

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



MANUAL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DISEÑO DE
MUROS DE RETENCIÓN

PRESENTADO POR:

RICARDO ENRIQUE CORTEZ VELÁSQUEZ

JAVIER OMAR RIVERA GARCÍA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

MANUAL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DISEÑO DE
MUROS DE RETENCIÓN

Presentado por :

RICARDO ENRIQUE CORTEZ VELÁSQUEZ

JAVIER OMAR RIVERA GARCÍA

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :

ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

Docente Director :

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

Docente Director
(Externo) :

ING. MAURICIO ISAÍAS VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, Agosto de 2004

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores:

ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODÍNEZ GONZÁLEZ

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

ING. MAURICIO ISAÍAS VELÁSQUEZ PAZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos regalado la vida y los medios para lograr este triunfo.

A nuestras familias, por habernos soportado todo este tiempo.

A nuestros compañeros y amigos, por la ayuda y el apoyo.

A nuestros asesores, especialmente al Ing. M.Sc. Rogelio Godínez por su ayuda y su tiempo.

DEDICATORIA

A mis padres, José Javier Rivera Lazo y Nora Teresa García de Rivera, por haberme dado la oportunidad de superarme y ser siempre un ejemplo de superación.

A mis hermanos, Rodrigo, Ana, Fernando, Vilma, Sandra y Dinora, por ser cada uno de ellos ejemplo y orgullo.

A mis familiares, especialmente mi abuela Margarita por estar pendiente de mí.

A mis amigos y amigas, por brindarme su amistad y ayuda en todo momento.

A la memoria de un amigo, Ing. Juan Carlos Ardón Mariona (QEPD).

A la vida, por haberme regalado todo lo que tengo.

Javier Omar

DEDICATORIA

Al SER SUPREMO que me dio la vida y me ha regalado toda la felicidad del mundo.

A mis padres, Margarita Velásquez de Cortez y Manuel de Jesús Cortez Alvarez, por haberme apoyado en los momentos mas difíciles de la carrera y ser ellos un ejemplo a seguir.

A Lorena y a mi hija Marcelita por llenar de amor y felicidad cada momento de mi vida.

A mis hermanos, Lupi, y Jose , por estar pendientes de mí, sabiendo que en ellos siempre encontrare un apoyo.

A mis familiares, especialmente mis abuelos, Ita (QEPD), papa Chepe (QEPD) y mama Tita quienes siempre se han preocupado por mí.

Ricardo Enrique Cortez Velásquez.

RESUMEN

En el Trabajo de Graduación “Manual de procesos constructivos y diseño de muros de retención” están descritos los procesos constructivos de los tipos de muros más comunes que en la práctica se construyen en cualquier lugar del país, apegados a normas y parámetros técnicos; esto, para muros tradicionales y no tradicionales tales como gaviones, tierra armada y artesanales. De las visitas de campo a casos de estudio y entrevistas a técnicos que llevan a cabo los procesos constructivos, se sistematizó la información recopilada de la experiencia, detalladamente, incluyendo los muros artesanales contruidos con llantas, con o sin refuerzo, anclajes o estructuras secundarias de concreto, pequeñas columnas y vigas, para constituir una solución más segura para resistir los grandes empujes de las masas de tierra que sobre ellos puedan actuar. Se hace la clasificación de estos en base a su funcionamiento, geometría, finalidad, materiales de construcción y problemas a resolver. Se describen las actividades y funciones que forman parte del proceso de diseño y ejecución de los muros, tales como la programación, instalaciones provisionales, mano de obra, equipo y herramienta a usar, control de calidad de los materiales y del suelo de cimentación, funciones de la supervisión y las especificaciones técnicas a cumplir para diseño y construcción de los diferentes tiposdemuros.

Considerando la presión de tierra sobre la pantalla y la base del muro y las teorías de Rankine y Coulomb, se propone un software desarrollado en lenguaje BASIC, útil para determinar las dimensiones óptimas de la sección transversal de muros de mampostería de piedra; también, cinco nomogramas de ayuda para diseño o revisión rápida de la geometría y la estabilidad, determinando el factor de seguridad al deslizamiento en un muro cualquiera.*

Las diferentes aplicaciones en construcción de muros de retención y portantes, son ejemplos típicos, a través de sus respectivas figuras y esquemas explicativos del funcionamiento de cada uno de ellos, así como los casos especiales de análisis como la influencia de zapatas de edificios sobre los muros y la presencia de agua en el terreno donde se construirá el muro. Basados en los parámetros de muros y suelos tales como altura, ángulo de fricción interna, empujes y momentos con los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de carga, se hace un análisis gráfico de estas variables respecto a cómo los muros responden en su funcionamiento, y su correspondiente interpretación, recomendando valores de parámetros a utilizar para la buena funcionalidad, seguridad y economía de los muros.

* Comparativamente, los empujes (Kg/cm^2) determinados por estos métodos, son más exactamente estimados que por el método gráfico de Cullmann.

INDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.....	i
 CAPITULO I MARCO TEORICO	
Introducción.....	1
1.0 Marco teórico.....	1
1.1 Anteproyecto.....	2
1.1.1 Antecedentes.....	2
1.1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.1.3 Objetivos, Alcances y Limitaciones.....	6
1.1.4 Justificación del problema.....	7
1.2 Urbanismo y desarrollo físico de las ciudades de El Salvador.....	9
1.3 Obras que implican el uso de muros de retención.....	22
1.4 Clasificación de los muros de retención por su funcionamiento.....	24
1.4.1 Muros rígidos.....	24
1.4.2 Muros flexibles.....	25
1.4.3 Muros según su finalidad.....	25

1.4.3.1 Muros de retención.....	25
1.4.3.2 Muros portantes.....	26
1.4.3.3 Muros de cortante.....	26
1.4.3.4 Muros de cimentación.....	27
1.4.4 Muros según sus características.....	27
1.4.4.1 Geometría.....	27
1.4.4.2 Estabilidad.....	28
1.4.4.3 Uso.....	28
1.4.5 Muros según el suelo de cimentación.....	31
1.4.6 Muros según la geometría.....	32
1.4.7 Muros según el tipo de material de construcción.....	37
1.4.7.1 Muros de retención.....	38
1.4.7.2 Muros de protección.....	38
1.4.7.3 Muros simples.....	38
1.4.7.4 Muros prefabricados.....	39
1.4.7.5 Muros de bordas.....	40
1.4.7.6 Muros de varios tipos.....	40
1.4.7.6.1 Muros de fundación.....	40
1.4.7.6.2 Muros perimetrales.....	40
1.4.7.6.3 Muretes.....	41
1.4.7.6.4 Muros de cortante.....	41
1.4.7.6.5 Muros de tierra común.....	41

1.5 Muros según el problema a resolver.....	42
1.5.1 Muros en ambientes húmedos.....	42
1.5.2 Muros en pequeñas y grandes obras hidráulicas.....	43
1.5.2.1 Muros en pequeñas obras hidráulicas.....	43
1.5.2.2 Muros en grandes obras hidráulicas.....	43
1.5.3 Muros en obras de retención de agua.....	43
1.5.4 Muros en control de ríos o avenidas de cauces.....	44
1.6 Principios técnicos en que se basan los muros.....	44
1.7 Tecnología de los muros.....	54
1.8 Métodos analíticos para el cálculo de distintos tipos de muros.....	75
1.9 Método gráfico de Cullmann para encontrar la fuerza resultante que actúa en un muro cualquiera.....	77
1.10 Estudio de suelo para muros.....	82
1.10.1 Propósito del estudio de suelos.....	82
1.10.2 Trabajo de campo.....	83
1.10.2.1 Muestreo con equipo de penetración estándar (prueba STP)	83
1.10.2.2 Muestreo inalterado mediante pozos a cielo abierto.....	84
1.10.3 Trabajo de laboratorio.....	84
1.10.3.1 Algunas propiedades físicas del suelo.....	85
1.10.3.1.1 Contenido de humedad natural.....	85

1.10.3.1.2 Gravedad específica de las partículas de suelo.....	85
1.10.3.1.3 Análisis granulométrico.....	86
1.10.3.1.4 Límites de consistencia.....	86
1.10.3.1.5 Pesos volumétricos húmedos.....	87
1.10.3.1.6 Coeficiente de permeabilidad.....	88
1.10.3.2 Estados de esfuerzo del suelo.....	89
1.10.3.2.1 Compresión inconfiada.....	89
1.10.3.1.2 Pruebas Triaxiales.....	90
1.10.4 Trabajo de gabinete.....	91
1.10.4.1 Localización de profundidad de la roca y nivel freático del agua.....	91
1.10.4.2 Clasificación de los suelos.....	92
1.10.4.3 Estimación de capacidad de carga del suelo.....	95
1.10.4.4 Determinación de parámetros geotécnicos.....	96
1.11 Normas y Especificaciones Técnicas.....	96
1.12 Programación.....	97
1.13 Supervisión.....	97
1.14 Costos.....	98
1.15 Causas que originan los daños en los muros.....	99
1.16 Fallas.....	100
1.16.1 Falla local.....	100
1.16.2 Falla total.....	102

