	2.21	1.94	4.93

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

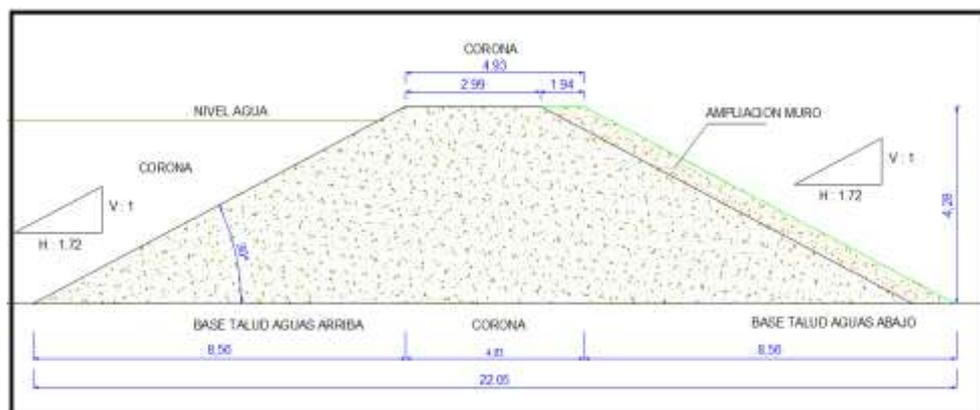


Figura 25 Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo I

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tabla 33  
Diseño de la corona Tramo II

AUTOR	DISEÑO DE CORONA				
	Formula Autores	Altura muro	Fs	Hm/Fs	Corona (m)
<b>Promedio de autores</b>	2.93	5.05	1.63	3.1	6.03

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

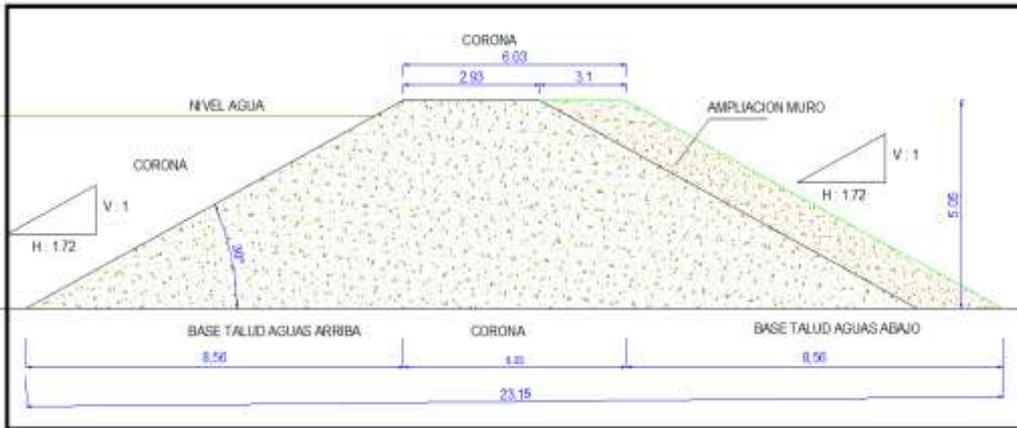


Figura 26 Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo II  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tabla 34  
Diseño de la corona Tramo III

AUTOR	DISEÑO DE CORONA				
	Formula Autores	Altura muro	Fs	Hm/Fs	Corona (m)
<b>Promedio de autores</b>	2.58	4.3	2.19	1.96	4.53

Fuente: Estanislao Tapia Solórzano (2018)

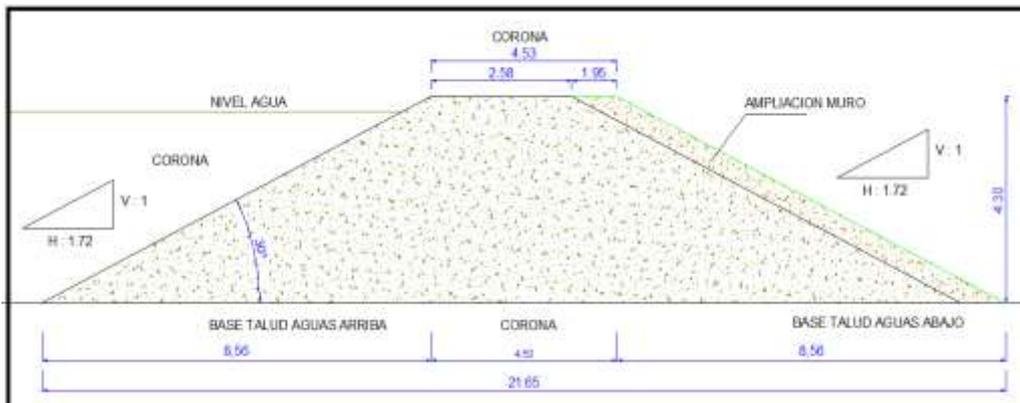


Figura 27 Cálculo de la Corona utilizando FS en el Tramo III  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Como podemos ver en la Tabla 35, se ha realizado el cálculo definitivo de la corona del muro de confinamiento, partiendo de la formulas establecidas por los diferentes autores incluyendo el análisis de la relación entre la altura del muro sobre el factor de seguridad.

Tabla 35  
 Datos obtenidos de los calculados realizados con el FS

DATOS	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
COTA T. NATURAL (m)	3.37	3.35	3.35
COTA PROYECTÓ (m)	7.65	8.40	7.65
HM = ALTURA MURO (m)	4.28	5.05	4.30
ANCHO DE LA CORONA (m) Bc	4.93	6.03	4.53

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.5 Borde libre

La definición de borde libre es la altura vertical entre el nivel de agua dentro del embalse y la corona muro de confinamiento, esto evita el desbordamiento del agua sobre el muro de confinamiento como indica la Figura 28, esto producido por olas, vientos, lluvias, deslizamientos de material en el talud de aguas arriba, actividades sísmicas y el asentamiento del muro de confinamiento.

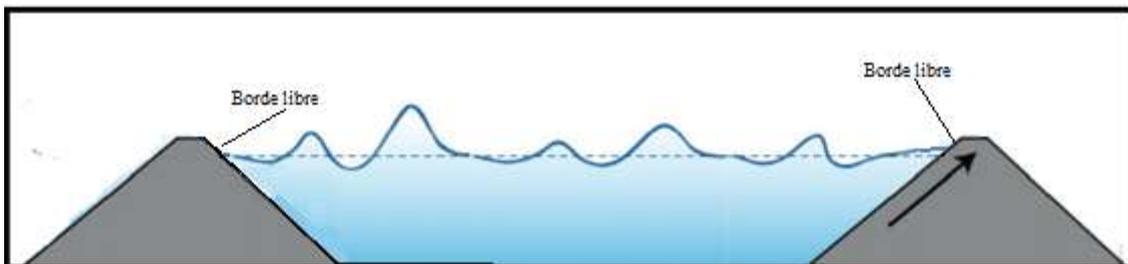


Figura 28 Fase de ola por deslizamiento  
 Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Según estos autores Marsal – Reséndiz, USBR ( United States of Reclamation) y el Laboratorio de Hidráulica, Hidrología y Glaciología (VAW) de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich en Suiza, establecen que el borde libro de una presa de tierra no debe ser menor a 90 cm, este valor es cuando la presa es mayor de 20m de altura, pero tomando esta recomendación se puede calcular con las siguientes expresiones:

$$HBL = ht + R + \Delta H$$

ht = Altura trepada de olas generadas por el viento

Remanso (R) = viento de velocidad moderado

$\Delta H$  = Asentamiento del muro de confinamiento

#### 4.4.5.1 Altura de trepada de la ola ( $h_t$ )

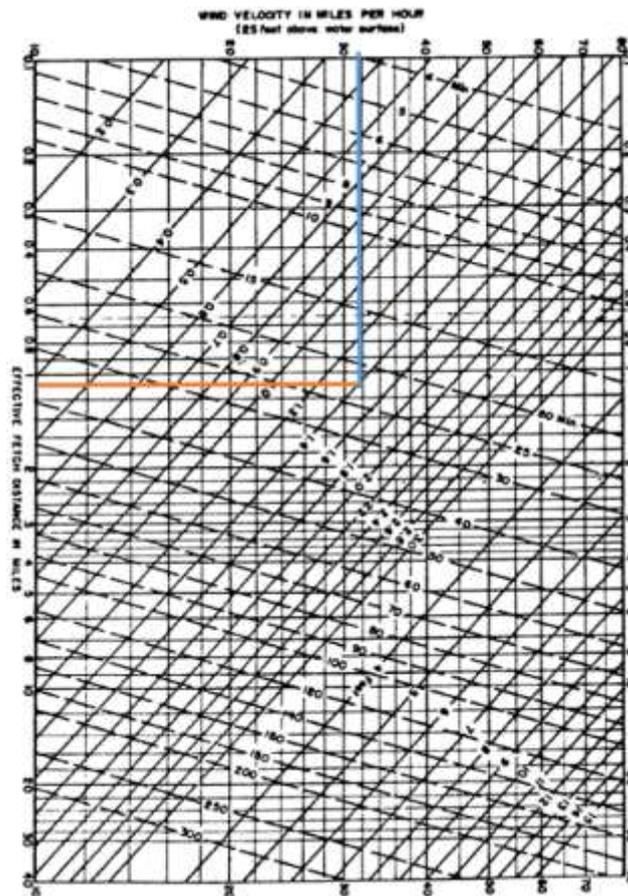
Para el cálculo de la altura de olas generada por el viento para el muro de confinamiento (presas de tierra) cubierta geotextil (rocas) se determina con los siguientes términos:

$$h_t = \frac{h_s}{0.4 + \left(\frac{h_s}{\lambda}\right)^{0.5}} * m$$

Donde:

La altura de la ola está representada por la línea continua en pies y la duración del viento en minutos, para desarrollar la ola está (Barzallo Samaniego & Guerrero Merchán, 2013) representada en línea discontinua.

$h_t$  = Altura de trepada de la ola 1.40 pies en su velocidad máxima para encontrar la velocidad mínima se multiplica por 50% = 0.70 pies como indica en el Ábaco 10



Ábaco 8 Cálculo de la trepada de la ola

Fuente: Ábaco (Barzallo Samaniego & Guerrero Merchán, 2013)

Calculado por Tapia Solórzano E. (2018)

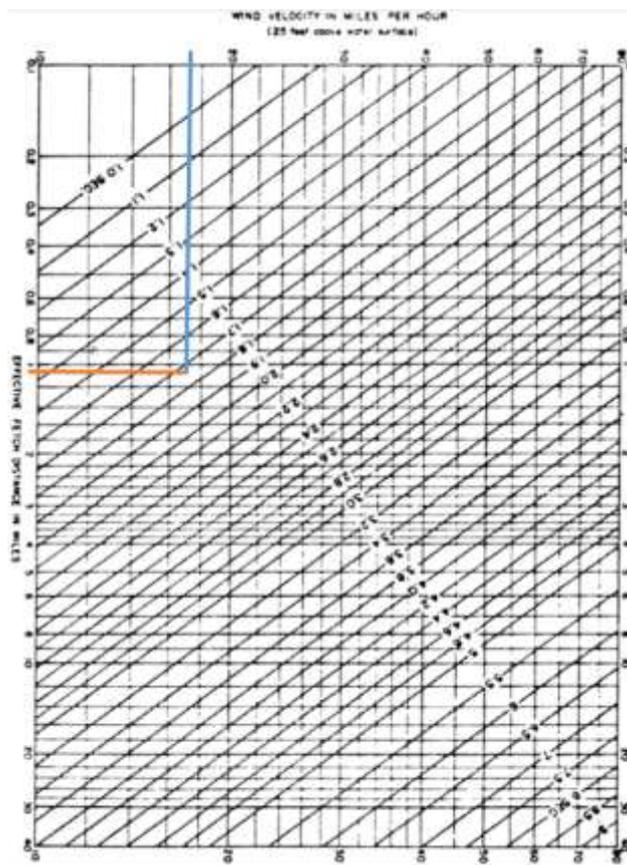
$\lambda$  = Longitud de la ola

La longitud de la ola se obtiene de  $t_w = 1.73s$ , del valor Fetch que es  $F=1.3$  milla de este valor proyectamos a la línea del segundo, en este caso se proyectó 1.73s. Con este valor podemos calcular por medio de la ecuación  $\lambda = 5.12 t_w^2$ , como indica en el Ábaco 11

$$\lambda = 5.12 * 1.73^2 = 15.32 \text{pies},$$

$m$  = Cotangente del talud aguas arriba de la presa = 3 sin unidad

$$h_t = \frac{0.70}{0.4 + \left(\frac{0.70}{15.32}\right)^{0.5} * 3} = 0.492 \text{ pies} = 0.15m$$



Ábaco9 Cálculo de la longitud de la ola

Fuente: Ábaco (Barzallo Samaniego & Guerrero Merchán, 2013)

Calculado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.5.2 Remanso (R)

$$R = \frac{V_v^2 * F}{1400 * D}$$

$V_v$  = Velocidad de viento 31.6 millas/h, este resultado es para una velocidad máxima y se multiplica por 50% esto es 15.8 millas/h, pies como indica en el ábaco N° 4.9 Partiendo de un Fetch = 1.3 millas se proyecta una línea hasta la línea de los segundos de 1.4s a este valor

también se multiplica por 50% porque es la máxima velocidad de un tiempo, esto nos da 0.70s

$$F = \text{Fetch} = 1.3 \text{ millas}$$

$$D = \text{Profundidad media en el embalse} = 14.05 \text{ pies}$$

$$R = \frac{15.8 * 1.3}{1400 * 14.05} = 0.00104 \text{ pies} = 0.000318\text{m}$$

#### 4.4.5.3 Asentamiento de la presa

$$\Delta H = 1\text{pie} = 0.2\text{m}$$

El borde libre es la suma de los resultados de cada uno de los componentes dando como resultado 0.35m, pero la recomendación realizada de que el borde libre no puede ser menor a 0.90m, esta recomendación es para una represa de tierra o embalse de una profundidad superior a los 20m, por lo tanto, la altura de la berma puede ser 0.35m ya que, en los trabajos realizados para el dragado, el nivel del agua se lleva un control estricto, cuidando que el nivel del agua no supere lo calculado.

$$\text{HBL} = ht + R + \Delta H =$$

$$\text{HBL} = 0.15\text{m} + 0.000318\text{m} + 0.2\text{m} = 0.35 \text{ m}$$

#### 4.4.6 Base del Muro de Confinamiento

Calculando los componentes geométricos del muro de confinamiento, nos resta determinar la medición de la base del muro, que representa la suma la base del talud aguas arriba y aguas abajo más la corona, como podemos ver en la Tabla 36 y Figura 29

Tabla 36  
Calculo de la base del muro de confinamiento

TRAMO	ALTURA MURO	ANGULO TALUD	BASE AGUA ARRIBA	CORONA	BASE AGUAS ABAJO	TOTAL BASE
I	4.28	30	7.38	4.93	7.38	19.69
II	5.05	30	8.71	6.03	8.71	23.45
III	4.30	30	7.41	4.53	7.41	19.35

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

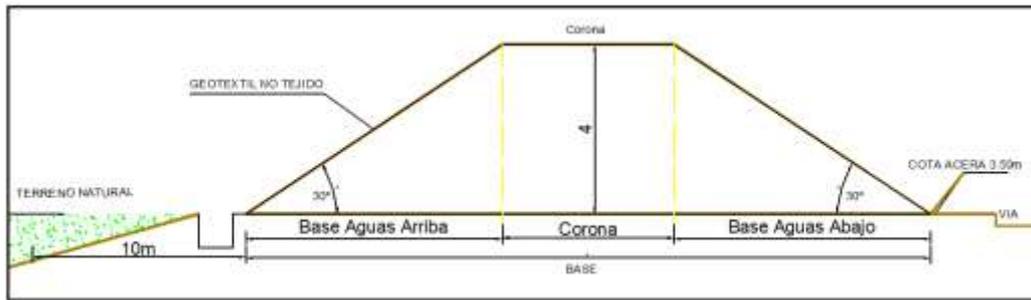


Figura 29 Diseño del muro de contención  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.7 Línea de corriente superficial de un muro de confinamiento (presa de tierra)

El primer método aproximado para conocer la forma de la línea de corriente superior y el gasto en una presa de sección homogénea o en el corazón impermeable de otra de sección diferente, fue presentado simultáneamente por Schaffernak<sup>7</sup> y Van Iterson. El método descansa en las recién analizadas hipótesis de Dupuit, pero toma en consideración hasta cierto punto las condiciones de entrada y salida de la línea de corriente superior (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 1974, pág. 80)

“La Ley de Darcy comienza con una ecuación puramente empírica para la velocidad de descarga del agua a través de suelos saturados, esta es válida para condiciones de flujo laminar y se puede aplicar a un amplio rango de suelos”. (Villa, 2016 - 2017, pág. 45)

Como se muestra en la ecuación  $V = k_{fp} \times i$

Donde:

$V$  = Velocidad de descarga del agua.