1.17 Diseño de muros de retención.....	103
1.17.1 Dimensionamiento.....	04
1.17.1.1 Geometría.....	104
1.17.2 Fuerzas activas.....	106
1.17.3 Fuerzas pasivas.....	106
1.17.4 Tipos de fallas estructurales.....	107
1.17.4.1 Falla por flexión.....	107
1.17.4.2 Falla por cortante.....	107
1.17.4.3 Falla por deslizamiento.....	108
1.17.4.4 Falla por volteo.....	108
1.17.4.5 Falla por asentamientos.....	108
1.17.5 Elementos de los muros.....	110
1.17.5.1 Pantalla y base.....	110
1.17.5.2 Talón y punta.....	111
1.17.5.3 Drenajes.....	111
1.17.5.4 Tensor.....	111
1.17.5.5 Anclajes.....	111
1.17.5.6 Diente.....	112
1.17.6 Factor de seguridad.....	112
1.17.7 Revisiones de dimensiones.....	113
1.17.8 Influencia de fuerzas desestabilizadoras: fuerzas motoras y fuerzas restituidoras	114

1.17.9 Sismos.....	114
1.17.10 Impacto.....	114
1.17.11 Sobrecargas.....	115
Conclusiones.....	117

CAPITULO II

PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE MUROS TRADICIONALES Y

NO TRADICIONALES

Introducción.....	118
2.1 Programación.....	119
2.2 Instalaciones provisionales.....	120
2.3 Materiales y su calidad.....	122
2.4 Mano de obra.....	125
2.5 Equipo y herramientas.....	127
2.6 Control de laboratorio.....	136
2.7 Control de calidad.....	138
2.7.1 Control de calidad de los materiales.....	138
2.7.2 Control de calidad de la mano de obra.....	138
2.7.3 Control de calidad del suelo normal y del suelo restituido....	139
2.7.4 Estabilización.....	139
2.7.5 Normas para el control de laboratorio.....	142
2.8 Supervisión.....	143
2.8.1 Tiempo.....	143

2.8.2 Costo.....	144
2.8.3 Calidad.....	145
2.9 Proceso Constructivo para Muros Tradicionales.....	146
2.9.1 Muros de Mampostería de Piedra.....	146
2.9.1.1 Trazo.....	146
2.9.1.2 Excavaciones.....	150
2.9.1.3 Nivelación.....	152
2.9.1.4 Hechura con piedra.....	153
2.9.1.5 Mezclas a utilizar.....	155
2.9.1.6 Arranques.....	158
2.9.1.7 Acabados.....	160
2.9.2 Muros de mampostería de bloques.....	161
2.9.2.1 Trazo.....	161
2.9.2.2 Excavación.....	161
2.9.2.3 Nivelación.....	162
2.9.2.4 Fundación.....	162
2.9.2.4.1 Armadura.....	163
2.9.2.4.2 Mezcla y transporte del concreto.....	170
2.9.2.4.3 Colado.....	172
2.9.2.5 Colocación de bloques.....	173
2.9.2.6 Llenado de bloques.....	180
2.9.2.7 Acabado.....	182

2.9.3 Muros de Concreto Reforzado.....	184
2.9.3.1 Trazo.....	184
2.9.3.2 Excavación.....	185
2.9.3.3 Nivelación.....	185
2.9.3.4 Armado del refuerzo horizontal y vertic.....	185
2.9.3.5 Moldeo.....	185
2.9.3.6 Mezcla y transporte del concreto.....	186
2.9.3.7 Colado del concreto.....	187
2.9.3.8 Acabado.....	187
2.9.4 Drenajes.....	188
2.9.5 Especificaciones para muros tradicionales.....	194
2.10 Proceso constructivo de muros no tradicionales.....	223
2.10.1 Gaviones.....	223
2.10.1.1 Armado de módulos.....	223
2.10.1.2 Colocación de módulos de la estructura.....	224
2.10.1.3 Encoframiento.....	225
2.10.1.4 Relleno y colocación de tirantes.....	226
2.10.1.5 Cierre de módulos.....	227
2.10.1.6 Tela geotextil.....	227
2.10.1.7 Revestimiento de gaviones con concreto lanzado.....	228
2.10.1.8 Especificaciones técnicas para muros de gaviones.....	229
2.10.2 Tierra armada.....	236

2.10.2.1 Preparación del terreno.....	236
2.10.2.2 Trazo.....	236
2.10.2.3 Excavación.....	237
2.10.2.4 Colocación de escamas.....	238
2.10.2.5 Nivelación y plomeo de escamas.....	240
2.10.2.6 Colocación de armaduras.....	241
2.10.2.7 Relleno y compactación.....	242
2.10.2.8 Drenajes.....	243
2.10.2.9 Especificaciones técnicas para tierra armada.....	244
2.10.3 Muros alternativos ó artesanales.....	249
2.10.3.1 Muros hechos de bloques sobrepuestos.....	249
2.10.3.2 Muros hechos de llantas de hule entramadas o ligadas.....	252
2.10.3.3 Muros hechos de llantas armadas.....	256
2.10.3.4 Muros hechos de material misceláneo.....	262
Conclusiones.....	264

CAPITULO III

ELABORACIÓN DE AYUDAS

Introducción.....	265
3.1 Ayudas para diseñar muros.....	266
3.1.1 Tablas de criterios y parámetros útiles ...	266
3.1.2 Nomogramas para el cálculo de la estabilidad al	

deslizamiento.....	268
3.2 Elaboración de ayudas al constructor.....	289
3.2.1 Según tipo de problema a solucionar.....	289
3.2.2 Según características del muro.....	300
3.2.3 Según el tipo de suelo.....	301
3.2.4 Según los detalles del muro.....	303
3.3 Ayudas en el proceso constructivo.....	308
3.3.1 Planos y trazo.....	308
3.3.2 Especificaciones.....	311
3.3.3 Administración.....	311
3.3.4 Costos y presupuesto.....	316
Conclusiones.....	325

CAPITULO IV

APLICACIONES EN CONSTRUCCIÓN

Introducción.....	327
4.1 Proyectos Industriales y Agroindustriales.....	328
4.1.1 Proyectos en Arquitectura.....	329
4.1.2 Proyectos en Ingeniería.....	330
4.2 Obras.....	330
4.2.1 Pasos a desnivel en viaductos.....	330
4.2.2 Túneles.....	335
4.2.3 Ademes en corte para estabilizar o entibados.....	337

4.2.4 Terraplenes.....	338
4.2.5 Presas	339
4.2.6 Control de cauces.....	340
4.2.7 Edificación.....	343
4.2.8 Camino o carretera y puertos o aeropuertos.....	346
4.2.9 Vivienda en general.....	349
4.2.10 Urbanización baja.....	353
4.2.11 Estabilización de taludes y laderas.....	356
4.2.12 Puentes.....	358
4.2.13 Obras varias complementarias.....	360
4.3 Características.....	364
4.3.1 Diseño.....	364
4.3.2 Construcción.....	375
4.3.3 Funcionamiento.....	376
Conclusiones.....	377

CAPITULO V

RESULTADOS

Introducción.....	378
5.1 Resultados obtenidos.....	379
5.1.1 Descripción de las tablas N°5.1 a N° 5.8.....	382
5.1.2 Descripción de los gráficos de las tablas N°5.1 a N° 5.8.....	382
5.1.3 Tablas y gráficos de análisis de resultados.....	383

5.2 Análisis de resultados.....	442
5.2.1 Altura del muro vs. Empujes.....	442
5.2.2 Variable C vs. Factores de seguridad.....	444
5.2.3 Relación B/H vs. Factor de seguridad al volteo.....	446
5.2.4 Relación B/H vs. Factor de seguridad al deslizamiento.....	447
5.2.5 Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga.....	449
5.2.6 Momentos restituidores y motores vs. Factores de seguridad.....	450
5.2.7 Ángulo de fricción interna vs. Factores de seguridad.....	451
5.2.8 Ángulo de fricción interna vs. Empujes.....	453
5.3 Interpretación de resultados.....	454
5.3.1 Altura del muro vs. Empujes.....	454
5.3.2 Variable C vs. Factores de seguridad.....	455
5.3.3 Relación B/H vs. Factor de seguridad al volteo.....	455
5.3.4 Relación B/H vs. Factor de seguridad al deslizamiento.....	455
5.3.5 Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga.....	456
5.3.6 Momentos restituidores y motores vs. Factores de seguridad.....	456
5.3.7 Ángulo de fricción interna vs. Factores de seguridad.....	456
5.3.8 Ángulo de fricción interna vs. Empujes.....	457

5.4 Criterios.....	457
5.5 Conclusiones.....	458

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Introducción.....	459
6.1 Consideraciones.....	460
6.2 Conclusiones.....	461
6.3 Recomendaciones.....	463
BIBLIOGRAFÍA.....	465
ANEXOS.....	468
APENDICE1: Cálculo para el diseño de un muro de mampostería de piedra.....	511
APENDICE2: La falla o rotura en los muros de retención.....	525

INDICE DE CUADROS

Nº	Contenido	Pág.
1.1	Municipios de la RMSS.....	13
1.2	Clasificación del suelo urbano y urbanizable según la OPAMSS.....	18
1.3	Clasificación del suelo rural según la OPAMSS.....	19
1.4	Tipos de suelos y su calidad para rellenos de muros de retención.....	42
1.5	Valores típicos de ángulo de fricción para arenas y limos.....	78
1.6	Valores típicos de coeficiente de permeabilidad para algunos tipos de suelo.....	89
1.7	Descripción cualitativa de depósitos de suelo granular.....	101
1.8	Geometrías típicas de muros de retención y sus características.....	105
2.1	Normas para el control de suelos y materiales.....	142
2.2	Especificaciones por propiedades de los diferentes tipos de mortero.....	156
2.3	Especificaciones por proporciones de los diferentes tipos de mortero.....	157

2.4	Morteros según su proporción y uso.....	158
2.5	Detalles para dobléz de 180°.....	166
2.6	Detalles para dobléz de 90°.....	166
2.7	Detalles para dobléz de 135°.....	167
2.8	Valores típicos de traslapés para diferente diámetro de varillas y concreto con $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	204
2.9	Valores típicos de traslapés para diferente diámetro de varillas y concreto con $f'c=280\text{Kg/cm}^2$	204
2.10	Valores típicos de recubrimientos en estructuras de concreto reforzado.....	206
2.11	Proporciones para la hechura de mortero para diferentes fines.....	209
2.12	Dimensiones convencionales de bloque estructural.....	217
2.13	Dimensiones estándar para diseño de muros usando bloque estructural.....	217
2.14	Especificaciones para el diámetro del alambre utilizado en los gaviones.....	230
2.15	Características requeridas para el recubrimiento con PVC.....	231
3.1	Fuerza vertical actuante en el muro.....	276
3.2	Características del suelo.....	278
3.3	Características del muro.....	278

3.4	Problemas comunes y posibles soluciones.....	297
3.5	Características de los muros dependiendo del tipo de Suelo.....	301
3.6	Diferentes tipos de drenajes en muros de retención.....	303
3.7	Tipos de juntas en la construcción de muros tradicionales.	305

INDICE DE TABLAS

Nº	Contenido	Pág.
3.1	Grados de plasticidad.....	266
3.2	Consistencia de los suelos cohesivos a partir de la prueba STP.....	267
3.3	Clasificación de los suelos de acuerdo al coeficiente de permeabilidad.....	267
3.4	Potencialidad de drenaje en base al tipo de suelo.....	267
3.5	Propiedades según tipo de suelo.....	268
4.1	Índice de huecos en tanto por ciento.....	375
5.1	Altura vs. Empujes.....	389
5.2	Variable c vs. Factores de seguridad.....	393
5.3	Relación B/H vs. Factor de seguridad al volteo.....	398
5.4	Relación B/H vs. Factor de seguridad al deslizamiento.....	404
5.5	Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga.....	410
5.6	Momentos motores y restituidores vs. Factores de Seguridad.....	421
5.7	Ángulo de fricción interna vs. Factores de seguridad.....	433
5.8	Ángulo de fricción interna vs. Empujes.....	438

INDICE DE FIGURAS

Nº	Contenido	Pág.
1.1	Mapa de San Salvador en 1594.....	11
1.2	Mapa de zonas propensas a derrumbes y deslaves en el AMSS.....	22
1.3	Distribución de los agregados.....	58
1.4	Curvas granulométricas.....	58
1.5	Geometría y predimensionamiento de la sección transversal de un muro.....	76
1.6	Método gráfico de Cullmann.....	80
1.7	Similitudes de triángulos de fuerzas.....	80
1.8	Punto de aplicación del empuje.....	82
1.9	Carta de plasticidad.....	95
1.10	Falla local.....	102
1.11	Falla total.....	103
1.12	Dimensiones aproximadas propuestas para la sección transversal de un muro.....	104
1.13	Fuerzas activas y pasivas que actúan sobre un muro de gravedad	106
1.14	Efectos de las diferentes fallas estructurales en los muros de retención	109

1.15	Elementos que conforman un muro de retención.....	110
1.16	Colchón equivalente de tierra, debido a una sobrecarga.....	116
2.1	Pala.....	127
2.2	Pico.....	127
2.3	Almádana.....	128
2.4	Cuña.....	128
2.5	Cuchara de albañil.....	129
2.6	Plana.....	129
2.7	Llana.....	130
2.8	Carretilla.....	130
2.9	Grifa	131
2.10	Esparrabel o capirucho.....	131
2.11	Bollo de cordel.....	132
2.12	Nivel de burbuja.....	132
2.13	Plomada.....	133
2.14	Cubo.....	133
2.15	Batea.....	134
2.16	Serrucho de albañil.....	135
2.17	Concreteira.....	135
2.18	Taladro.....	136
2.19	Variación de la resistencia a la compresión simple con respecto al porcentaje de cemento Pórtland agregado.....	140

2.20	Variación de la resistencia a la compresión simple con respecto al porcentaje de cal hidratada agregada.....	141
2.21	Curva de compactación típica.....	142
2.22	Establecimiento de líneas para trazo.....	147
2.23	Método 3-4-5 para el trazo de líneas perpendiculares.....	149
2.24	Método 3-4-5 para el trazo de líneas perpendiculares.....	149
2.25	Nivel de manguera.....	153
2.26	Rendimiento de la piedra para la construcción de muros.....	159
2.27	Anclaje para armadura vertical en muros de mampostería de bloques.....	163
2.28	Cortafrío.....	164
2.29	Banco de armador.....	165
2.30	Pernos para doblado en banco de armador.....	165
2.31	Amarre de los elementos.....	168
2.32	Empalme de varillas.....	169
2.33	Establecimiento del nivel de las primeras hiladas.....	174
2.34	Revisión de nivel de hiladas.....	175
2.35	Colocación de la primera hilada.....	175
2.36	Nivelación de la primera hilada.....	176
2.37	Marcación de la ubicación de los anclajes.....	177
2.38	Colocación del refuerzo vertical.....	178
2.39	Verificación de la verticalidad.....	179

2.40	Verificación de la verticalidad.....	179
2.41	Alineamiento de los bloques.....	180
2.42	Llenado de bloques.....	181
2.43	Huecos o aliviaderos en los muros.....	189
2.44	Empaque de grava detrás de los aliviaderos.....	190
2.45	Filtro paralelo al muro.....	191
2.46	Filtro inclinado.....	191
2.47	Huecos para drenaje en muros de mampostería de bloques de concreto.....	192
2.48	Dren vertical con geotextil.....	193
2.49	Amarrado de diafragmas para gaviones.....	224
2.50	Colocación de diafragmas según planos.....	225
2.51	Encofrado para gaviones.....	226
2.52	Cerrado de gaviones.....	227
2.53	Secuencia de colocación de escamas.....	239
2.54	Colocación de sargentos.....	240
2.55	Ubicación de las juntas para drenaje en muros de tierra armada.....	243
2.56	Muros de bloques sobrepuestos.....	251
2.57	Muros de bloques sobrepuestos.....	251
2.58	Muros de bloques sobrepuestos.....	252
2.59	Compactación de suelo en llantas.....	254

2.60	Muro de llantas sobrepuestas.....	255
2.61	Detalle de tensor en muro de llantas.....	256
2.62	Colocación de refuerzo vertical en llantas.....	258
2.63	Ubicación de ladrillos en llantas sucesivas.....	259
2.64	Tensores amarrados a columnas de concreto reforzado.....	260
2.65	Estructura de concreto reforzado tipo marco.....	261
2.66	Estructura de columnas independientes.....	261
3.1	Representación de un nomograma.....	268
3.2	Nomograma de la forma $f_1(u)+f_2(v)=f_3(w)$	269
3.3	Nomograma de la forma $f_1(u)-f_2(v)=f_3(w)$	270
3.4	Revisión por deslizamiento a lo largo de la base.....	273
3.5	Dimensionamiento preliminar del muro.....	275
3.6	Dimensionamiento del muro en función de la altura H.....	276
3.7	Talud sin confinamiento lateral.....	290
3.8	Confinamiento del talud por medio de un muro de retención..	290
3.9	Tipos de muro utilizados para la conformación de terrazas ($H>1.0$ m).....	291
3.10	Tipos de muro utilizados para la conformación de terrazas ($H\leq 1.0$ m)	292
3.11	Estabilización de taludes por medio del abatimiento del talud.....	295