$k_{fp}$ : Coeficiente de filtración cuerpo de la presa

$i$ : Gradiente Hidráulico

Para realizar los cálculos para poder establecer la filtración, primero debemos identificar todos los componentes que intervienen en la Figura 30 como son:

$q$  = Caudal unitario

$k_{fp}$  = Coeficiente de filtración del cuerpo del muro

$k_{fc}$  = Coeficiente de filtración de la cimentación

$H$  = Altura base del muro de confinamiento y la altura de agua arriba

$y$  = Altura base del muro de confinamiento y la línea de saturación

$H_2$  = Altura base del muro de confinamiento y la terminación de la línea de saturación en el pie del talud agua abajo

$m_1$  = Pendiente agua arriba

$m_2$  = Pendiente agua abajo

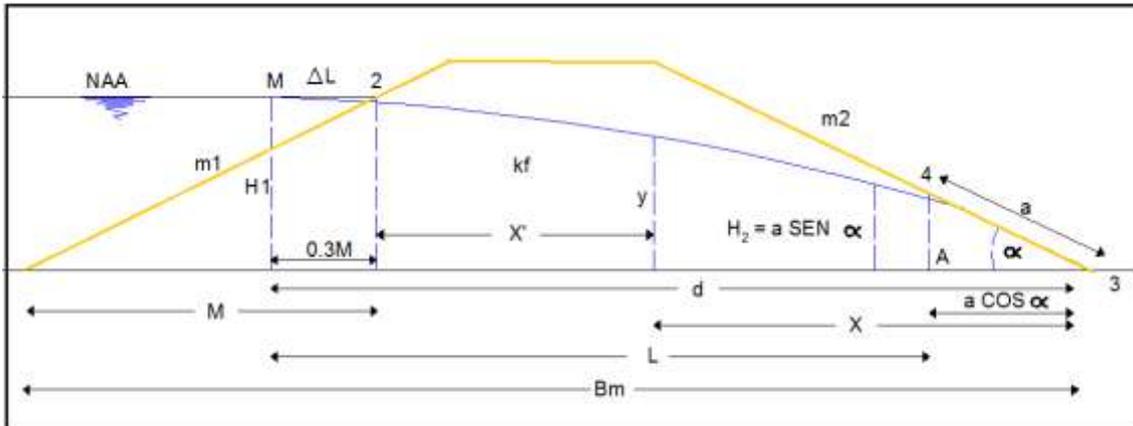


Figura 30 Método de Schaffermak y Van Iterson para  $\alpha < 30^\circ$ .  
Fuente: Parábola de Kozeny

Identificado los componentes que intervienen en la filtración en el muro de confinamiento, se inicia identificando la línea de saturación inicia en el talud aguas arriba ( $m_1$ ) del muro de confinamiento con su terminación en la intersección de la línea de saturación de agua del talud  $m_2$  en el pie agua abajo, se procede a calcular:

### Gasto Filtración ( $q$ )

Para determinar el caudal unitario es necesario enunciar a la Teoría de Dupuit.

En 1863 J. Dupuit estableció las bases para la solución aproximada, que es históricamente la primera de que se dispone para tratar problemas de flujo no confinado y de la que hoy todavía se sigue haciendo uso (Quevedo S., 2016a).

La teoría de Dupuit tiene dos hipótesis básicas:

Para pequeñas inclinaciones de la LCS, las líneas de flujo pueden considerarse horizontales y por tanto las líneas equipotenciales como verticales.

El gradiente hidráulico es igual a la pendiente de la línea de corriente superior en el punto de que se trate y es constante en cualquier punto de la vertical que se trace por él. (Villa, 2016 - 2017, pág. 51)

Mediante un corte transversal del muro de confinamiento podemos aplicar la ley de Darcy, en la que podemos demostrar la ecuación del caudal unitario, donde se asume que la gradiente hidráulica es igual a la pendiente de la Línea de Corriente Superior (LCS).

$$qL dx = -k_{fp} \times H_2 \times dy \quad (1)$$

Si encontramos la integral de la ecuación se logra (1)

$$qL = -\frac{k_{fp}H_2^2}{2} + C \quad (2)$$

Iguamos  $x=0$  y  $y=h$ , queda:

$$C = \frac{k_{fp}}{2} \times H_1^2 \quad (3)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2) en (3), se obtiene:

$$qL + \frac{k_{fp}}{2} H_2^2 = \frac{k}{2} H_1^2 \quad (4)$$

$$q = k_{fp} \frac{H_1^2 - (H_2^*)^2}{2L} \quad (5)$$

Todo esto representa la ecuación de la teoría Dupuit que constituye la ecuación LCS y está representada por una parábola.

### Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos I, II y III

$$a = \frac{d}{\cos\alpha_2} - \sqrt{\frac{d^2}{\cos^2\alpha_2} - \frac{h^2}{\sen^2\alpha_2}} \quad (1)$$

$$q = Kf \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L} \quad (2)$$

$$h_x = \sqrt{H_1^2 - (H_1^2 - H_2^2) \frac{x}{L}} \quad (3)$$

$$d = L - M + 0.3M$$

$$d = L - 0.7M \quad (4)$$

$$M = h / \tag \alpha \quad (5)$$

$$\Delta L = 0.3M \quad (6)$$



Figura 31 Filtración del muro  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### Tramo I Filtración en el muro de confinamiento

Tabla 37  
Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos I

Datos	Valores	Unidades	Conceptos
Angulo	30.00		
Talud H	1.00	m	
Talud V	1.72	m	
Kfp =	0.000001	cm/seg	10x10 <sup>-6</sup> cm/seg
a =	1.95	m	
d =	14.93	m	
M =	6.89	m	
H1 =	3.98	m	Altura nivel agua
Bm =	19.75	m	Base muro
ΔL =	2.07	m	
Cr=	4.93	m	Corona muro
H2 =	0.98	m	
a*cos =	1.69	m	
x=	7.41	m	
Hm =	4.28	m	Altura muro
B1 =	0.30	m	Borde libre
L =	13.24	m	
x' =	7.52	m	
y =	2.72	m	
hx =	0.73	m	
q =	0.000001	m <sup>3</sup> /seg.m	Gasto

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

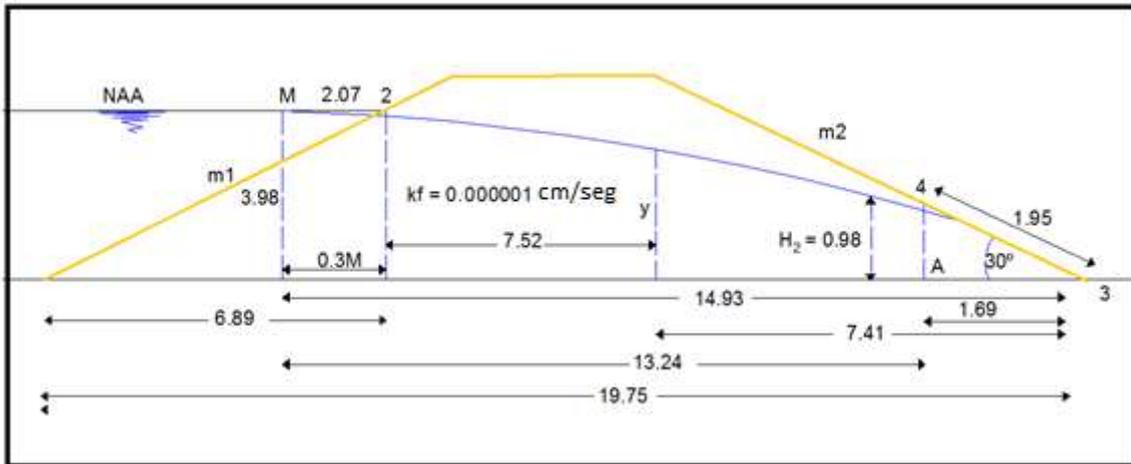


Figura 32 Filtración en el Tramo I  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### Tramo II Filtración en el muro de confinamiento

Tabla 38  
Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos II

Datos	Valores	Unidades	Conceptos
Angulo	30.00		
Talud H	1.00	m	
Talud V	1.72	m	
Kfp =	0.0001	cm/seg	$1 \times 10^{-4}$ cm/seg
a =	2.33	m	
d =	17.77	m	
M =	8.23	m	
H1 =	4.75	m	Altura nivel agua
Bm =	23.53	m	Base muro
$\Delta L =$	2.47	m	
Cr =	6.03	m	Corona muro
H2 =	1.17	m	
a*cos =	2.02	m	
x =	8.75	m	
Hm =	5.05	m	Altura muro
Bl =	0.30	m	Borde libre
L =	15.75	m	
x' =	9.02	m	
y =	3.23	m	
hx =	0.87	m	
q =	0.000067	m <sup>3</sup> /seg.m	Gasto

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

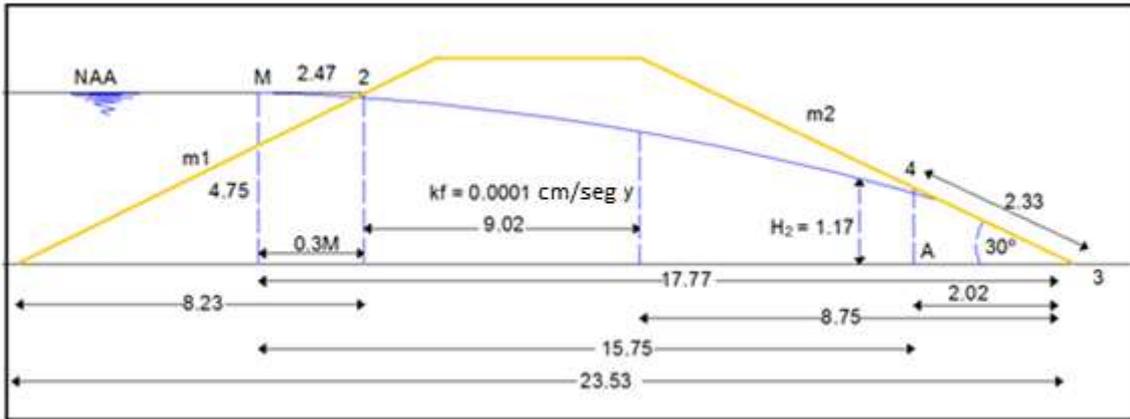


Figura 33 Filtración en el Tramo II  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

### Tramo III Filtración en el muro de confinamiento

Tabla 39  
Calculo de Filtración en el muro de confinamiento en los Tramos III

Datos	Valores	Unidades	Conceptos
Angulo	30.00		
Talud H	1.00	m	
Talud V	1.72	m	
Kfp =	0.0013	cm/seg	$1.3 \times 10^{-3}$ cm/seg
a =	2.02	m	
d =	14.58	m	
M =	6.93	m	
H1 =	4.00	m	Altura nivel agua
Bm =	19.43	m	Base muro
$\Delta L =$	2.08	m	
Cr =	4.53	m	Corona muro
H2 =	1.01	m	
a*cos =	1.75	m	
x =	7.45	m	
Hm =	4.30	m	Altura muro
B1 =	0.30	m	Borde libre
L =	12.83	m	
x' =	7.13	m	
y =	2.77	m	
hx =	0.77	m	
q =	0.000759	m <sup>3</sup> /seg.m	Gasto

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

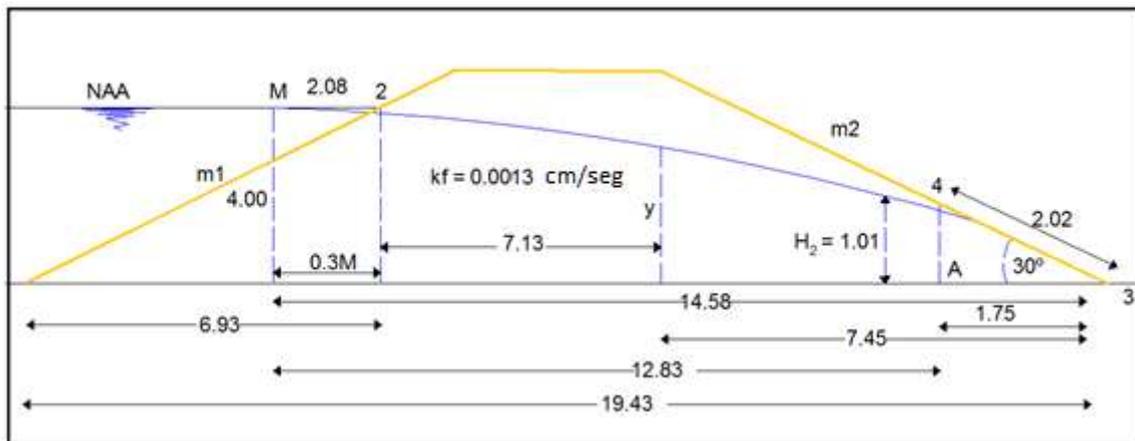


Figura 34 Filtración en el Tramo III  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.8 Geotextil N2000 No Tejido

Concluida la construcción del muro de confinamiento, es necesario la protección del talud aguas arriba, con la colocación de Rip - Rap que protege las paredes del talud, pero como en la colocación del material de Rip - Rap es demasiado costoso y su tiempo de ejecución es muy largo, a todo esto, se puede remplazar con el Geotextil N2000 no tejido, que representa todo lo contrario al Rip-Rap.