3.12	Estabilización de taludes por medio del escalonamiento del talud.....	295
3.13	Estabilización de taludes por medio del revestimiento del talud.....	296
3.14	Área mínima recomendada para sustitución del suelo de relleno.....	305
3.15	Dentellones en junta de construcción.....	307
3.16	Superficie rugosa en junta de construcción.....	307
3.17	Junta de contracción.....	308
3.18	Junta de expansión.....	308
4.1	Uso de tierra armada en rampa de entrada y salida de pasos a desnivel.....	331
4.2	Uso de tierra armada en rampa de entrada y salida de pasos a desnivel.....	331
4.3	Mecanismo de funcionamiento de la tierra armada en pasos a desnivel con tierra confinada.....	332
4.4	Paredes laterales conformadas por muros de retención.....	332
4.5	Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en viaductos.....	333
4.6	Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en viaductos.....	333
4.7	Muro en paso a desnivel con acabados de laja.....	334

4.8	Muro en paso a desnivel con acabado simple de repello.....	334
4.9	Muro de mampostería de piedra en túnel abovedado.....	335
4.10	Mecanismo de funcionamiento de muros en túneles.....	335
4.11	Túnel hecho de concreto reforzado.....	336
4.12	Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en túneles.....	336
4.13	Uso de vigas montantes para ademados.....	337
4.14	Uso de tablestacas para ademados.....	338
4.15	Terraplén con muro de mampostería de piedra.....	338
4.16	Mecanismo de funcionamiento de muros de piedra en terraplenes.....	339
4.17	Uso de muro de concreto reforzado en presas hidráulicas.....	339
4.18	Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en presas hidráulicas.....	340
4.19	Muro de mampostería de piedra para control de cauces.....	341
4.20	Mecanismo de funcionamiento de muros para el control de cauces.....	341
4.21	Muro de mampostería de piedra para control de cauces.....	342
4.22	Control de cauces por medio de gaviones.....	342
4.23	Mecanismo de funcionamiento de gaviones para el control de cauces.....	343
4.24	Muro de mampostería de piedra en edificaciones.....	344

4.25	Mecanismo de funcionamiento de muros cerca de edificaciones.....	344
4.26	Muro de bloques reforzados para contención de cargas impuestas por edificaciones adyacentes a las cuales favorece.	345
4.27	Mecanismo de funcionamiento de muros en edificaciones.....	345
4.28	Muro de gaviones en carretera.....	346
4.29	Mecanismo de funcionamiento de muros en taludes muy inclinados (sistema de taludes).....	346
4.30	Muro para protección de talud en carretera.....	347
4.31	Mecanismo de funcionamiento de muros en taludes para protección de carreteras.....	347
4.32	Uso de gaviones en puertos.....	348
4.33	Mecanismo de funcionamiento de gaviones en puertos.....	348
4.34	Uso de gaviones en puertos.....	349
4.35	Mecanismo de funcionamiento de gaviones en puertos.....	349
4.36	Muro de mampostería de piedra para apoyo de vivienda.....	350
4.37	Mecanismo de funcionamiento de muros en viviendas bajas....	351
4.38	Muro de mampostería de bloques reforzados en vivienda.....	351
4.39	Mecanismo de funcionamiento de muros de retención en viviendas.....	352
4.40	Muro perimetral de ladrillo de barro cocido en vivienda.....	352
4.41	Muro de bloques con contrafuertes en vivienda.....	353

4.42	Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones, con alturas graduales según las terrazas y cuerpos de viviendas.....	354
4.43	Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones.....	354
4.44	Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones.....	355
4.45	mecanismo de funcionamiento del sistema de muros de mampostería en terrazas para viviendas unifamiliares en urbanizaciones.....	355
4.46	Talud estabilizado por medio de concreto lanzado.....	356
4.47	Talud con un ángulo β con respecto a la horizontal, ángulo θ con respecto a un posible plano de falla y altura H	357
4.48	Muro de bloques de concreto reforzado.....	358
4.49	Protección de columnas de puente por medio de gaviones.....	359
4.50	Muro de mampostería de piedra en base de puente.....	359
4.51	Mecanismo de funcionamiento de muros estribos de mampostería de piedra en puentes.....	360
4.52	Canalización de aguas superficiales por medio de colchones de piedra.....	361
4.53	Gaviones utilizados para canalización de aguas superficiales.....	361
4.54	Mecanismo de funcionamiento de gaviones para la canalización de aguas de un río.....	362
4.55	Muro de bloques de concreto en desnivel de terreno.....	362

4.56	Muro de ladrillo de barro cocido.....	363
4.57	Muro prefabricado.....	363
4.58	Muro de bloques de concreto reforzado.....	364
4.59	Influencia de zapatas sobre un muro de retención.....	366
4.60	Distribución de presiones sobre el terreno debido a una zapata.....	369
4.61	Distribución de empujes sobre el muro incluyendo la acción de las zapatas.....	370
4.62	Muro que retiene un terreno sumergido.....	371
4.63	Efecto de la subpresión.....	372
4.64	Empuje en un terreno sumergido.....	374
5.1	Sección típica de un muro de retención.....	381

SIMBOLOGIA

β : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo

ω : Humedad del suelo

f_c : Resistencia a la compresión del concreto

γ_s : Peso volumétrico o específico del suelo

γ_m : Peso volumétrico o específico del muro

γ' : Peso específico virtual del terreno anegado

γ : Peso específico aparente del terreno seco

n : Índice de huecos en tanto por ciento

γ_a : Peso específico del agua

δ : Ángulo de fricción entre el suelo y el muro

θ : Ángulo de inclinación del plano de falla con respecto a la horizontal

W : Peso de la cuña de tierra

W_m : Peso de la muestra de suelo

V_m : Volumen de la muestra de suelo

σ_3 : Presión de confinamiento lateral

G : Grava

S : Arena

q_{ad} : Capacidad de carga admisible del suelo

q_c : Capacidad transmitida por la cimentación al suelo

q_u : Capacidad última de apoyo del suelo

$q_{m\acute{a}x}$: Carga máxima aplicada al suelo

V_u : Fuerza cortante total

V_n : Resistencia a cortante nominal

V_c : Resistencia cortante del concreto

V_s : Resistencia cortante del hierro de refuerzo, de los estribos

ϕ : Coeficiente de reducción de resistencia

FS : Factor de seguridad

FSV : Factor de seguridad al volteo

FSD : Factor de seguridad al deslizamiento

FSCC : Factor de seguridad a la capacidad de carga

MF : Módulo de finura del suelo

k : Coeficiente de permeabilidad del suelo

Kh : Coeficiente sísmico horizontal

Kv : Coeficiente sísmico vertical

m : Módulo de escala

Ea : Empuje activo

Ep : Empuje pasivo

MR : Momento de las fuerzas resistentes o momento resistente

MM : Momento de las fuerzas actuantes o momento motor

Ka : Coeficiente del empuje activo

Hm : Altura total del muro

H1 : Altura de la pantalla del muro

Df : Profundidad de desplante

- A : Altura de la base del muro o espesor de losa
- B : Ancho de la base del muro
- B1 : Ancho de la punta de la base del muro
- B3 : Ancho del talón de la base del muro
- CO : Ancho de la corona del muro
- Cs : Cohesión del suelo
- 1/y : Pendiente de la pantalla del muro
- NP : Nivel de la superficie del terreno
- C : Variable correspondiente a la relación B/H
- R : Resultante de las fuerza verticales sobre el muro
- FR´ : Fuerzas horizontales resistentes
- Fd : Fuerzas horizontales de empuje
- R´ : Fuerza resistente máxima del suelo a lo largo de la losa de base

SIGLAS UTILIZADAS

ASIA	: Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos
ISCYC	: Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto
OPES	: Oficina de Planeamiento Estratégico
RMSS	: Región Metropolitana de San salvador
AMSS	: Área Metropolitana de San salvador
COAMSS	: Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador
OPAMSS	: Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San salvador
VMVUD	: Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano
MARN	: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
DUA	: Dirección de Urbanismo y Arquitectura

MOP : Ministerio de Obras Públicas

FGR : Fiscalía General de la República

CASALCO : Cámara Salvadoreña de la Construcción

ACI : Instituto Americano del Concreto

ASTM : Asociación Americana de Prueba de Materiales

AASHTO : Asociación Americana Federal de Agencias Oficiales de
Carreteras y transportes

ACI : Instituto Americano del Concreto

PCA : Asociación del Cemento Pórtland

SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

UES : Universidad de El salvador

UCA : Universidad Centro Americana

INTRODUCCION

El presente trabajo de graduación comprende los muros de retención tradicionales y no tradicionales y sus diferentes procesos constructivos, los problemas con la inestabilidad de los taludes y sus posibles soluciones con los muros de retención, siendo esta una de las más comúnmente utilizadas. El diseño de los muros de retención está basado en el análisis y determinación de los empujes del talud en estudio, por medio de métodos analíticos, por ejemplo, aplicando la Teoría de Rankine, la de Coulomb, los métodos gráficos como el de Cullmann, para luego proponer la sección geométrica más conveniente y su predimensionamiento, y así, por prueba y error llegar a dimensionar un muro que cumpla con todos los factores de seguridad requeridos. En el proceso constructivo de los muros de retención, se exponen los métodos más utilizados en el país, teniendo condiciones consideradas normales, ya que de estas dependerá la utilización de uno u otro método o proceso constructivo. También, se describen pruebas de laboratorio y de campo utilizadas para la obtención de parámetros físicos y mecánicos del suelo, tal como cohesión, peso específico, granulometría, ángulo de fricción interna, coeficiente de permeabilidad, etc., que son indispensables para el diseño y construcción de los muros de retención.