El geotextil N2000 no tejido tiene la función de proteger el talud aguas arriba, no permitiendo la pérdida de los materiales finos causantes de los derrumbes, como se puede observar en las especificaciones técnicas del fabricante, que se indican en el Anexo 8.

##### 4.4.8.1 Función del Geotextil N2000 no tejido

“Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades Geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material”. (Geosistemas, 2009, pág. 10), esta separación es entre taludes de aguas arriba y el agua que es producto del dragado.

##### 4.4.8.2 Colocación de Geotextil N2000 No Tejidos

Para la colación del Geotextil N2000 no tejido se realizó anclajes en la parte superior del muro y en el pie, a lo largo del mismo estos anclajes es una zanja en la parte superior del muro específicamente en la corona, de 1m por 1m, al igual que en el pie del muro de confinamiento, como se indica en la Figura 35.

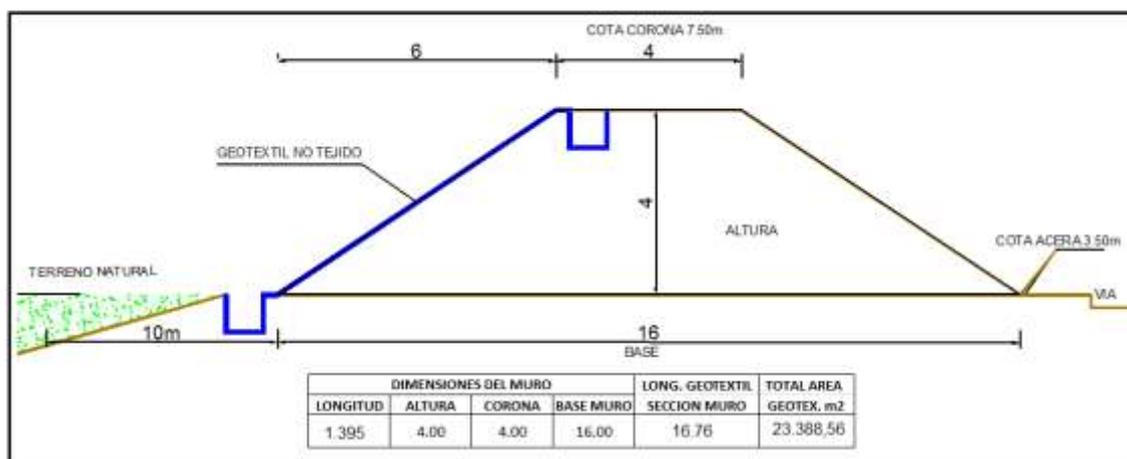


Figura 35 Diseño y medidas del Geotextil n2000 no Tejido  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

La cantidad utilizada de Geotextil N2000 no tejido es de 23.388,56 m<sup>2</sup>, esto comprende que el muro de confinamiento tiene una longitud de 1395m y una sección promedio de geotextil de 16.76m.

#### 4.4.9 Drenaje o Aliviadores del Muro de Confinamiento

En el diseño del muro de confinamiento se toma en cuenta la evacuación del agua que expulsa la draga por motivo de la transportación de los sólidos, que representa un 70% de agua y un 30% de sólidos.

Conceptualmente el aliviadero es una obra integrante de la presa, que se debe ocupar del transporte, hasta aguas abajo de la misma, que no pueda ser retenida en el embalse por encima del nivel ordinario de su operación. Como entre aguas arriba y aguas abajo de la presa está creado un salto, el exceso de energía que el agua tiene al terminar su descenso con respecto a la energía específica, que requiere para continuar su camino por el cauce natural, debe ser disipada para evitar daños indeseados (Espinosa, 2010, pág. 121)

Como indica el Ing. Manuel Espinoza, en su libro Ingeniería de Presas de Escolleras, que para la evacuación de las aguas de un embalse se debe construir aliviaderos, para evacuar el agua y como el muro de confinamiento se toma como embalse, se debe construir un drenaje que cumple las funciones de aliviaderos.

##### 4.4.9.1 Caudal de salida del drenaje

El Caudal de salida de agua del drenaje por tubería de 0,5m de diámetro a un llenado del 40% de salida por tubo es 0.179m<sup>3</sup>/seg, como son 3 tuberías el resultado de Caudal total de salida del drenaje es 0.536m<sup>3</sup>/seg. Como se puede ver en el Anexo 9 donde se desarrolla el

caudal de salida del drenaje del dragado. Como se puede ver en el Figura 36 donde se puede ver la cantidad de caudal sale por cada tubería.



*Figura 36 Tubería de drenaje en el muro de confinamiento*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### **4.4.9.2 Canal de evacuación de agua del dragado, tubería a la alcantarilla a la Calle P**

El líquido que sale del drenaje se deposita en una caja metálica de medidas 4.50 largo, 2.6m de ancho y una altura de 1.5m. Esta caja se conecta a un canal abierto que se construye con las medidas de 240m de largo, un metro en la base y de talud 1:1 a los dos lados. Como podemos ver en el Figura 37, Figura 38 y Anexo 10 donde se detalla el cálculo de caudal y capacidad del canal



*Figura 37 Primer desarenador*  
Fuente: Estanislao Tapia Solórzano (2018)



Figura 38 Canal de evacuación del agua del dragado.  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Este canal se conecta a otra caja metálica, con las mismas mediciones de la primera caja metálica una distancia de 240m de longitud como indica el la Figura 39

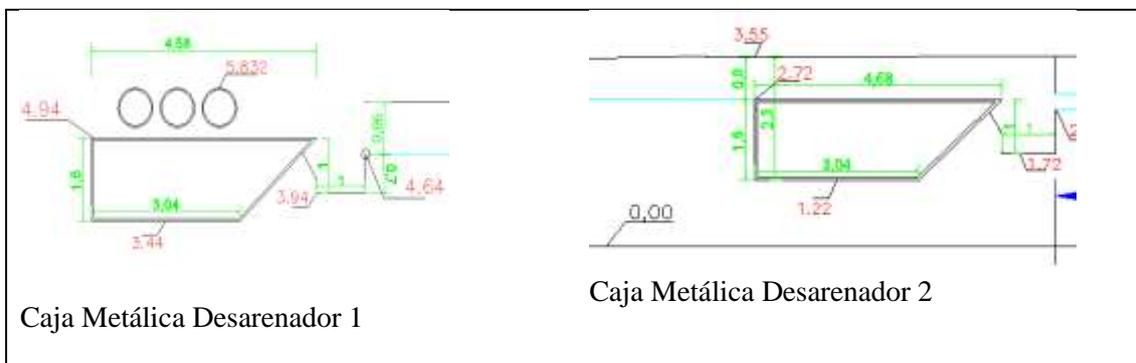


Figura 39 Cajas metálicas

Fuente: Estanislao Tapia Solórzano (2018)

Para poder eliminar la velocidad del agua, se coloca piedras de 30cm a 40cm, esto sirve como disipadores de energía del agua hasta llegar a la segunda caja metálica según indica el Figura 40



Figura 40 Canal de evacuación con disipadores de energía  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.4.9.3 Canal de salida a la alcantarilla de la Calle P

De la segunda caja se empata a dos tuberías de 20 pulgadas, estas tuberías se conectarán a dos cajas de drenaje de aguas lluvias de la calle “P”. Como indica el Figura 41

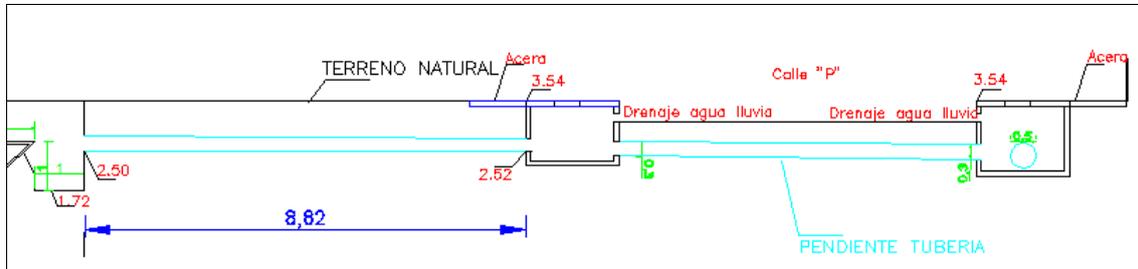


Figura 41 Empata de tubería a la caja aguas lluvias de la calle “P” y calle Cacique Tómala.  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

El Caudal de que soporta la tubería de salida al drenaje de la Calle P de un diámetro de 0,5m a un llenado del 80% de salida por tubo es 0.263 m<sup>3</sup>/seg, como son dos tuberías el resultado de Caudal total de salida del drenaje es 0.526m<sup>3</sup>/seg. Como se puede ver en el Anexo 11 donde se desarrolla el caudal de salida del drenaje del dragado y la cantidad de caudal sale por cada tubería.

La primera caja tiene pendiente a la calle Cacique Tómala y la otra esta con pendiente a Andipuerto., según indica la Figura 42 y Figura 43



Figura 42 Canal para colocación de tubería para empatar a la caja de revisión de AALL  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



Figura 43 Empate a la caja de revisión de AALL con la tubería  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.5 Ejecución de los trabajos del Muro de Confinamiento

Establecido los parámetros de diseño del muro de confinamiento, como se muestran en la Tabla 40 con la que se inicia la construcción.

Tabla 40  
Datos Calculados para la construcción del muro de confinamiento

Datos	Unidad	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Dentellón (ancho x profundidad)	m <sup>2</sup>	3 x 1	3 x 1	3 x 1
Altura de muro	m	4.28	5.05	4.30
Factor de seguridad		2.21	1.63	2.21
Talud Aguas Arriba	m	1V : 1.72H	1V : 1.72H	1V : 1.72H
Talud Aguas Abajo	m	1V : 1.72H	1V : 1.72H	1V : 1.72H
Corona	m	4.93	6.03	4.53
Borde Libre	m	0.50	0.77	0.50
Caudal de Infiltración	m <sup>3</sup> /seg.m	0.000006	0.000007	0.000029

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Para la construcción de un muro de confinamiento comprenden de varias etapas:

- Limpieza del área construcción para su cimentación del dentellón y área para la base del muro de confinamiento.
- Excavación del dentellón: colocación de material permeable y material mejorado.
- Construcción del muro de confinamiento
  - Colocación de los materiales que constituyen al cuerpo del muro de confinamiento.
- Colocación de Geotextil N2000 no tejido.
- Colocación del drenaje
- Canal de evacuación del Agua dragada.

- Control del funcionamiento del muro de confinamiento en el momento del dragado.

#### **4.5.1 Limpieza del área construcción para su cimentación del dentellón y área para la base del muro de confinamiento:**

Con el levantamiento topográfico, se realiza el replanteo del eje del muro de confinamiento, con esto inicia los trabajos de limpieza de la superficie donde se ejecuta el muro de confinamiento, eliminando la tierra vegetal y basura que se encuentre en el área donde se ubicara la base del muro, esta limpieza garantiza la mezcla entre los materiales de terreno natural y el material con que se va a construir como se puede ver en la Figura 44, Figura 45 y Figura 46. El desbroce del terreno se realizó de 0.5m a 1m o hasta llegar el nivel freático, en el que el material fue desalojado fuera del área de trabajo.



*Figura 44 Limpieza del área de trabajo*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 45 Área de trabajo en el eje del muro de confinamiento*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 46 Área limpia para iniciar el trabajo del dentellón*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### **4.5.2 Construcción del Dentellón**

El diseño del dentellón se realizó en primer instancia con la medida de la corona del muro inicia de 3m y una profundidad promedio de 1m, debido al nivel freático localizado a la cota 2m, una vez realizada la excavación, se procede a rellenar con material seco encontrado (arena, arcilla y cascajo) en el área, que servirá para la permeabilidad en el momento del relleno hidráulico del dragado. Se procede al regado y a la mezcla del material a utilizar, el mezclado se realiza con el arrastre de material con el tractor y la excavadora con la compactación que son utilizadas en la construcción del muro de confinamiento, esto se realiza varias veces hasta que la mezcla llegue a una humedad óptima de 0 a +3% y con una densidad mínima del 95% del Proctoc modificado, ya que el nivel freático está cerca. Como se puede ver en las Figuras.47 y Figura 48.



*Figura 47 Excavación del dentellón 3m ancho y 1m profundidad*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 48 Relleno del dentellón*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### **4.5.3 Construcción del Muro de Confinamiento**

En esta primera etapa es importante que el material se encuentra libre de impureza o vegetación, para una buena adherentes de los materiales, por cuanto en esta capa sucede la infiltración del agua, a igual con la construcción del dentellón es necesario colocar el material para la impermeabilización de muro de confinamiento.

Tramo I, Construido el dentellón, se inicia el arrastre del material, localizado cerca a las abscisas 0+000 a 0+340 y de la 0+900 a 1+395, con tractores D6 y una excavadora para la reconformación del talud y la compactación con el mismo peso del equipo.

Su construcción se realiza arrastrando el material arcilloso de manera uniforme, hacia el eje del muro desde la cota 3.37m del terreno natural, formando capas sucesivas de material de 50 cm de espesor, compactando con la mismas maquinas (tractor D6) que empujan el material y con la excavadora que va reconformando el talud, como podemos ver en la Figura 49, esto se realiza continuamente hasta llegar a la altura de corona que en este caso llego a la cota 7.65m, Figura 50.



*Figura 49 Arrastre de material para reconfigurar el muro con tractores D6*  
Elaborado por Tapia Solórzano E.



*Figura 50 Reconfiguración del muro con excavadora y su compactación*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tramo II, Construido el dentellón, se inicia el arrastre del material, localizado cerca a las abscisas 0+900 a 1+160, con tractores D6 y una excavadora para la reconfiguración del talud y la compactación con el mismo peso del equipo como se puede ver en la Figura 51.



*Figura 51 Reconformación del muro de confinamiento*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Se utiliza volquetas que transportan el material para su mezcla de material arena y arcilla de manera uniforme, como podemos ver en la Figura 52, hacia el eje del muro desde la cota 3.35m del terreno natural, formando capas sucesivas de material de 50 cm de espesor, compactando con la mismas maquinas (tractor D6) que empujan el material y con la excavadora que va reconformando el talud, esto se realiza continuamente hasta llegar a la altura de corona que en este caso llego a la cota 8.40m.



*Figura 52 Transporte para mezcla del material.*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

“Las presas de tierra se compactan para:

- Mejorar las propiedades mecánicas del terraplén, básicamente para aumentar la densidad  $\gamma_d$ , el ángulo de fricción  $\Phi$  y la cohesión  $C$ .
- Homogeneizar el material, evitando la presencia de zonas débiles poco densas e incluso la existencia de cavidades que podrían propiciar la erosión interna o tubificación de la presa.
- Disminuir la permeabilidad del terraplén. Al pasar de una densidad seca del 95% al 98% de la máxima Proctor, se logra disminuir en 100 veces la permeabilidad de algunos materiales”. (NÚÑEZ, 2006, pág. 18)

Tramo III, Construido el dentellón, se inicia el arrastre del material, localizado cerca a las abscisas 0+340 a 0+900, con tractores D6 y una excavadora para la reconfiguración del talud y la compactación con el mismo peso del equipo, como se puede ver en la Figura 53.



*Figura 53 Compactación y reconfiguración del talud*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Su construcción se realiza arrastrando el material cascajo y arcilla de manera uniforme, hacia el eje del muro desde la cota 3.35m del terreno natural, formando capas sucesivas de material de 50 cm de espesor, compactando con la mismas maquinas (tractor D6) que empujan el material y con la excavadora que va reconfigurando el talud, como podemos ver en la Figura 54 esto se realiza continuamente hasta llegar a la altura de corona que en este caso llego a la cota 7.65m.



*Figura 54 Conformación del muro de contención*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

“Las presas de tierra se compactan para:

- Mejorar las propiedades mecánicas del terraplén, básicamente para aumentar la densidad  $\gamma_d$ , el ángulo de fricción  $\Phi$  y la cohesión  $C$ .
- Homogeneizar el material, evitando la presencia de zonas débiles poco densas e incluso la existencia de cavidades que podrían propiciar la erosión interna o tubificación de la presa.
- Disminuir la permeabilidad del terraplén. Al pasar de una densidad seca del 95% al 98% de la máxima Proctor, se logra disminuir en 100 veces la permeabilidad de algunos materiales”. (NÚÑEZ, 2006, pág. 18)

#### **4.5.4 Colocación de Geotextil N2000 no Tejido.**

Como primer paso para la colocación del geotextil se realiza una zanja de 1 m de ancho y 1 m profundidad en la parte superior del muro (corona) y otra al pie del talud del muro a lo largo del mismo y con las mismas medidas como indica en la Figura 55 y Figura 56.



*Figura 55 Excavación de zanja en el corno del muro de contención*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 56 Excavación de zanja al pie del talud del muro de contención*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Se procede a medir en forma línea la cantidad de Geotextil N2000 no tejido que se va a utilizar, sabiendo que el rollo de geotextil tiene un ancho de 4m y una longitud de 520m se realizan cortes y para unir entre ellos son cosidos a mano para luego ser colocados, como podemos ver en la Figura 57



*Figura 57 Colocación del Geotextil N2000 no tejido por tramos*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Terminado este procedimiento se procede a rellenar las zanjas con el mismo material sustraído, como podemos ver en la Figura 58



*Figura 58 Colocación del Geotextil N2000 no tejido terminado*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

La cantidad utilizada de Geotextil N2000 no tejido es de 21719 m<sup>2</sup>, esto comprende que el muro de confinamiento tiene una longitud de 1395m y la sección de geotextil a usar es de 13.5m dando un área de 18832m<sup>2</sup>, a esto se debe tomar en cuenta el desperdicio del 15.3% que es de 2887m<sup>2</sup>, dando un total de 21719m<sup>2</sup> de geotextil N200 no tejido usado. Como podemos ver en la Figura 59



*Figura 59 Muro terminado en su construcción y la colocación del Geotextil 2000 no tejido terminado*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### **4.5.5 Colocación del drenaje en el Muro de confinamiento**

Este tipo de drenaje sirve para evacuar el agua confinada, producto del dragado, que consiste en bombear 70% de agua y 30% de materia en el momento del dragado producto del muelle 1D de Andipuerto.

Este drenaje consta de dos partes principales, primero la caja de drenaje metálica y la segunda la tubería que evacua solo el agua al canal que lleva el agua al alcantarillado de aguas lluvias ubicado en las calle P y los sedimentos se decantan a lo larga del área de confinamiento.

La colocación de la caja de drenaje está a 20cm bajo la cota del muro (7.65m), en la parte superior de la caja este a la cota 7.45m y la tubería de drenaje está a la cota 5.83m en su parte inferior de la caja de drenaje. Como indica en la Figura 60, Figura 61 y la Figura 62



*Figura 60 Colocación de la caja de drenaje*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 61 Colocación de tubería a la caja de drenaje*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 62 Colocación de tubería a la caja de drenaje*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. órzano (2018)

Para evacuar solo aguas a través de la caja de drene, es necesario colocar tablonces, para que cuando llegue al nivel del primer tablón solo salga el agua y se decante el sólido, pero cada vez que aumenta el nivel de agua hay que colocar otro tablón más para evitar que los sedimentos salgan a la tubería de desalajo, este procedimiento se repite hasta cuando el ultimo tablón sea colocado hasta el nivel del borde libre que está a 0.3m bajo de la caja de drenaje, si el agua con sedimentos llegan al nivel máximo es enserio parar el bombeo del

dragado, hasta evacue el agua del muro de confinamiento, si no se hace esto podría desbordar el agua y sedimentos del dragado por encima del muro, produciría daños gravea a la estructura del muro.

#### **4.5.6 Canal de evacuación de agua del dragado-**

Con el diseño establecido para el canal de evacuación del agua producto del dragado, en su ingreso al canal como al termino de mismo que se une con las cajas de revisión de aguas lluvia en la calle P. como podemos ver en las Figuras 63 y la Figura 64



*Figura 63 Inicia del canal en el drenaje*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 64 Fin del canal en la calle P*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

En el canal se colocaron piedras de 0.40m diámetro que sirven como disipadores de energía ya que al llegar a la tubería del drenaje de la calle P no debe tener mucha velocidad ni energía para poder evitar daños a la tubería de drenaje.

#### **4.6 Control del funcionamiento del muro de confinamiento y el drenaje en el momento del dragado.**

Para el funcionamiento del muro de confinamiento es necesario llevar los siguientes controles

- Control de drenaje del agua
- Recolección de basura
- Control de Infiltración en el muro confinamiento
- Control de Agrietamientos producidos en época de invierno

##### **4.6.1.1 Control de drenaje del agua.**

En el dragado en el muelle 1D de Andipuerto es importante llevar un control de descarga ya que la draga bombea 70% de agua y un 30% de material que puede ser limo o arena, esto se deposita en el interior del muro de confinamiento o embalse.

El control que se realiza es constante, consiste en poner un personal las 24 horas en la descarga el cual informa a la draga la situación y monitoreo de la descarga, controla de la salida de agua limpia sin sedimentos al drenaje, el nivel de agua para evitar el desborde de agua por arriba del muro de confinamiento, controla las infiltraciones de agua en el muro de confinamiento, la limpieza de basura en el drenaje, como podemos ver en la Figura 65, Figura 66 y la Figura 67.



*Figura 65 Ubicación de la Turia de salía a al drenaje de la calle P  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)*



*Figura 66 Tubería al 80% de su capacidad*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 67 Tubería máxima capacidad*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Los trabajos de control de drenaje, se desarrollaron sin novedad los contratiempos encontrados en momento de la maniobra del dragado, se tomaron decisiones y acciones inmediatas para evitar la salida de sedimentos por el drenaje.

#### **4.6.2 Recolección de basura**

Durante la ejecución del dragado se realizó la limpieza diaria ya sea basura por efecto del dragado que transporta por medio de la tubería hacia la descarga y la basura que se encontraba en el sitio que al llenar de agua en embalse esta flota, se dirige a la caja de drenaje

en la cual el personal recoge en bolsas para luego entregar al Puerto Limpio encargada de recolectar la basura de Guayaquil, como se puede observar en la Figura 68.



*Figura 68 Recolección de basura*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Al no asarlo esta basura produciría taponamiento en la caja de drenaje del muro de confinamiento y por consiguiente al drenaje de aguas lluvias en la calle P.

#### **4.6.3 Control de Infiltración en el muro confinamiento**

Se asignó un personal para el control de la infiltración a lo largo del muro de confinamiento se informa que en varios lugares hay infiltraciones en el Tramo III, en especial donde no se construyó el dentellón. El dentellón en los Tramos I y II no se produjo la filtración por la base del muro por cuanto se construyó el dentello evitando la infiltración. Como se puede apreciar en la Figura 69 y Figura 70.



*Figura 69 Filtración en el pie del muro en el Tramo III*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 70 Filtración en el pie del muro en el Tramo III*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Presentada la novedad se realizaron correctivos urgentes en el Tramo III, con equipo, material y personal, los cuales realizaron la limpieza del material saturado, reforzar en el pie del muro de confinamiento, la corona y la base, con materia de cascajo y arcilla seca que se encontraba en el sector, logrando detener la infiltración del agua. Como podemos observar en la Figura 71 y la Figura 72



*Figura 71 Reparación de la infiltración del muro en el Tramo III*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 72 Reparación total de la infiltración del muro en el Tramo III*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)r

La impermeabilidad también se produjo hasta cuando el limo del dragado se adhiriera a las paredes del talud aguas arriba, cubrió el Geotextil N2000 no tejido, esto permitiendo permeabilizar la pared del talud aguas arriba.

#### **4.6.4 Control de Agrietamientos producidos en época de invierno**

El agrietamiento y derrumbe en el muro de confinamiento se produjeron en el Tramo III donde no se realizó mejoramiento por la infiltración producida por la no construcción del dentellón. Este agrietamiento y derrumbe se produjo en época de invierno, el material se saturó y se debilitó el muro de confinamiento. Como podemos observar en la Figura 73



*Figura 73 Agretería en la corona del muro de confinamiento*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

El personal que inspecciona el muro de confinamiento informa que avía agrietamiento y derrumbes en un sector del Tramo III, el cual se tomó acciones inmediata, primero se par lizo el bombeo del dragado, luego se tragó un excavadora para realizar el mantenimiento, una cargadora, volquetas para transportar material de cascajo y arcilla no contaminado del sector y se procedió a realizar el arreglo. Como podemos observar en las Figuras 74, Figura 75, Figura 76, Figura 77 y Figura 78.



*Figura 74 Excavación del material saturado*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. 2018)



*Figura 75 Material saturado en la corona del muro de confinamiento*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 76 Retiro del material saturado*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 77 Colocación del nuevo material*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)



*Figura 78 Muro reconformado lista para reiniciar el Dragado*  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

## 4.7 Resultados del Trabajos finales realizado en el muro de contención

Las cantidades ejecutada y su costo en este proyecto, se presentan por la construcción del muro de confinamiento, colocación del Geotextil N2000 no tejido para el almacenamiento del material dragado del muelle 1 D de Andipuerto.

### 4.7.1 Resumen de cantidad de obra ejecutada en el proyecto Dragado del muelle 1D de Andipuerto.

Con la necesidad de almacenar el material dragado se construyó un muro de confinamiento, a partir de tres alternativas:

- Muro con material importado (cascajo)
- Muro con Geotubo con material de sitio y
- Muro con material del sitio

Entre estos tres tipos de construcción de muros se establece que el muro de confinamiento con material de sitio es el más conveniente en su ejecución, tiempo, y su costo por m<sup>3</sup>, partiendo del volumen estimado en el Anexo 12 cálculo de volumen de material necesario para su construcción.

Los parámetros geométricos de diseño establecido en un pre diseño, podemos ver en la Tabla 41 la cantidad contractual y la ejecutada, con los ajustes de diseños.

Tabla 41  
Volumen ejecutado versus lo programado del muro de confinamiento

Especificaciones técnicas del muro de contención.	Cantidad	
	Contractuales	Efectuada
Área Total	7 Ha.	9.3 Ha
Longitud muros perimetrales	1.398,64 ml	1.395,53 ml
Altura Promedio	3.60 m	4,00 m
Ancho Promedio de la corona	3.50 m	4.50 m
Ancho en Base	14.5 m	18,00 m
Sección del muro	32.58 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>
Taludes	1V : 2H	1V : 1.72H
Volumen Total	37.467 m <sup>3</sup>	59.788,47 m <sup>3</sup>

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

La construcción del muro de confinamiento con material de sitio es necesario la protección del talud de agua arriba, en el cual se podía colocar Rip – Rap o Geotextil N2000 no tejido, se

optó por la colocación de Geotextil N2000 no tejido por su costo y su rápida instalación, como podemos ver en la Figura 79 y la Tabla 42.

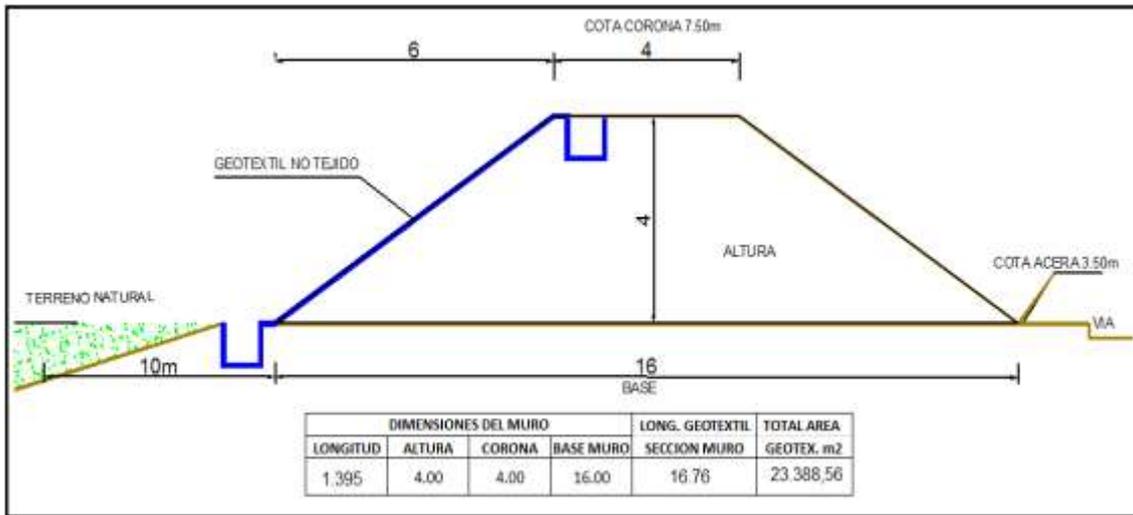


Figura 79 Diseño y cantidad colocada de geotextil N2000 no tejido  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Tabla 42  
Cantidad de Geotextil N2000 no tejido colocada en el muro de confinamiento

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
Longitud del muro	ml	1,395.50
Longitud de la sección de muro	ml	16.76
<b>GEOTEXTIL N2000 NO TEJIDO</b>	m2	23,388.56

Fuente: Estanislao Tapia Solórzano (2018)

Como podemos ver en la Figura 80 el muro de confinamiento terminado con su geotextil y libre de escombros en el área interna del muro de confinamiento



Figura 80 Muro de confinamiento terminado.  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

Como podemos ver en la Figura 81 el muro de confinamiento cumpliendo su función de retener el material dragado y desalojar el agua.