CAPITULO I
MARCO TEORICO

INTRODUCCION

El Capítulo I reseña el desarrollo físico y urbanístico que ha tenido el territorio nacional, las entidades encargadas de regular el uso de los suelos y la clasificación de estos, asimismo, la de los muros con los que interaccionan, de acuerdo a funcionamiento, tipo de retención, características, materiales de construcción o el problema que busca resolver. De los muros, se hace referencia a los principios técnicos en que se basan, los métodos analíticos y gráficos ocupados para calcular la presión lateral de tierras sobre el muro, haciendo énfasis en el método gráfico de Cullmann, para ocuparlo en cualquier tipo de muro y la condición de sobrecarga que sobre él se presente. De los suelo el trabajo de campo y de laboratorio respecto a los parámetros necesarios para diseño y construcción así como control de procesos que se llevan a cabo y el correspondiente trabajo de gabinete. Siempre relacionado con la tecnología de los muros, se describe la función de la supervisión, costos, programación y causas que originan daño en los muros y las diferentes fallas que pueden ocurrir. Se describen además, los elementos que conforman el muro, los factores de seguridad que determinan su estabilidad y la influencia de las fuerzas externas sobre la estructura.

1.0 MARCO TEORICO

1.1 ANTEPROYECTO

1.1.1 Antecedentes

La construcción de muros de retención en obras civiles es frecuente debido a la morfología que tiene el país, donde los espacios de superficies planas son insuficientes respecto al actual desarrollo poblacional y modelo de proliferación urbanístico prevaleciente. Esto ha conllevado al desarrollo de los métodos y técnicas usadas para dar respuesta a estos problemas; esta dinámica está reflejada en la variedad de alternativas en obras de diferentes zonas del territorio, que van desde muros artesanales hasta obras de gran magnitud que requieren más sustentación en seguridad.

En El salvador, los tipos de muros tradicionalmente utilizados son de mampostería de piedra, mampostería de bloques de concreto y de concreto reforzado; otros no tradicionales son los gaviones, tierra armada, muros pantalla y muros cajón. La información acerca de muros tradicionales aún no es lo suficientemente conocida y aplicada en la práctica. Para los muros no tradicionales la situación es similar por lo que los diseñadores y constructores se basan con frecuencia en sus experiencias.

Entre los estudios hechos en esta temática, se tiene el trabajo de graduación que dio a conocer diferentes tipos de muros que se utilizan en el país (REF. 1); también existe el trabajo de graduación que trató de un

experimento en el uso de suelo-cemento fluido hecho con tierra blanca en un talud, formando entre ambas estructuras una “masa monolítica” de protección (REF. 2); este ensayo se realizó en el Campus Universitario, donde hoy es el Polideportivo, el talud donde se realizó la prueba fue destruido. En 1996 se realizó el trabajo de graduación que contiene tres ejemplos de cálculos completos relativos a muros de retención tradicionales de mampostería de piedra, mampostería de bloques y concreto reforzado (REF. 3). Las revistas N° 64,78, 121 publicadas por la Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA), la N° 1 y 4, del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC) y las revistas Construcción y Tecnología N° 25,49,55,57,64 contienen experiencias sobre el tema.

Los muros de retención en el país tienen varias aplicaciones dependiendo de su finalidad, por ejemplo en residencias de colonias como La Escalón, La Cima, San Benito; el uso de muros de retención es frecuente debido a que los terrenos son muy quebrados y es necesario para poder resolver los problemas de desnivel efectuar cortes y rellenos de tierra los cuales son soportados por muros de retención que van desde mampostería de piedra hasta concreto armado. Los pasos a desnivel son una aplicación de muros de tierra armada confinada, que sirven para conformar las rampas de aproximación de esas estructuras. Otro caso de muros de retención que se encuentra en el país son los gaviones, cuya utilización se puede apreciar en el

tramo inicial de la Autopista a Comalapa, cerca del monumento al hermano lejano donde el talud de tierra es soportado por este tipo de muro no tradicional.

Además existen obras que ejemplifican el buen diseño y construcción de muros que no buscan recuperar ni proteger espacios, por ejemplo, en los años 80's se construyó el muro rígido perimetral anti-explosivos y anti-impactos de más de 300 metros de longitud y unos 3 metros de alto que rodea el actual edificio que ocupa el Banco de Comercio "La Fuente" sobre la 25 Avenida Norte, donde funcionó la embajada de los Estados Unidos en El Salvador, cuyos fines eran de seguridad ya que en esos momentos se desarrollaba el conflicto armado en el país. Tal muro es de concreto armado, geometría típica, concreto pesado y acabado decorativo canaleado verticalmente y es un excelente ejemplo de que un muro puede llegar a ser la obra principal de construcción y no siempre una obra secundaria.

1.1.2 Planteamiento del problema

El Salvador es un país donde la población transforma constantemente su entorno para ofrecer más lugares donde vivir, mejores vías de transporte, lugares de trabajo y recreación; para esto, modifica la forma original del terreno, ya que no siempre se cuenta con una morfología plana. Para poder aprovechar al máximo los espacios, se utilizan frecuentemente muros de retención; con el fin de no desperdiciar área de construcción por la diferencia de niveles entre

dos porciones de terreno, ya que con los muros de retención se logra soportar las fuerzas ejercidas por las masas de suelo.

La construcción de muros de retención requiere información de aspectos sociales y económicos, los beneficiados, el costo de la construcción, el problema que resolverá; información de las características físicas y mecánicas de los suelos que conforman los taludes como el ángulo de fricción interno, cohesión, permeabilidad, granulometría, gravedad específica, peso volumétrico, capacidad de carga; información de los materiales a utilizar en los muros como el cemento, bloques, piedra, hierro, agregados así como información acerca de las normativas que rigen la construcción de muros como el Reglamento de Diseño Sísmico.

Pero para el buen diseño y construcción de muros también se requiere tomar en cuenta aspectos como los factores de seguridad estructural, dimensiones del muro, mano de obra calificada, procesos constructivos y buena supervisión, ya que no tomar en cuenta alguno de estos aspectos acarrearía problemas como la falla de la estructura, disminución de la vida útil, aumento en el costo y en el tiempo estimado de construcción.

El problema reside en que la construcción de muros de retención se realiza sin información suficiente de las condiciones particulares de los casos a resolver y sin el apego a métodos ni técnicas establecidas, y es frecuente que su diseño y construcción se haga empíricamente basados en la experiencia del

albañil o maestro de obra y en algunos casos basados sólo en la experiencia de la práctica de algunos ingenieros que han construido muros de retención, lo que acarrea problemas que afectan a las construcciones y a la población.

1.1.3 Objetivos, alcances y limitaciones

Objetivo General

Elaborar un manual de fácil manejo para construcción y diseño de muros de retención tradicionales y no tradicionales.

Objetivos Específicos

1. Sistematizar los procesos constructivos de muros de retención tradicionales y no tradicionales.
2. Describir y aplicar métodos gráficos y analíticos para el diseño muros no tradicionales.
3. Aplicar el método gráfico de Cullmann para el diseño de muros tradicionales. Solución a un caso específico.

ALCANCES

Establecer las fases que intervienen en la construcción de un muro de retención. Producir ayudas que apoyen la práctica de los constructores relativa a muros. Dar soluciones prácticas a problemas específicos aplicando tecnologías modernas y antiguas.

LIMITACIONES

La poca colaboración en proporcionar información por parte de instituciones como el Ministerio de Obras Públicas y empresas constructoras respecto sus experiencias en solución de problemas usando muros de retención.

1.1.4 Justificación del problema

Los terremotos del 13 de Enero y 13 de Febrero del 2001 impactaron las laderas de la colonia “Las Colinas” en Santa Tecla, La Libertad, fallando por causas de inestabilidad; el talud de la curva “La Leona” ubicada en el Km. 54 de la carretera panamericana en San Vicente, igualmente colapsó; numerosos taludes y laderas fallaron provocando derrumbes en la zona central del país tales como los de Comasagua, Carretera a los Chorros, la zona del Lago de Ilopango y las orillas del Río Jiboa.