Figura 81 Material dragado dentro del muro de confinamiento  
Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

#### 4.7.2 Resumen de liquidación de Obra

El costo total del Proyecto “Dragado de acceso y área del muelle 1D-APG / Concesión a Andipuerto Guayaquil S. A.”, es de \$ 1.597.027,78 como indica en el siguiente Tabla 43.

Tabla 43

Liquidación Económica del Proyecto Dragado del Muelle 1D Andipuerto

Obras complementarias	Unidad	P. Unitario	Ejecutado	Total
Muro de confinamiento	m3	2.00	59,788.47	\$ 119,576.94
Geotextil N2000 no tejido	m2	1.63	23,388.56	\$ 38,123.35
Diseño de canal y control	Global	1.00	30,192.14	\$ 30,192.14
<b>Total Obras Complementarias</b>				<b>\$ 187,892.43</b>

Obra de Dragado				
Dragado	m3	6.86	199,625.79	\$ 1,369,432.92
Adicional Basura, Ingreso buque	Hora	206.15	192.59	\$ 39,702.43
<b>Total Obras de Dragado</b>				<b>\$ 1,409,135.35</b>

Costo del Proyecto de Dragado Muelle 1D Andipuerto				<b>\$ 1,597,027.78</b>
--	--	--	--	------------------------

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

El costo del muro de confinamiento es la división del costo total \$ 187.892,43 del material para el muro, versus 59.788,47 m3 ejecutado es de \$ 3.14 por m3 con material del sitio.

El costo del dragado es la división del costo total \$ 1409.135,35 del muro, versus 199.625,79 m3 ejecutado es de \$ 7.06 por m3 de material dragado del muelle 1D de Andipuerto.

El costo total del proyecto de dragado del muelle 1D de Andipuerto es la división del costo total \$ 1.597.027,78, versus 199.625,79 m3 ejecutado es de \$ 8.00 por m3 de material dragado.

#### **4.7.3 Comparación de los costos con los diferentes materiales.**

Si el muro de confinamiento se hubiera ejecutado con material importado (cascajo) a un costo unitario de \$ 10,17 por m3 por 59.788,47m3 de material colocado es de \$ 608.048,74 por m3 colocado, en este caso no se debe colocar Geotextil N2000 no tejido.

Si el muro de confinamiento se hubiera ejecutado con Geotubos con material de sitio a un costo unitario de \$ 119,80 por metro, la longitud del muro es de 1395ml se colocan tres filas hasta llegar a la altura de proyecto es de 4.185ml, el costo de la colocación de Geotubo es de \$ 501.363 colocado, en este caso tampoco no se debe colocar Geotextil N2000 no tejido.

Los Precios Unitario de los diversos materiales están en el Capítulo III, como podemos ver el costo del muro de confinamiento con los diferentes tipos de material en la Tabla 44.

*Tabla 44  
Diferencia de Costo por material a usar*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>
Material del sitio	m3	3.14	59,788.47	\$ 187,735.80
Cascajo Importado	m3	10.17	59,788.47	\$ 608,048.74
Geotubo	Lineal	119.80	4,185.00	\$ 501,363.00

Elaborado por Tapia Solórzano E. (2018)

## CONCLUSIONES

La construcción del dentellón es necesario por la estabilidad del muro, impide la infiltración en el pie del muro, porque en los Tramos I, II y parte del III se realizó el dentellón con una profundidad de 1.20m aproximadamente, dependiendo de la altura del muro y su ancho igual al de la corona, no sufrió infiltración. Pero en un sector del Tramo III no se construyó el dentellón, la infiltración es demasiado fuerte pudiendo desestabilizar el muro, por el constante ingreso del agua del dragado, por lo que se tuvo que realizar acciones emergentes, en limpiar el material contaminado y saturado por un nuevo material, reforzando el pie, ampliar la base y por ultimo reforzar la corona del muro de confinamiento, con todas estas modificaciones el muro no sufrió más desestabilización.

Con respecto al cálculo de la corona, determinado por diferentes autores nos indicaba que el ancho promedio de la corona es 2.93m, con una altura promedio de 5.05 con esto el ancho de la corona depende de la altura del muro (Hm), al saber que el muro tiene que resistir el empujen del agua y material dragado a la pared del talud agua arriba, el ancho de la corona es insuficiente, por lo que se realizó un análisis para aumentar el ancho de la corona matemáticamente. Se realiza varios cálculos en todos los tramos y con diferentes tipos de materiales del muro de confinamiento.

Para realizar el cálculo matemático para el nuevo ancho de la corona, partimos el Factor de seguridad (Fs) del muro y la altura del mismo son factores esenciales para el cálculo:

El ancho promedio de la Corona de diferentes Autores = 2.93m

Altura del muro/ Factor de seguridad (Hm/Fs) = (5.05/1.63) = 3.09m

La suma de esto dos factores obtenemos la nueva medida de la Corona= 6.02m

Este procedimiento de cálculo matemático se realizó a lo largo del muro de confinamiento dando un resultado coherente y ejecutable con los diferentes tipos de materiales.

Con la llegada de las lluvias el muro de confinamiento sufrió saturación a esto se produjo fisuras y derrumbes, se tomaron acciones inmediatas para su arreglo, sabiendo que, si no se hubiera aumentado el ancho de la corona, el muro no resistía, ya que el ancho de la nueva corona pudo soportar las fisuras y el empuje del material dragado.

El muro confinamiento cumplió satisfactoriamente su función de confinar el material dragado, no sufre ninguna alteración en el material, resistió el empuje y su infiltración fue la esperada en época de verano, pero en época de invierno con el aumento de agua producidas

por las lluvias más el agua del dragado en material sufrió saturaciones, donde se pudo determinar que:

- El muro que estaba conformado con cascajo y arcilla, sufrió más fisuras, agrietamientos y saturación del material, se realizó trabajos de mejoramiento urgentes que fue necesario paralizar el dragado.
- El muro que está conformado con arcilla sufrió alteraciones mínimas que se realizaron trabajos de reparación sin parar el dragado y el muro que estaba conformado por arena y arcilla no sufrió ninguna alteración y su infiltración del agua fue como se esperaba y calculada.

Al no tener un canal natural para poder drenar y evacuar el agua del dragado, fue necesario construir un canal y conectar a la alcantarilla de aguas lluvias de la Calle P, por el cual se llevó un control estricto las 24 horas del día, así evitando fuga de sedimentos a la alcantarilla, ni produciendo daños al medio ambiente por lo que el proyecto de dragado se realizó con toda normalidad

## RECOMENDACIONES.

Conociendo la cantidad de material a dragar de un proyecto es necesario determinar el área para la construcción del muro de confinamiento, a esto se recomienda tomar en cuenta principalmente la altura del muro, porque con esto podemos determinar la cantidad de material a confinar. Entre mayor altura de muro, mayor cantidad de material de almacenamiento.

Con los diferentes tipos de muros de confinamiento que se detalla en el Capítulo III, podemos recomendar la construcción en muro con material del sitio, por su tiempo de construcción, su costo y en especial, se puede construir en cualquier lugar. Su construcción puede realizar en lugares no accesibles por la dificultad para la transportación de material para la conformación del muro de confinamiento.

En los diferentes parámetros y diseño geométrico para la construcción del muro de confinamiento se recomienda:

- La construcción del dentello, esto da estabilidad al muro, impide el volcamiento he impide la filtración de agua por el pie del muro.
- Se debe tener en cuenta la altura del muro con relación a la corona, ya que el ancho de la corona nos ayuda a soportar empuje de la fuerza ejercida por el agua y material en el interior del muro.
- Los muros confinamiento con material del sitio, es recomendable recubrir el talud aguas arriba para evitar fugas de materiales finos del muro, su protección se puede realizar con Geotextil, pero también función con plástico negro grueso que cumple las mismas funciones de impedir que hay fugas de los materiales finos, la diferencia entre los dos elementos es que el geotextil dentro del suelo perdura años y el plástico se deteriora más rápido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2016). *Mecanica de Suelo Tomo 1*. Mexico: Limusa.
- Barzallo Samaniego, E. L., & Guerrero Merchán, C. R. (2013). *Estudio y Caracterización de Criterios para la Estimación del borde libre en presas de tierra*. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería.
- Cifuentes, R., & Perez, S. (Abril de 2013). *Revista de la Construcción*. Obtenido de Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>
- Dr. Fernández Rynoso, D., Dr. Martínez Menes, M., Ing. Mendoza González, M. C., Ing. Medina Martínez, A., & ing. Sales Martínez, R. (2012). *Presa con cortinas de tierra compactada*. Obtenido de SAGARPA, SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTOS: [http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA\\_PRESA%20DE%20TIERRA.pdf](http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_PRESA%20DE%20TIERRA.pdf)
- Escobar Potes, C. E., & Duque Escobar, G. (2017). *Geolecnia Para el Tróprico Andino*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Espinosa, M. (2010). *Ingenieria de Presas de Escollera*. Argentina: Ex-libro.
- Fernández Pinargote, K. R. (2015). *Estudio y Diseño de la via que va desde el Carretero los lojas-Recinto la Estacada, del Cantón Daule-Provincia del Guayas*. Guayaquil: Universidd de Gauyaquil , Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Escuela de Ingeniería Civil.
- Geosistemas, P. (2009). *Manual de Diseño con Geosintéticos*. Bogota - Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2012). *Geotecnia Macánica de suelos, Terminología y simbología*. INEN, 36.
- Ing. Morante Soto, G. A. (2018). *GUÍA TÉCNICA — Diseño y Construcción de Pequeñas Presas Rústicas en Lagunas Periglaciares*. Lima Peru: Gráfica Aquarela EIRL.

- Ing. Suarez Díaz, J. (14 de Agosto de 2014). Diseño de Presas Pequeñas. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Hector0125/presas-de-tierra-ing-civil>
- Juarez Badillo, e., & Rico Rodriguez, A. (1974). Mecanica de Suelo Tomo III, Flujo de Agua en Suelo. Mexico: Limusa.
- Macdonel Martínez, G., Pindter Vega, J., Herrejón de la Torre, L., Pizá Ortiz, J., & López Gutiérrez, H. (2015). Ingeniería Marítima Y Portuaria. Mexico: Alfaomega.
- Ministerio de Obras Publicas y Comunicación. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito: MOP.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecu. (2013). Volumen 3 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito: NEVI-12.
- Montoya Orozco, A. (2010). Confiabilidad en Estabilidad de Taludes. Mexico D.F.: Programa de maestría y doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- NÚÑEZ, W. A. (2006). Análisis técnicoeconómico comparativo entre dique construido en material granular compactado y dique en gaviones en el embalse del Proyecto Hidroléctrico Cariblanco. Costa Rica: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA - ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/587/INFORME%20FINALabstract.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rico Rodríguez , J. B. (2015). Mecánica de Suelos 2. Mexico: Limusa.
- Rico Rodriguez, J. B. (2016). Mecanica de suelo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Mexico: Limusa.
- Sandoval Erazo, W. (julio de 2018). Capitulo 5: Presas de tierra y enrocado. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326560958\\_Capitulo\\_5\\_Presas\\_de\\_Tierra\\_y\\_Enrocamiento](https://www.researchgate.net/publication/326560958_Capitulo_5_Presas_de_Tierra_y_Enrocamiento)
- Torres Belandria, R. A. (2008). Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado. Merida - Venezuela: Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.

Villa, Y. I. (2016 - 2017). Modelación de la estabilidad del talud aguas abajo en la cortina del cierre principal del embalse Alacranes. . Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de las villas.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1



## ANEXO 1 MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPUERTO TRAMO I - ARCILLA



UBICACIÓN Recinto Portuario de Guayaquil APG

FECHA: julio 16 de 2017

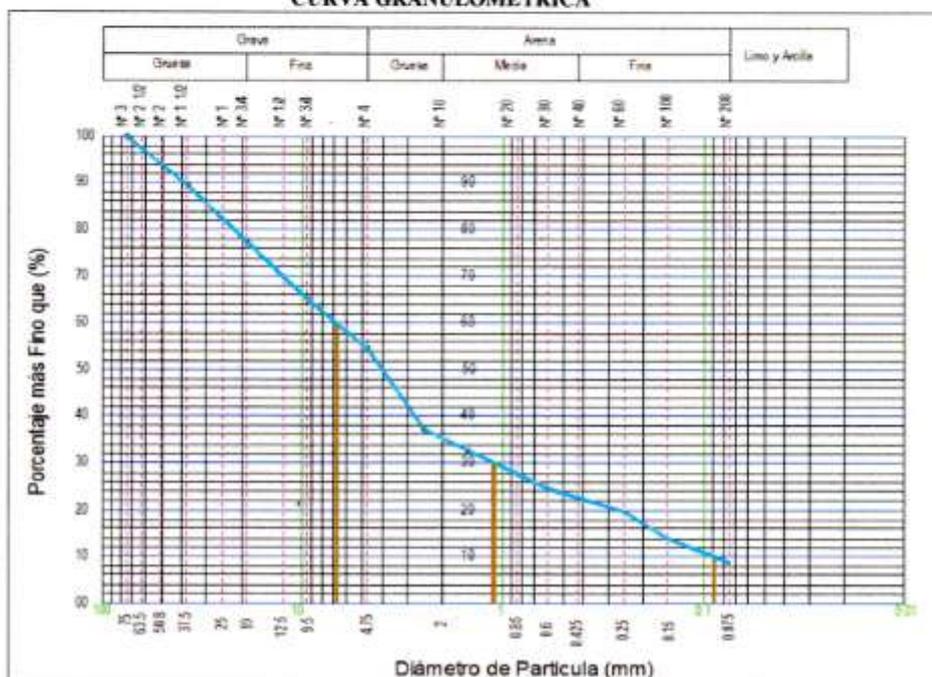
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

Peso de la Muestra	
Seca gr	8,731.5
Lavada gr	8,270.8
Diferencia gr.	460.7
Humedad	5.6

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 1 - a

Tamiz		Peso		Retenido	Que pasa
Malla ASTM	Diametro	Retenido	Corregido	Parcial	
Pulg	mm	gr	gr	%	%
3"	75	0	0	0	100.01
1 1/2"	37.5	962.9	962.9	10.89	89.12
3/4"	19	1146.4	1146.4	12.97	76.15
3/8"	9.5	929.8	929.8	10.52	65.63
4	4.75	967	967	10.94	54.69
8	2.36	1484.7	1484.7	16.79	37.9
16	1.18	410.5	410.5	4.64	33.26
30	0.6	697.8	697.8	7.89	25.37
50	0.25	561.3	561.3	6.35	19.02
100	0.15	443	443	5.01	14.01
200	0.075	395.8	395.8	4.48	9.53
Fondo	0	431.6	842.3	9.53	
		8430.8	8841.5	100	

### CURVA GRANULOMETRICA



D60 6.8  
 D30 1.12  
 D10 0.09  
 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \times 100$      $C_c = 2.05$      $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$      $C_u = 76$

**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPIERTO  
TRAMO I - ARCILLA**
**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**CONTENIDO DE HUNEDAS DEL SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
W. Capsula	(gr)	17.72	17.74	17.86
W. Capsula + Suelo Humedo	(gr)	72.1	71.85	76.52
W. Capsula + Suelo Seco	(gr)	68.35	65.2	68.41
W. del suelo Humedo	(gr)	54.38	54.11	58.66
W. del suelo Seco	(gr)	50.63	47.46	50.55
Porcentaje de Humedad	%	7.41	14.01	16.04
Promedio	%	12.49		

$$Wh = \frac{W_{SH} - W_{SS}}{W_{SS}}$$

WSH: Paso del suelo húmedo

WSS: Paso del suelo seco

**LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE LOS SUELOS**
**LIMITE PLASTICO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.7	15.7	15.7
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	19.9	20.8	21
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	19.11	20.26	19.9
Peso del suelo Humedo	(gr)	4.2	5.1	5.3
Peso del suelo Seco	(gr)	3.41	4.56	4.2
Contenido de Humedad	%	23.17	11.84	26.19
<b>LIMITE PLASTICO</b>	%	20.4		

**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	%	34.0
<b>LIMITE PLASTICO</b>	%	20.4
<b>INDICE PLASTICO</b>	%	13.6

**LIMITE LIQUIDO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.8	15.84	15.76
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	20.63	18.69	20.9
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	19.4	18.01	19.53
Peso del suelo Humedo	(gr)	4.83	2.85	5.14
Peso del suelo Seco	(gr)	3.6	2.17	3.77
Numero de Golpes		21	25	29
Contenido de Humedad	%	34.17	31.34	36.34
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	%	33.95		

**UBICACIÓN:** Recinto Portuario de Guayaquil APG  
**FECHA:** julio 16 de 2017

**PESO ESPECIFICO DE SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2
Peso del Suelo	gr	53.97	45.61
Peso del Suelo + Parafina	gr	61.47	51.93
Peso de Parafina	gr	7.50	6.32
Volumen Suelo + Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	45.00	35.00
Densidad Parafina	gr/cm <sup>3</sup>	0.96	0.96
Volumen Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	7.81	6.58
Volumen de Suelo	ml/cm <sup>3</sup>	37.19	28.42
Peso Especifico del Suelo	gr/cm <sup>3</sup>	1.6	2
Promedio	gr/cm <sup>3</sup>	1.8	

**ANGULO DE FRICCION Y COHESION**

1 - 2

**CALIKATA 1 CON 20 KG DE FUERZA**

Caja Corte: A  
Largo (cm): 5  
Ancho (cm): 6  
Área (m<sup>2</sup>): 30  
Factor de calibración: (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Area Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	0.507	20.604	0.572	0.723
25	0.05	35.997	22	9.427	20.604	0.572	0.723
50	0.10	35.994	35	14.698	20.604	0.572	0.723
75	0.15	35.991	48	19.969	20.604	0.572	0.723
100	0.20	35.988	53	21.996	20.604	0.573	0.723
150	0.30	35.982	55	22.807	20.604	0.573	0.723
200	0.40	35.976	57	23.618	20.604	0.573	0.723
250	0.50	35.97	57	23.618	20.604	0.573	0.723
300	0.60	35.964	57	23.618	20.604	0.573	0.723

**CALIKATA 1 CON 40 KG DE FUERZA**

Caja Corte: B  
Largo (cm): 5  
Ancho (cm): 6  
Área (m<sup>2</sup>): 30  
Factor de calibración: (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Area Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	0.507	40.371	1.121	1.211
25	0.05	35.997	56	23.213	40.371	1.122	1.211
50	0.10	35.994	74	30.511	40.371	1.122	1.211
75	0.15	35.991	101	41.458	40.371	1.122	1.211
100	0.20	35.988	106	43.485	40.371	1.122	1.211
150	0.30	35.982	106	43.485	40.371	1.122	1.211
200	0.40	35.976	106	43.485	40.371	1.122	1.211
250	0.50	35.97	106	43.485	40.371	1.122	1.211
300	0.60	35.964	106	43.485	40.371	1.123	1.211

**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPUERTO  
TRAMO I - ARCILLA**

UBICACIÓN Recinto Portuario de Guayaquil APG

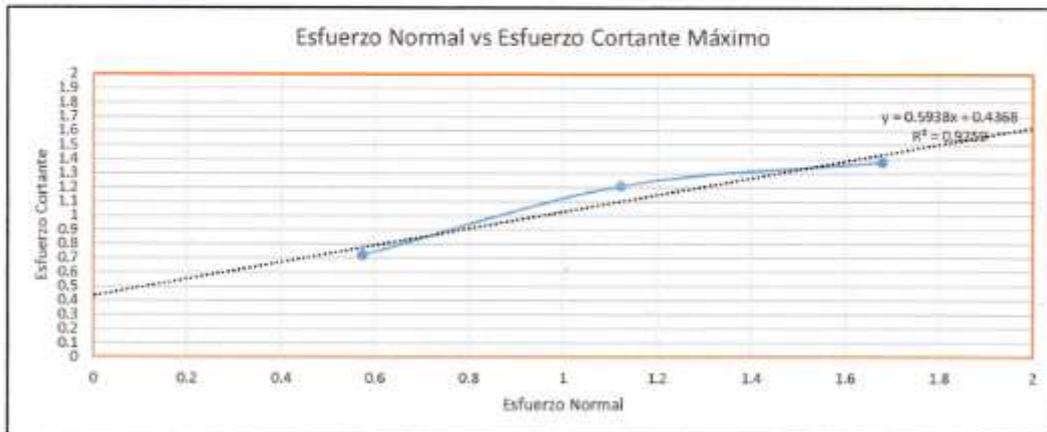
FECHA: julio 16 de 2017

**ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESION**

**CALIKATA 1 CON 60 KG DE FUERZA**

Caja Corte C  
 Largo (cm) 5  
 Ancho (cm) 6  
 Área (m2) 30  
 Factor de calibración (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm2)	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)
0	0.00	0	0	0	0	0	0.000
25	0.05	35.997	65	26.862	60.436	1.679	1.381
50	0.10	35.994	83	34.16	60.436	1.679	1.381
75	0.15	35.991	98	40.241	60.436	1.679	1.381
100	0.20	35.988	115	47.134	60.436	1.679	1.381
150	0.30	35.982	115	47.134	60.436	1.68	1.381
200	0.40	35.976	115	47.134	60.436	1.68	1.381
250	0.50	35.97	115	47.134	60.436	1.68	1.381
300	0.60	35.964	115	47.134	60.436	1.68	1.381



Esfuerzo Normal (Kg/cm2)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)
0.573	0.723
1.123	1.211
1.68	1.381

ANGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESION (Kg/cm2)
30	

Esfuerzo constante	
Lectura	0.43 1.4

## ANEXO 2



### ANEXO 2 MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPIERTO TRAMO II - ARENA - ARCILLA



UBICACIÓN Recinto Portuario de Guayaquil APG

FECHA: julio 16 de 2017

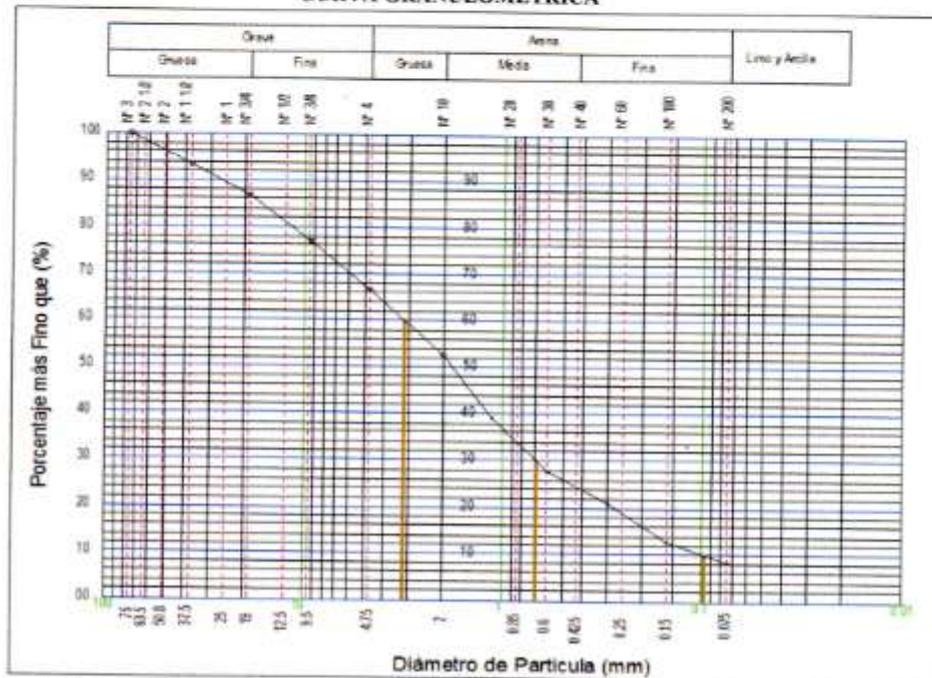
#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

Peso de la Muestra	
Seca gr	9,829.5
Lavada gr	9,122.9
Diferencia gr.	706.6
Humedad	7.75

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 1 - a

Tamiz		Peso		Retenido	Que pasa
Malla ASTM	Diametro	Retenido	Corregido	Parcial	
	mm	gr	gr	%	%
3"	75	0	0	0	100
3 1/2"	37.5	612.7	612.7	6.23	93.78
3/4"	19	740	740	7.53	86.25
3/8"	9.5	922.6	922.6	9.39	76.86
4	4.75	1018	1018	10.36	66.5
10	2.36	1343.3	1343.3	13.67	52.83
16	1.18	1411.9	1411.9	14.36	38.47
30	0.6	1034.7	1034.7	10.53	27.94
50	0.3	712.3	712.3	7.25	20.69
100	0.15	609.1	609.1	6.2	14.49
200	0.075	561.7	561.7	5.71	8.78
Fondo	0	156.56	863.2	8.78	
		9122.86	9829.5	100	

#### CURVA GRANULOMETRICA



D60 = 3.2  
 D30 = 0.69  
 D10 = 0.09  
 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \times 100 = 1.65$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 36$

**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPUERTO  
TRAMO II - ARENA - ARCILLA**
**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**CONTENIDO DE HUNEDAS DEL SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
W. Capsula	(gr)	15.72	15.68	15.74
W. Capsula + Suelo Humedo	(gr)	62.1	61.85	66.52
W. Capsula + Suelo Seco	(gr)	58.75	56.27	59.48
W. del suelo Humedo	(gr)	46.38	46.17	50.78
W. del suelo Seco	(gr)	43.03	40.59	43.74
Porcentaje de Humedad	%	7.79	13.75	16.1
Promedio	%	12.55		

$$W/h = \frac{W_{SH} - W_{SS}}{W_{SS}}$$

 WSH: Paso del suelo húmedo  
 WSS: Paso del suelo seco

**LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE LOS SUELOS**
**LIMITE PLASTICO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.7	15.78	15.7
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	30.9	31.8	32
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	29.34	30.49	30.13
Peso del suelo Humedo	(gr)	15.2	16.02	16.3
Peso del suelo Seco	(gr)	13.64	14.71	14.43
Contenido de Humedad	%	11.44	8.91	12.96
<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>%</b>	11.1		

**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>%</b>	30.1
<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>%</b>	11.1
<b>INDICE PLASTICO</b>	<b>%</b>	19.0

**LIMITE LIQUIDO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.8	15.84	15.76
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	32.21	30.27	32.5
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	28.4	27.01	28.53
Peso del suelo Humedo	(gr)	16.41	14.43	16.72
Peso del suelo Seco	(gr)	12.6	11.17	12.77
Numero de Golpes		21	25	29
Contenido de Humedad	%	30.24	29.19	30.93
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>%</b>	30.12		

**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**PESO ESPECIFICO DE SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2
Peso del Suelo	gr	53.97	45.61
Peso del Suelo + Parafina	gr	61.47	51.93
Peso de Parafina	gr	7.50	6.32
Volumen Suelo + Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	45.00	35.00
Densidad Parafina	gr/cm <sup>3</sup>	0.96	0.96
Volumen Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	7.81	6.58
Volumen de Suelo	ml/cm <sup>3</sup>	37.19	28.42
Peso Especifico del Suelo	gr/cm <sup>3</sup>	1.6	1.6
Promedio	gr/cm <sup>3</sup>	1.6	

**ANGULO DE FRICCION Y COHESION**

1 - 2

**CALIKATA 1 CON 20 KG DE FUERZA**

Caja Corte A

Largo (cm) 5

Ancho (cm) 6

Área (m<sup>2</sup>) 30

Factor de calibración (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	0.585	20.604	0.572	0.76
25	0.05	35.997	22	9.753	20.604	0.572	0.76
50	0.10	35.994	35	15.171	20.604	0.572	0.76
75	0.15	35.991	48	20.588	20.604	0.572	0.76
100	0.20	35.988	53	22.671	20.604	0.573	0.76
150	0.30	35.982	55	23.505	20.604	0.573	0.76
200	0.40	35.976	57	24.339	20.604	0.573	0.76
250	0.50	35.97	57	24.339	20.604	0.573	0.76
300	0.60	35.964	57	24.339	20.604	0.573	0.76

**CALIKATA 1 CON 40 KG DE FUERZA**

Caja Corte B

Largo (cm) 5

Ancho (cm) 6

Área (m<sup>2</sup>) 30

Factor de calibración (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	1.678	40.371	1.121	1.2
25	0.05	35.997	56	24.385	40.371	1.122	1.2
50	0.10	35.994	74	31.683	40.371	1.122	1.2
75	0.15	35.991	101	42.63	40.371	1.122	1.2
100	0.20	35.988	106	44.657	40.371	1.122	1.2
150	0.30	35.982	106	44.657	40.371	1.122	1.2
200	0.40	35.976	106	44.657	40.371	1.122	1.2
250	0.50	35.97	106	44.657	40.371	1.122	1.2
300	0.60	35.964	106	44.658	40.371	1.123	1.2