Estos hechos reflejan los problemas de inestabilidad en los taludes y laderas que por ser de gran magnitud no se resuelven sólo con la construcción de muros de retención, pero indican el grado de vulnerabilidad de los suelos, ya que estos por ser geológicamente jóvenes se encuentran poco consolidados y muy susceptibles a generar problemas de inestabilidad ante fenómenos naturales así como los provocados por el hombre.

Debido a la falta de superficies planas, la utilización de muros de retención es la alternativa más utilizada para la recuperación de espacios para construir, ya que es necesario acoplar el suelo de manera que se aproveche al máximo el terreno donde se piensa realizar una obra civil por medio de cortes y rellenos.

En la práctica cotidiana, la mayoría de los muros de retención todavía están siendo construidos empíricamente, basándose en la experiencia de los ingenieros que los han construido sin hacer ningún estudio de suelos, análisis y diseño del muro ni revisión por las posibles fallas que pueda tener, lo que posteriormente ha llevado a problemas de mediano y largo plazo, fallando por sismos, inundaciones y sobrecargas, o simplemente reduciendo su vida útil y su funcionamiento. La falta de tecnología apropiada para el diseño y construcción de muros de retención es también una situación que se presenta

cotidianamente en el país así como el descuido que existe al no retomar y mejorar tecnologías no tradicionales que son utilizadas constantemente.

El diseño y construcción de los muros no siempre es apegado a normas ni métodos técnicamente establecidos, por lo que un manual de fácil manejo e interpretación contribuirá grandemente a generar estructuras más seguras y a la vez más económicas, lo que colaborará al desarrollo del país.

1.2 URBANISMO Y DESARROLLO FISICO DE LAS CIUDADES DE EL SALVADOR

1. Urbanización en la Región Metropolitana de San Salvador (RMSS).

Originalmente la capital de El Salvador fue fundada en el cantón La Bermuda, a unos 7 km al sur de Suchitoto, en el año de 1528, hasta que fue trasladada al Valle de Zalcoatitán o de Las Hamacas, hoy la ciudad de San Salvador, debido a la ruina de La Bermuda por el terremoto de 1539 (?), Lardé, 1960¹. San Salvador, la capital, fue fundada en su lugar actual en 1545 y el año siguiente recibió el título de ciudad. Su primera ruina sísmica ocurrió el 23 de mayo de 1575 con un sismo que tuvo su foco en la zona de Texacuangos. En la

¹ Lardé, J. (1960a) Historia sísmica y erupción-volcánica de El Salvador: documentación histórica, crítica y conclusiones. Obras Completas, Tomo I, Ministerio de Cultura, San Salvador.

figura No.1.1 se muestra el crecimiento de la ciudad de San Salvador hacia el año 1594.²

Por las frecuentes catástrofes, inicialmente San Salvador no se convirtió en el núcleo absorbente que atrae y anula en parte la actividad de los campos, sino en el centro distribuidor y de contacto entre gentes abocadas a hacer vida rural. Pequeñas poblaciones de indios, en el siglo XVIII, contenían importantes grupos españoles, contribuyendo así, no sólo a la uniformidad de las costumbres, sino a la difusión más rápida del idioma castellano y al fomento del mestizaje cada vez más acentuado. Hasta fines de los primeros trescientos años de colonia, San Salvador tenía solamente 12 mil habitantes, creciendo lentamente hasta 1887 con un total de 16 mil personas. Con la difusión del café en 1888 como un nuevo producto de explotación agrícola de exportación, se aceleró grandemente el crecimiento de la ciudad, manteniéndose uniforme hasta 1940, llegando a los 98 mil habitantes. El Café mejoraba sus precios en el mercado internacional después de la segunda guerra mundial, produciendo excedentes que fueron invertidos en la industria, coincidiendo con un cambio en el ritmo del crecimiento de San Salvador, que en 30 años triplicó su población hasta 330 mil habitantes en el año 1971 y adquirió la fisonomía actual.

² López M. Roberto y otros. La cartografía Salvadoreña, V Congreso Nacional de Ingeniería, página 331.1981

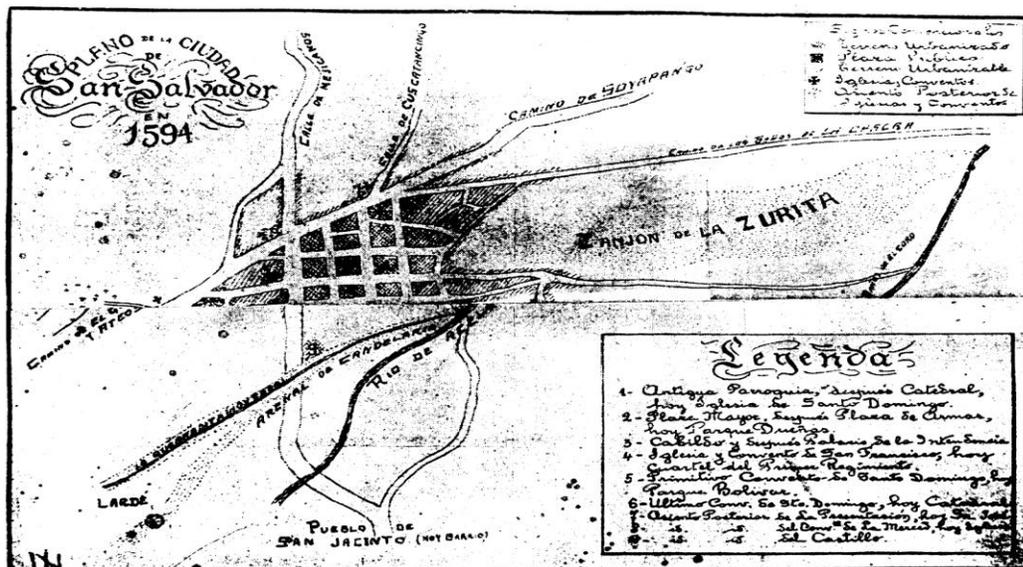


FIGURA No 1.1 Mapa de San Salvador en 1594

Tan recurrente y desastrosa ha sido la destrucción de los sismos en San Salvador que por lo menos dos veces se intentó trasladar la capital a diferentes lugares. En 1839, después de la ruina de la ciudad por dos terremotos fuertes en marzo y octubre, el General Francisco Morazán trasladó el asiento del Gobierno Federal a Cojutepeque (Lardé, 1960). Pocos años después, cuando la ciudad, de nuevo, fue devastada por sismos en abril y junio de 1854, se decretó el 8 de agosto el traslado de la ciudad a la finca de Santa Tecla, cuando fue nombrada Nueva San Salvador (Grases, 1994)³. Sin embargo, el traslado nunca se llevó a cabo, incluso, cuando la ciudad fue destrozada por otro sismo;

³ Grases, J. (1994) Terremotos destructores del Caribe, 1502-1990. UNESCO-RELACIS. Montevideo, Uruguay.

en 1873 se inició la reconstrucción en el mismo lugar sin intentar mudarla a Santa Tecla (Grases, 1994). Después del terremoto de 1986 de nuevo hubo especulación sobre el traslado de la capital y según Durkin y Hopkins (1987)⁴ el Presidente José Napoleón Duarte consultó con sismólogos de El Salvador y de los EE.UU. sobre la posibilidad de reubicar la capital 7.5 km al norte en la ciudad de Apopa.

La ciudad de San Salvador ha tenido desarrollo urbano sin ordenamiento territorial urbano-rural, creciendo incongruente con la localización y distribución de población del territorio (Sol, L. 1985)⁵. El acelerado desarrollo del Area Metropolitana de San Salvador (AMSS) y su estrecha relación con los municipios más cercanos indica la conformación del Area Metropolitana y la Región Metropolitana, la cual incluye a estos municipios (Lungo, M. y otros, 1997)⁶.

Los actuales planes de desarrollo nacional están a cargo de la Oficina de Planeamiento Estratégico (OPES). Para el caso de la RMSS, únicamente los 14 municipios que conforman el actual AMSS son abarcados en la realización del Plan Maestro de Urbanización (PLAMADUR).

⁴ Durkin, M.E. (1987) The San Salvador earthquake of October 10, 1986 – casualties, search and rescue, and response of health care system. *Earthquake Spectra*, 3, 609-620.

⁵ Sol, L. (1985) Conferencia Población y Desarrollo Urbano. Asociación Demográfica Salvadoreña.

⁶ Lungo, M., F. Oporto, R. Chinchilla (1996) Proceso de urbanización y sostenibilidad en El Salvador. *PRISMA* No. 17.

2. La gestión actual del uso del suelo en la RMSS.

Las instituciones que actualmente tienen como parte de sus funciones el control del uso de suelo para proyectos urbanísticos son el Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), Alcaldías Municipales (en el caso de que cuenten con sus propios planes de desarrollo local), la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) y el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Para los municipios que conforman la RMSS, la institución encargada de regular los usos de suelo respectivos es la indicada en el Cuadro No.1.1

CUADRO No.1.1 Municipios de la RMSS

INSTITUCION REGULADORA DEL USO DE LOS SUELOS	MUNICIPIOS DE LA REGION METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
OPAMSS Gran San Salvador	Antiguo Cuscatlán
	Apopa
	Ayutuxtepeque
	Cuscatancingo
	Ciudad Delgado
	Ilopango
	Mejicanos
	Nejapa
	Nueva San Salvador
	San Marcos
	San Martín
	San Salvador
	Soyapango
	VMVDU
Huizucar	
Nuevo Cuscatlán	
Panchimalco	
Quezaltepeque	
San José Villanueva	
San Juan Opico	
Santiago Texacuangos	
Santo Tomás	
Tonacatepeque	

Fuente: Lungo, M., F. Oporto, R. Chinchilla (1996) Proceso de urbanización y sostenibilidad en El Salvador. PRISMA No. 17.

3. El Vice ministerio de Vivienda Urbana (VMVDU).

La Ley de Urbanismo y Construcción, emitida en el año de 1951, facultaba a la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (DUA) para aprobar Proyectos de Urbanización, a través de los llamados Planes Reguladores, los cuales controlaban el desarrollo físico de las ciudades. En el año de 1979 se creó el Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), adscrito al Ministerio de Obras Públicas (MOP), siendo su atribución principal la de planificar, formular, coordinar y dirigir la Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano. En el año de 1986, por Decreto Legislativo, se emitió el Código Municipal, en el que se les da la competencia a los gobiernos locales (Alcaldías) para la “elaboración, aprobación y ejecución de planes de Desarrollo Urbano y Rurales de la localidad (cada municipio)” ⁷. En el año de 1991 se reformó la Ley de Urbanismo y Construcción, como respuesta al crecimiento espontáneo y desordenado de núcleos de población en toda la república, producto de parcelaciones y urbanizaciones no reguladas, haciendo necesario un ordenamiento del territorio bajo normas, en beneficio de los pobladores de las nuevas zonas urbanas.

En esta Ley se faculta al VMVDU como la institución encargada de velar por el cumplimiento de las disposiciones y normas establecidas en el

⁷ Código Municipal Título III. Artículo 4.1

reglamento, en todas aquellas municipalidades del país que no contaran con planes de desarrollo local. Actualmente, entre las Alcaldías que cuentan con sus propios planes locales de desarrollo, se encuentran las Alcaldías de Santa Ana, Sonsonate, Usulután, San Miguel, Metapán y las que conforman el llamado "Gran San Salvador".

El reglamento del VMVDU, establece que los planes locales de cada municipalidad serán los que definirán los suelos urbanos, urbanizables y rurales. En los municipios que no cuenten con su propio plan de desarrollo local. El criterio que aplica es el siguiente:

Suelos Urbanos y Urbanizables: Aquellos que se encuentren dentro del radio de influencia de poblados y que no hayan sido calificados como reserva forestal o agrícola por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Suelos Rurales: Las reservas antes mencionadas y los suelos que se encuentren fuera de estos radios de influencia. La determinación de tales radios de influencia, considera el número de habitantes y la densidad media del poblado.

Reservas Forestales: Corresponde al MARN la determinación de las zonas en toda la república con vocación agrícola, forestal y ecológica. Para proyectos que a juicio del VMVDU, por su naturaleza, ubicación y gran magnitud o complejidad, sea necesario contar con la opinión del MARN solicita

al interesado la "calificación de reservas forestales a mantener según MARN y calificación agrológica".

De acuerdo con Fiscalía General de la República (FGR), la paralización de los proyectos se debe a la tala ilegal de árboles en zonas protegidas por el MARN, pero según la Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO), los proyectos que cuentan con todos los permisos de las autoridades competentes (OPAMSS y VMVDU) para su ejecución, no es motivo para su detención. Este hecho evidencia, que en la actualidad no existe una legislación clara que identifique ciertamente en qué lugares se puede construir y en cuáles no. Sólo las reservas forestales protegidas por el MARN son las únicas identificables, por lo demás "se puede urbanizar en cualquier lugar, inclusive zonas de alto riesgo sísmico y pluvial". (?)

4. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS).

El gran crecimiento del desarrollo urbano del municipio de San Salvador y el de los municipios aledaños, así como la competencia conferida a las Alcaldías con el Código Municipal Art. 4, son la base para la conformación del Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS). Esto dio paso a la formación de la Oficina de Planificación del AMSS (OPAMSS), publicándose en el año de 1987 el Reglamento a la Ordenanza del Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) y de

los Municipios Aledaños, la cual, en 1993 mediante decreto legislativo se convirtió en ley de la república.

Clasificación urbanística de los suelos según el reglamento de la OPAMSS. Esta los divide en dos tipos:

Suelo Urbano: Terrenos que cuenten con la infraestructura de los servicios de urbanización necesarios para su desarrollo, así como aquellos que no disponiendo de estos servicios formen un asentamiento humano con edificación consolidado. Igualmente constituirán el suelo urbano los terrenos que, progresivamente y por ejecución de los planes vayan disponiendo de los servicios de urbanización requeridos.

Suelo Rural: Dividido en Urbanizable y No Urbanizable.

Suelo Rural Urbanizable: Aquellos terrenos rústicos aledaños o no a los suelos urbanos, no comprendidos en el suelo rural no urbanizable.

Suelo Rural No Urbanizable: Suelos con especial protección por su excepcional valor agrícola, forestal, ganadero, paisajístico, histórico, cultural. Suelos que son necesario conservar para la defensa de la fauna, flora, equilibrio ecológico, así como las reservas Agrícolas, Forestales Ecológicas, etc. decretadas por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales u otras autoridades públicas, centrales o municipales, con potestad legal para hacerlo.

Tomando como base esta clasificación, el reglamento divide el Suelo Urbano y urbanizable en las diferentes zonas (Cuadro No.1.2), también en el Cuadro No.1.3 se presenta la clasificación del suelo rural.

CUADRO No.1.2. Clasificación del suelo urbano y urbanizable según la OPAMMS

ZONA	TIPO	CLAVE	DESCRIPCIÓN
ZONA HABITACIONAL	RESIDENCIAL D400	Hr-40	400 Hab/Ha
	RESIDENCIAL D200	Hr-20	200 Hab/Ha
	RESIDENCIAL D100	Hr-10	100 Hab/Ha
	RESIDENCIAL D50	Hr-05	50 Hab/Ha
ZONA DE COMERCIO Y SERVICIOS	CENTRO URBANO	CU	Concentración de comercios y servicios, cuyo radio de influencia es uno o más municipios
	SUB CENTRO URBANO	SU	Concentración de comercios y servicio, cuyo radio de influencia es uno o más distritos urbanos
	CORREDOR URBANO / SERVICIOS	CS	Concentración de comercios y servicio, a lo largo de las principales vías de transporte vehicular de la ciudad
	CENTRO DE BARRIO	CB	Concentración de comercios y servicio, mezclada con industria ligera, no molesta, a lo largo de las principales vías de transporte de la ciudad
ZONA DE EQUIPAMIENTO	INSTITUCIONAL, ADMINISTRACION Y SERVICIOS	ES	Concentración de comercios y servicio, cuyo radio de influencia es una o más parcelaciones habitacionales
	AREA VERDE Y ESPACIO ABIERTO	AV	Predominan las actividades destinadas al apoyo de las demás zonas de la ciudad

ZONA VERDE	AREA DE PROTECCIÓN	AP	Protección de ríos, quebradas y otros recursos naturales
ZONA INDUSTRIAL	VECINA	IV	No generan desechos, que por su contaminación pueden causar molestias a los vecinos
	AISLADA	IA	Producen desechos, ruidos etc. Causando molestias a los vecinos

Fuente: Reglamento de la OPAMSS, 1996, pág. 32.

CUADRO No.1.3. Clasificación del suelo rural según OPAMSS

ZONA	CLAVE	DESCRIPCIÓN
ZONA DE DESARROLLO RESTRINGIDO	DR	Evitar la contaminación de los recursos hídricos. Autorizaciones a proyectos condicionadas al cumplimiento de restricciones
ZONA DE EXPLOTACION RURAL	RR	Aquellas dentro del área rural, destinadas a la producción de bienes tipo: silvícola, agrícola y pecuaria
ZONA DE RESERVA ECOLOGICA	RE	Destinada a la preservación natural

Fuente: Reglamento de la OPAMSS. 1996, pág. 32.

De acuerdo con esta zonificación, y el tipo de proyecto a realizar en determinada zona, el reglamento distingue los siguientes usos de suelo:

Usos Permitidos: aquellos usos que podrán ubicarse dentro de las zonas indicadas, sin más limitaciones que las establecidas por el plano General de Zonificación.

Usos Condicionados: son aquellos usos cuya compatibilidad con los usos permitidos está condicionada a algún tipo de obra de protección o normas especiales de equipamiento urbano o arquitectónico.