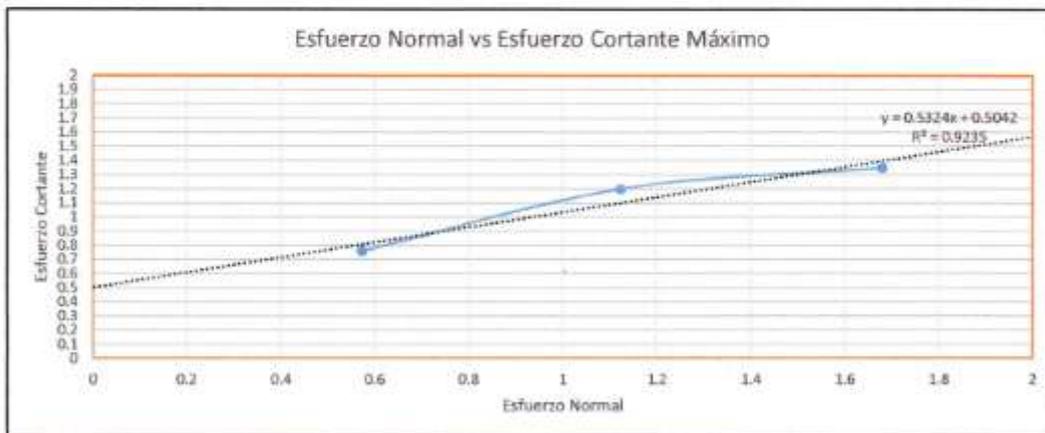
**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPIERTO  
TRAMO II - ARENA - ARCILLA**
**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESION**
**CALIKATA 1 CON 60 KG DE FUERZA**

Caja Corte C  
 Largo (cm) 5  
 Ancho (cm) 6  
 Área (m<sup>2</sup>) 30  
 Factor de calibración (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Area Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0	0	0	0	0.000
25	0.05	35.997	65	28.591	60.436	1.679	1.350
50	0.10	35.994	83	35.889	60.436	1.679	1.350
75	0.15	35.991	98	41.97	60.436	1.679	1.350
100	0.20	35.988	115	48.863	60.436	1.679	1.350
150	0.30	35.982	115	48.864	60.436	1.68	1.350
200	0.40	35.976	115	48.864	60.436	1.68	1.350
250	0.50	35.97	115	48.864	60.436	1.68	1.350
300	0.60	35.964	115	48.864	60.436	1.68	1.350



Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.573	0.76
1.123	1.2
1.68	1.350

ANGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
28.05	

0.723	0.76
1.211	1.2
1.381	1.350

Esfuerzo constante	
Lectura	0.505   1.4

# ANEXO3



## MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPIERTO TRAMO III - CASCAJO - ARCILLA

ANEXO 3



UBICACIÓN Recinto Portuario de Guayaquil APG

FECHA: julio 16 de 2017

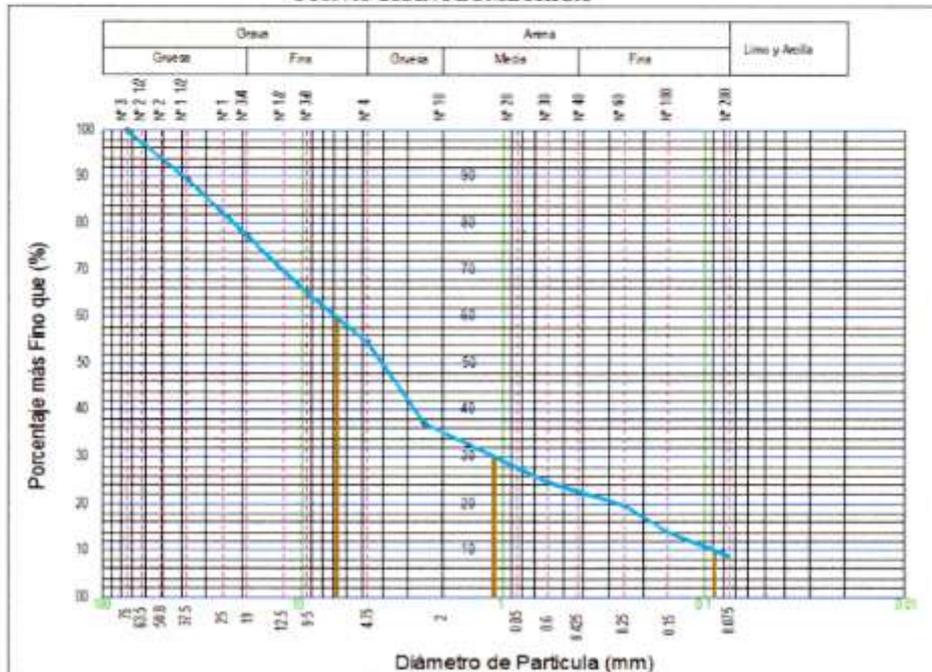
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

Peso de la Muestra	
Seca gr	8,902.8
Lavada gr	8,430.8
Diferencia gr.	472.0
Humedad	5.6

CLASIFICACION	
AASHTO	A - 1 - a

Tamiz	Malla ASTM	Diámetro	Peso		Retenido Parcial	Que pasa
			Retenido	Corregido		
		mm	gr	gr	%	%
3"		75	0.00	0.00	0	100.01
1 1/2"		37.5	962.90	962.90	10.82	89.19
3/4"		19	1146.40	1146.40	12.88	76.31
3/8"		9.5	929.80	929.80	10.44	65.87
4		4.75	967.00	967.00	10.86	55.01
8		2.36	1484.70	1484.70	16.68	38.33
16		1.18	410.50	410.50	4.61	33.72
30		0.6	697.80	697.80	7.84	25.88
50		0.25	561.30	561.30	6.3	19.58
100		0.15	443.00	443.00	4.98	14.6
200		0.075	395.80	395.80	4.45	10.15
Fondo		0	431.60	903.60	10.15	
			8430.80	8902.80	100	

### CURVA GRANULOMETRICA



D60	6.8	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \times 100$	C <sub>c</sub> = 2.05	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	C <sub>u</sub> = 76
D30	1.12				
D10	0.09				

**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPUERTO  
TRAMO III - CASCAJO - ARCILLA**
**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**CONTENIDO DE HUNEDAS DEL SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
W. Capsula	(gr)	15.79	15.6	15.74
W. Capsula + Suelo Humedo	(gr)	72.1	71.85	76.52
W. Capsula + Suelo Seco	(gr)	67.68	65.2	68.41
W. del suelo Humedo	(gr)	56.31	56.25	60.78
W. del suelo Seco	(gr)	51.89	49.6	52.67
Porcentaje de Humedad	%	8.52	13.41	15.4
Promedio	%	12.44		

$$Wh = \frac{W_{SH} - W_{SS}}{W_{SS}}$$

 WSH: Paso del suelo húmedo  
 WSS: Paso del suelo seco

**LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE LOS SUELOS**
**LIMITE PLASTICO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.7	15.7	15.7
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	19.9	20.8	21
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	19.11	20.26	19.9
Peso del suelo Humedo	(gr)	4.2	5.1	5.3
Peso del suelo Seco	(gr)	3.41	4.56	4.2
Contenido de Humedad	%	23.17	11.84	26.19
<b>LIMITE PLASTICO</b>	%	20.4		

**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	%	34.0
<b>LIMITE PLASTICO</b>	%	20.4
<b>INDICE PLASTICO</b>	%	13.6

**LIMITE LIQUIDO**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del Tara	(gr)	15.8	15.84	15.76
Peso del Tara + Suelo Humedo	(gr)	20.63	18.69	20.9
Peso del Tara + Suelo Seco	(gr)	19.4	18.01	19.53
Peso del suelo Humedo	(gr)	4.83	2.85	5.14
Peso del suelo Seco	(gr)	3.6	2.17	3.77
Numero de Golpes		21	25	29
Contenido de Humedad	%	34.17	31.34	36.34
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	%	33.95		

**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG  
**FECHA:** julio 16 de 2017

**PESO ESPECIFICO DE SUELO**

		Muestra 1	Muestra 2
Peso del Suelo	gr	53.97	45.61
Peso del Suelo + Parafina	gr	61.47	51.93
Peso de Parafina	gr	7.50	6.32
Volumen Suelo + Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	45.00	35.00
Densidad Parafina	gr/cm <sup>3</sup>	0.96	0.96
Volumen Parafina	ml/cm <sup>3</sup>	7.81	6.58
Volumen de Suelo	ml/cm <sup>3</sup>	37.19	28.42
Peso Especifico del Suelo	gr/cm <sup>3</sup>	1.6	2
Promedio	gr/cm <sup>3</sup>	1.8	

**ANGULO DE FRICCION Y COHESION**

1 - 2

**CALIKATA I CON 20 KG DE FUERZA**

Caja Corte           A  
Largo (cm)           5  
Ancho (cm)           6  
Área (m<sup>2</sup>)            30  
Factor de calibracion   (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	0.507	20.604	0.572	0.723
25	0.05	35.997	22	9.427	20.604	0.572	0.723
50	0.10	35.994	35	14.698	20.604	0.572	0.723
75	0.15	35.991	48	19.969	20.604	0.572	0.723
100	0.20	35.988	53	21.996	20.604	0.573	0.723
150	0.30	35.982	55	22.807	20.604	0.573	0.723
200	0.40	35.976	57	23.618	20.604	0.573	0.723
250	0.50	35.97	57	23.618	20.604	0.573	0.723
300	0.60	35.964	57	23.618	20.604	0.573	0.723

**CALIKATA I CON 40 KG DE FUERZA**

Caja Corte           B  
Largo (cm)           5  
Ancho (cm)           6  
Área (m<sup>2</sup>)            30  
Factor de calibracion   (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	30	0	0.507	40.371	1.121	1.211
25	0.05	35.997	56	23.213	40.371	1.122	1.211
50	0.10	35.994	74	30.511	40.371	1.122	1.211
75	0.15	35.991	101	41.458	40.371	1.122	1.211
100	0.20	35.988	106	43.485	40.371	1.122	1.211
150	0.30	35.982	106	43.485	40.371	1.122	1.211
200	0.40	35.976	106	43.485	40.371	1.122	1.211
250	0.50	35.97	106	43.485	40.371	1.122	1.211
300	0.60	35.964	106	43.485	40.371	1.123	1.211

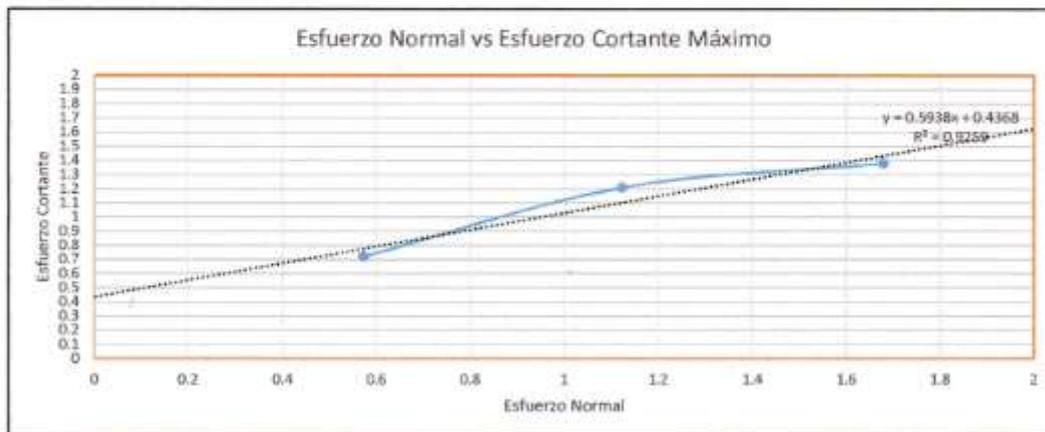
**MURO DE CONFINAMIENTO ANDIPUERTO  
TRAMO III - CASCAJO - ARCILLA**
**UBICACIÓN** Recinto Portuario de Guayaquil APG

**FECHA:** julio 16 de 2017

**ANGULO DE FRICCION Y COHESION**
**CALIKATA 1 CON 60 KG DE FUERZA**

Caja Corte C  
 Largo (cm) 5  
 Ancho (cm) 6  
 Área (m<sup>2</sup>) 30  
 Factor de calibración (0.89387 \* Lec. Dial+2.2428) \* 0.45359

Deformimetro Horizontal (0.002*div)	Deformacion Horizontal AH (mm)	Área Correg. a A' (cm <sup>2</sup> )	Deformimetro de Carga	Fuerza de Corte Horiz (Kg)	Carga Normal (Kg)	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0	0	0	0	0	0.000
25	0.05	35.997	65	26.862	60.436	1.679	1.381
50	0.10	35.994	83	34.16	60.436	1.679	1.381
75	0.15	35.991	98	40.241	60.436	1.679	1.381
100	0.20	35.988	115	47.134	60.436	1.679	1.381
150	0.30	35.982	115	47.134	60.436	1.68	1.381
200	0.40	35.976	115	47.134	60.436	1.68	1.381
250	0.50	35.97	115	47.134	60.436	1.68	1.381
300	0.60	35.964	115	47.134	60.436	1.68	1.381



Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.573	0.723
1.123	1.211
1.68	1.381

ANGULO DE FRICCION (°)	COHESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
30	

Esfuerzo constante	
Lectura	0.43   1.4



## ANEXO 5



### CALCULO DE VOLUMEN POR ENFILADAS, INCLUIDO SOBREDRAGADO 0.50m

VOLUMEN ENFILADA <b>1</b> A 10.50m PROFUNDIDAD			
ABSCISA	AREA	DISTACIA	VOLUMEN
0+0 0	2424.151		
0+0 10	1789.96	10	21,070.56
0+0 20	1547.11	10	16,685.35
0+0 30	1485.87	10	15,164.90
0+0 40	1566.57	10	15,262.20
0+0 50	1657.038	10	16,118.04
VOLUMEN TOTAL A 10.50m			<b>84,301.05</b> m3

VOLUMEN ENFILADA <b>2</b> A 9.75m PROFUNDIDAD			
ABSCISA	AREA	DISTACIA	VOLUMEN
0+0 50	1,253.51		
0+0 60	1,212.51	10	12,330.11
0+0 70	1,336.15	10	12,743.29
0+0 80	1,198.84	10	12,674.94
0+0 90	1,084.40	10	11,416.20
0+ 100	1,071.75	10	10,780.76
VOLUMEN TOTAL A 9.75m			<b>59,945.30</b> m3

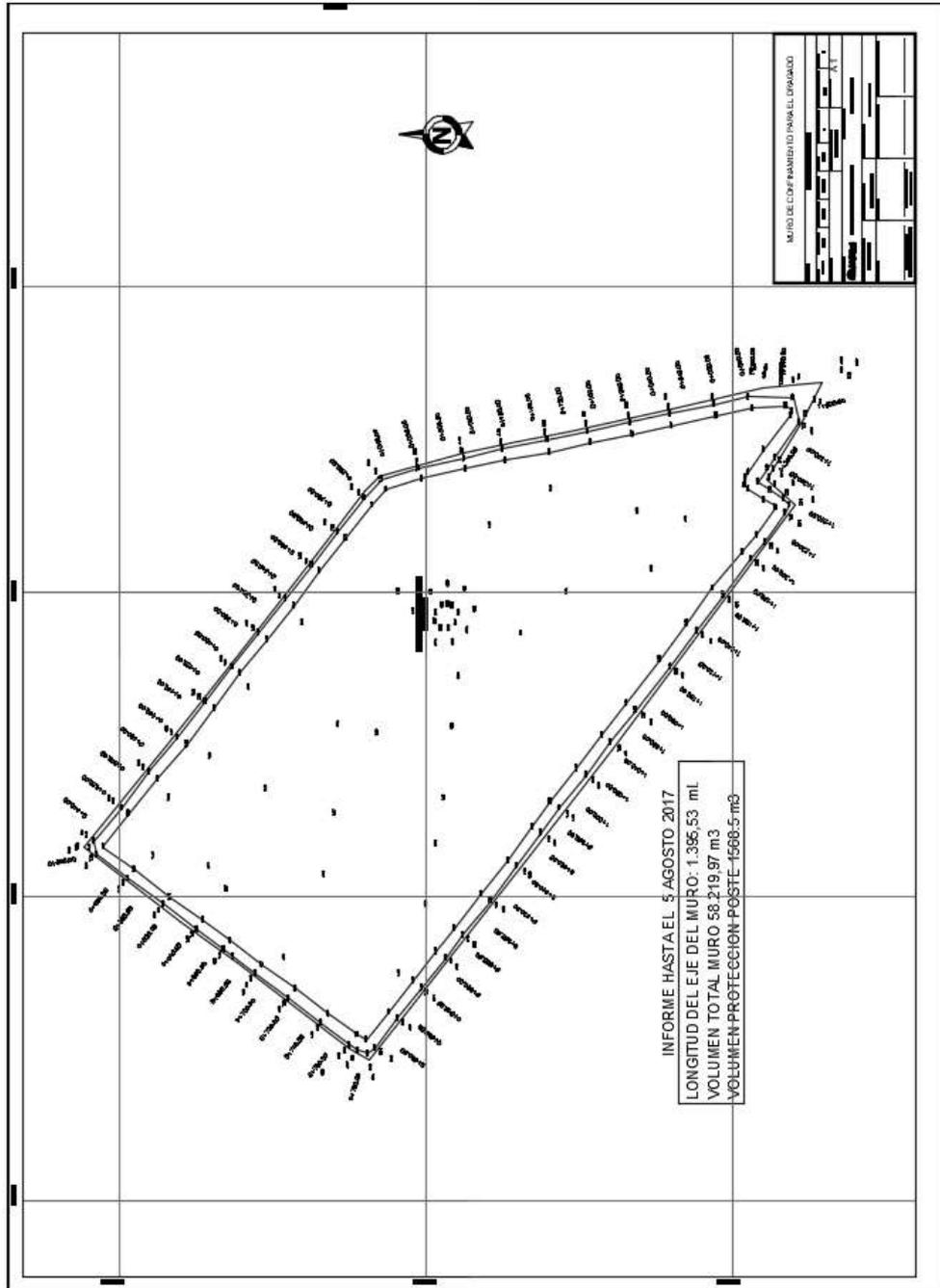
VOLUMEN ENFILADA <b>3</b> A 9.75m PROFUNDIDAD			
ABSCISA	AREA	DISTACIA	VOLUMEN
0+ 100	1,071.75		
0+ 1 10	969.93	10	10,208.41
0+ 1 20	860.74	10	9,153.33
0+ 1 30	764.32	10	8,125.27
0+ 1 40	703.89	10	7,341.04
0+ 1 50	647.76	10	6,758.25

VOLUMEN ENFILADA <b>4</b> A 9.75m PROFUNDIDAD			
ABSCISA	AREA	DISTACIA	VOLUMEN
0+0 0	214.79		
0+0 10	261.31	10	2,380.50
0+0 20	333.78	10	2,975.42
0+0 30	416.30	10	3,750.37
0+0 40	433.14	10	4,247.18
0+0 50	529.72	10	4,814.29
VOLUMEN TOTAL A 9.75m			<b>18,167.75</b> m3

	<b>VOLUMEN TOTAL A DRAGAR INCLUIDO SOBRE DRAGADO</b>	<b>204,000.00</b> m3
--	--	----------------------



# ANEXO 7



ANEXO 8

# Geotextiles no tejidos

Marzo 2011

Para asesoría en el diseño, proceso constructivo e instalación, favor contactar al Departamento Técnico de Mexichem Geosintéticos al correo electrónico: [geosinteticos@mexichem.com](mailto:geosinteticos@mexichem.com)

Propiedades	Norma	Unidad	HT 1400	HT 1800	HT 2000	HT 2400	HT 3000	HT 4000	HT 5000	HT 6000	HT 7000	HT 8000	HT 9000
Mecánicas	Método Grab		530(120)	530(120)	620(141)	710(161)	770(175)	1070(243)	1220(277)	1410(320)	1720(391)	1720(391)	1720(391)
	Resistencia a la Tensión / Elongación	N/30	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
	Resistencia al Punzonamiento	N/30	250(57)	310(70)	360(82)	400(91)	440(100)	590(134)	700(159)	800(182)	910(207)	910(207)	910(207)
	Método CBG												
	Resistencia al Punzonamiento / Resistencia al Rasgado / Traspasabilidad	kN	1.3	1.6	1.8	2.2	2.4	3.1	3.5	4.1	5.4	5.4	5.4
Mecánicas	Resistencia al Rasgado	N/30	210(46)	260(59)	280(64)	320(73)	340(77)	400(91)	460(105)	540(123)	600(136)	600(136)	600(136)
	Método Mullen Burst / Resistencia al estallido	kPa/gal	1311(190)	1587(230)	1794(265)	2070(300)	2208(320)	2820(410)	3174(460)	3795(558)	4830(700)	4830(700)	4830(700)
Hidráulicas	Tamaño de Abertura Aparente	mm/No Tamiz	0.250(40)	0.180(30)	0.180(30)	0.150(100)	0.150(100)	0.125(120)	0.106(140)	0.106(140)	0.09(170)	0.09(170)	0.09(170)
	Permeabilidad	cm/s	46 X 10 <sup>-3</sup>	42 X 10 <sup>-3</sup>	42 X 10 <sup>-3</sup>	40 X 10 <sup>-3</sup>	42 X 10 <sup>-3</sup>	34 X 10 <sup>-3</sup>	32 X 10 <sup>-3</sup>	26 X 10 <sup>-3</sup>	22 X 10 <sup>-3</sup>	22 X 10 <sup>-3</sup>	22 X 10 <sup>-3</sup>
	Permeabilidad	s <sup>-1</sup>	3.1	2.4	2.0	2.0	2.0	1.4	1.2	0.9	0.7	0.7	0.7
	Resistencia de Aislamiento	L/m <sup>2</sup>	N/A										
Físicas	Espesor	mm	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.4	2.7	3.1	3.2	3.2	3.1
	Resist. UV @ 500 horas	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
	Rollo Ancho	m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Rollo Largo	m	360	360	380	320	320	330	320	300	300	300	300
Rollo Área	m <sup>2</sup>	640	600	530	480	480	530	480	480	320	320	320	
Función del Geotextil	Filtración		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Drenaje		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Protección		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Separación		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Estabilización / Reparimentación		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Un producto **PAVCO**

**mexichem.**  
SOLUCIONES INTEGRALES

Mexichem Soluciones Integrales, S.A. de C.V.  
Río San Javier No.10, P.O. Box: Viveros del Bosque, C.P. 20000, Toluca, México, Estado de México. Tel: (052) 5400000. Fax: 47244120/41441127  
E-mail: [geosinteticos@mexichem.com](mailto:geosinteticos@mexichem.com)  
Redes de geotextil: 00401 03 9433 0001, 00401 03 4100 3773, 00401 03 4300 0254, 00401 03 4300 0258

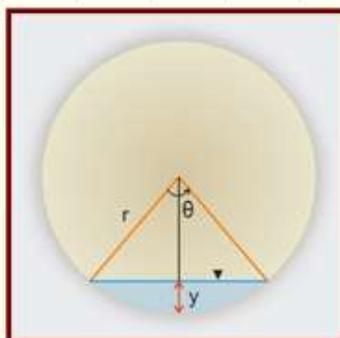
## ANEXO 9

### CAUDAL DE SALIDA EN TUBERÍA ACERO EN MURO

Quando su caudal se estima un 40% de la tubería.

#### DATOS:

Profundidad Y	0.2
D	= 0.5 m
r	= 0.25 m
n	= 0.012
So	= 0.02 m



#### Fórmulas

$r = D/2$
$\theta = 2\cos^{-1}[1 - (y/r)]$
$A = 0.5r^2(\theta - \sin\theta)$
$P = r\theta$
$R = A/P$
$Q = (k/n) AR^{2/3} S^{1/2}$
$V = Q/A$

#### CÁLCULOS

$$\theta = 2\cos^{-1}(1 - (y/r))$$

$\theta =$	1.999987815
------------	-------------

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$$

A =	0.25	1.96508853
	8	

A =	0.06141 m <sup>2</sup>
-----	------------------------

$$P = r * \theta$$

P =	0.5 m
-----	-------

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.061}{0.5} =$$

R =	0.12282 m
-----	-----------

$$Q = \frac{AR^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

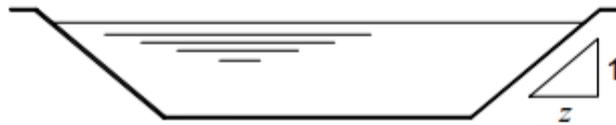
$$Q = \frac{0.061 * 0.247 * 0.141}{0.012}$$

Q =	0.179 m <sup>3</sup> /seg	Por tubería 40%
-----	---------------------------	-----------------

Q en tres tuberías	0.536 m <sup>3</sup> /seg
--------------------	---------------------------

ANEXO 10

CAUDAL EN EL CANAL TRAPEZOIDAL (Q)



**Datos**

Z =	1 m	h1	5.13 m
Y =	0.2 m	h2	3.18 m
So =	0.00789	distancia	247 m
b =	1 m		
n =	0.009 m		

**CÁLCULOS**

$$So = \frac{h1 - h2}{d} = \frac{5.13 - 3.18}{247} = 0.00789474$$

$$A = b \cdot Y + Z \cdot Y^2$$

$$A = 1 \cdot 0.5 + 1 \cdot (0.5)^2$$

$$A = 0.24 \text{ m}^2$$



$$P = b + 2y \sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 1.566 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.24 \text{ m}^2}{1.566 \text{ m}}$$

$$R = 0.153 \text{ m}$$

$$Q = \frac{AR^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{0.24 \cdot 0.286 \cdot 0.089}{0.009}$$

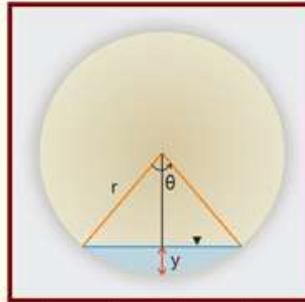
$$Q = 0.679 \text{ m}^3/\text{seg}$$

NOTA El caudal que se requiere recolectar es de 0.179 m<sup>3</sup>/seg por cada tubería de drenaje en total es de 0.536 m<sup>3</sup>/seg. El caudal que soporta el canal trapezoidal es de 0.679 m<sup>3</sup>/seg con una altura 20cm, como indica la figura.

ANEXO 11

CAUDAL TUBERÍA CALLE "P" DE 20" DE PVC.

Datos	
Profundidad Y	0.16 m
D	= 0.4 m
r	= 0.2 m
n	= 0.009
So	= 0.02 m



Fórmulas
$x = D/2$
$\theta = 2 \cos^{-1} [1 - (y/x)]$
$A = 0.5r^2 (\theta - \sin\theta)$
$P = r\theta$
$R = A/P$
$Q = (k/n) AR^{2/3} S^{1/2}$
$V = Q/A$

$$\theta = 2 \cos^{-1} (1 - (y/r))$$

$\theta =$	1.999987815
------------	-------------

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$$

A =	0.16	1.965088531
	8	

A =	0.0393 m <sup>2</sup>
-----	-----------------------

$$P = r * \theta$$

P =	0.4 m
-----	-------

R =	$\frac{A}{P}$	=	$\frac{0.039302}{0.399998}$	=
-----	---------------	---	-----------------------------	---

R =	0.09826 m
-----	-----------

$$Q = \frac{AR^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Q =	$\frac{0.039 * 0.213 * 0.141}{0.009}$
-----	---------------------------------------

Q =	0.131 m <sup>3</sup> /seg	Por tubería 40%
Q =	0.263 m <sup>3</sup> /seg	Por tubería 80%

Q en dos tuberías al 40%	0.263 m <sup>3</sup> /seg	PVC
Q en dos tuberías al 80%	0.526 m <sup>3</sup> /seg	PVC

<http://onlinecalc.sdsu.edu/canalenlinea03.php>

## ANEXO 12



### CALCULO DE VOLUMEN MURO DE CONTECION

#### ANEXO 12

ABSCISA	ÁREA m2	VOLUMEN m3
0+000	54.50	-
0+020	39.96	944.60
0+040	41.88	818.40
0+060	42.58	844.60
0+080	42.37	849.50
0+100	45.47	878.40
0+120	48.81	942.80
0+140	45.38	941.90
0+160	50.21	955.90
0+180	42.98	931.90
0+200	36.14	791.20
0+220	40.37	765.10
0+240	51.60	919.70
0+260	43.77	953.70
0+280	77.04	1,208.10
0+300	84.97	1,620.10
0+320	48.42	1,333.90
0+340	58.72	1,071.40
0+360	55.90	1,146.20
0+380	54.62	1,105.20
0+400	56.36	1,109.80
0+420	48.24	1,046.00
0+440	40.71	889.50
0+460	46.09	868.00
0+480	52.36	984.50
0+500	50.43	1,027.90
0+520	40.54	909.70
0+540	38.44	789.80
0+560	41.16	796.00
0+580	39.32	804.80
0+600	37.15	764.70
0+620	36.12	732.70
0+640	36.03	721.50
0+660	38.12	741.50
0+680	40.19	783.10
0+700	37.70	778.90

ABSCISA	ÁREA m2	VOLUMEN m3
0+720	40.28	779.80
0+740	39.61	798.90
0+760	40.56	801.70
0+780	42.31	828.70
0+800	43.68	859.90
0+820	44.90	885.80
0+840	56.71	1,016.10
0+860	61.20	1,179.10
0+880	44.09	1,052.90
0+900	39.42	835.10
0+920	38.78	782.00
0+940	35.65	744.30
0+960	33.62	692.70
0+980	37.47	710.90
0+1000	32.54	700.10
0+1020	25.01	575.50
0+1040	24.56	495.70
0+1060	24.58	491.40
0+1080	22.06	466.40
0+1100	31.92	539.80
0+1120	35.98	679.00
0+1140	28.60	645.80
0+1160	26.44	550.40
0+1180	29.23	556.70
0+1200	33.61	628.40
0+1220	32.09	657.00
0+1240	25.39	574.80
0+1260	34.56	599.50
0+1280	37.72	722.80
0+1300	36.45	741.70
0+1320	35.06	715.10
0+1340	37.99	730.50
0+1360	42.86	808.50
0+1380	44.33	871.90
0+1395.53	49.69	730.07

Proteccion del poste de alta tencion	1568.5	m3
Volumen del muro de contención	58219.97	m3
<b>Volumen del muro de contención total</b>	<b>59788.47</b>	<b>m3</b>