Usos Prohibidos: aquellos usos incompatibles con los permitidos en una zona determinada.

También se incluyen los usos secundarios y no conformes, para el caso de dos o más usos en un mismo terreno y usos legales anteriores a la publicación del reglamento, respectivamente.

En la actualidad, el acelerado crecimiento del AMSS ha superado las expectativas, ocasionando que las fronteras delimitadas en el plano general de zonificación rápidamente hayan sido sobrepasadas. Esto ha originado algunos problemas, sobre todo en la otorgación de permisos para proyectos localizados en zonas calificadas como DR y RE, por lo que se han dado casos de proyectos casi vecinos, con calificaciones diferentes, hasta con subjetividad.

Desde el año 1995 se encuentra en elaboración el nuevo plan de desarrollo para el área metropolitana de San salvador, conocido como PLAMADUR, financiado por el VMVDU. Con el fin de evitar que se otorguen permisos a proyectos que pudieran no estar conforme a los usos de suelo propuestos en el PLAMADUR, cada municipio ha delimitado, provisionalmente, zonas de protección en las cuales actualmente no se permite ningún trámite de

nuevos proyectos a través de la OPAMSS, hasta que entre en vigencia el PLAMADUR.

En cuanto a la conservación de los recursos, es necesario que se cuente, desde ya, con normativas para el control del uso del suelo acordes con la realidad nacional, en las cuales exista coherencia y uniformidad. Es vital para la conservación de los recursos definir, claramente, cuáles son las zonas de reserva forestal y agrícola, en las cuales los proyectos deberán cumplir con requerimientos especiales que eviten la depredación masiva de nuestros ya escasos recursos naturales. No es posible frenar el desarrollo, con un déficit habitacional cercano al medio millón de viviendas, pero si lo es ordenarlo y controlarlo, a través de la aplicación de los reglamentos que concilien la ejecución de los nuevos proyectos con restricciones de áreas y demás recursos fisiográficos disponibles, manteniéndose así el equilibrio y armonía necesaria entre el crecimiento de las ciudades y el medio ambiente.

En el aspecto sísmico, los usos de suelo en ambos reglamentos son regidos por condiciones geográficas (cercanía con áreas pobladas), en algunos casos características agrológicas (suelos con vocación agrícola), similitud de edificaciones en cuanto a su tipo (industriales, comercio, vivienda), etc. (ver figura No.1.2)

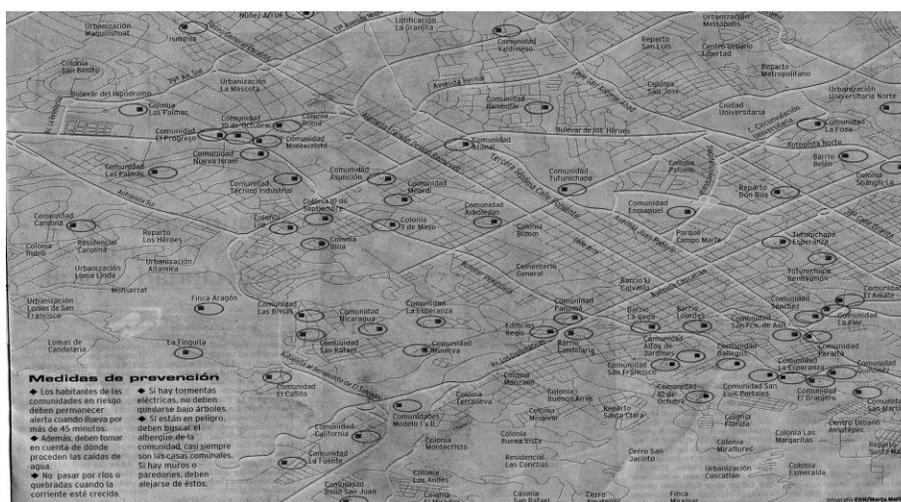


FIGURA No.1.2. Mapa con zonas propensas a derrumbes y deslaves en la AMSS

Respecto al AMSS, no se norma ningún tipo de construcción, por encontrarse en zonas geológicas o sísmicas o determinadas de condición de amenaza, por ejemplo, espesores de material poco consolidado, rellenos, distribución de corrientes de lava, etc. localmente hay áreas de mayor amenaza asociadas con barrancas y taludes, principalmente en la época lluviosa, al saturarse de agua lluvia la tierra blanca (Guzmán Urbina y Melara, 1996)⁸.

1.3 OBRAS QUE IMPLICAN USO DE MUROS DE RETENCION

Terraplenes: son obras viales, que sirven para elevar un tramo de carretera o vía férrea con respecto al terreno natural, los muros de retención son usados en las bases de estos para evitar la erosión y contener las cargas

⁸ Guzmán Urbina, M.A. & E. Melara (1996) Propiedades ingenieriles del suelo del Area Metropolitana de San Salvador, C.A. Revista ASIA, Nº 122, Pág.14.

horizontales de la tierra. Los muros usados con frecuencia son los estabilizados mecánicamente (tierra armada), gaviones y mampostería de piedra.

Pasos a desnivel en viaductos: los muros se utilizan en estas obras para la estabilización de la rampa de entrada y salida del paso a desnivel. La tierra armada es el tipo de muro más utilizado para este fin.

Puentes: los muros para este tipo de obra son los de protección de las bases de las columnas de los puentes, que debido a la fuerza de la corriente van deteriorando a los pedestales. Actualmente los más utilizados son los gaviones.

Túneles: los muros empleados en estas complejas obras, sirven para estabilizar las paredes verticales dentro de este, y como ejemplo de ellos están los de mampostería de piedra.

Presas y Bordas: en estas obras de gran magnitud, el muro de retención es la obra principal, ya que la presa y la borda son en esencia un muro. Pero también se utilizan los muros de concreto reforzado y de mampostería de piedra para protección y retención de la tierra compactada.

Control de cauces: los muros de mayor uso en este tipo de obras son los gaviones, ya que por su adaptación y versatilidad, contrarrestan la erosión, evitan el desbordamiento de ríos y controlan el flujo de la corriente en el cauce del río.

Edificación: los muros usados en este tipo de obra, sirven de retención de las cargas que generan las zapatas de los edificios, que por falta de espacio, a veces, quedan cerca de laderas. Los de uso frecuente son los muros de concreto, mampostería de bloques de concreto y los de mampostería de piedra.

Vivienda: en esta área de la construcción los muros son bastante utilizados, ya que los terrenos donde se urbaniza son de diversas formas y desniveles, es ahí donde las terrazas que surgen de corte y rellenos deben ser protegidas.

Obras de defensa y conservación del suelo: de gran importancia en el área agrícola, donde se evita la erosión y los deslaves, y también ayuda a la recuperación del suelo. Actualmente los más empleados en estas obras son los gaviones.

Obras portuarias y defensa marina: se construyen a lo largo de las playas y alrededor de los muelles para evitar el daño del oleaje.

1.4 CLASIFICACION DE LOS MUROS DE RETENCION POR SU FUNCIONAMIENTO

1.4.1 Muros Rígidos

Son aquellos muros que no sufren ninguna deformación geométrica debido a los empujes que el suelo ejerce sobre el muro y el peso propio. Estos se refieren a todos los muros construidos de concreto simple y reforzado,

mampostería de piedra y de bloques, que abarcan todas las formas que estos puedan tener.

1.4.2 Muros Flexibles

Son los muros que sufren deformación, tridimensional, ante cargas impuestas, empujes de tierra, peso propio y del agua absorbida o filtrada. Son susceptibles al cambio de forma hasta retorcerse con el tiempo, lo cual es una ventaja.

1.4.3 Muros según su finalidad

1.4.3.1 Muros de retención

Estos generalmente son utilizados cuando es necesario resolver problemas de diferencia de nivel entre dos porciones de terreno en terrazas, ya sea por razones constructivas o de seguridad en la edificación o sus obras complementarias. Están definidos como estructura permanente, generalmente rígida, pueden ser flexibles como los gaviones, y que soportan una masa de suelo. Pueden construirse con diversos materiales como concreto armado, mampostería de piedra, mampostería de bloques reforzada. Y en caso de gaviones, con material pétreo como grava muy gruesa y piedra triturada.

En cualquier caso, al muro de retención se le proveen drenajes por la infiltración de agua lluvia, que deberá ser evacuada; excepto los muros gaviones que por su alta permeabilidad no requieren drenaje artificial.

1.4.3.2 Muros Portantes

Se pueden definir como aquellos que soportan cargas verticales, además de su propio peso. Este tipo de muros es aplicado frecuentemente en obras subterráneas, como fosas, cisternas de gran tamaño, sótanos y parqueos, en donde a partir de la parte superior del muro (corona) se comienza a construir otra estructura, como paredes, soleras, losas y hasta soportar los extremos de los puentes. Generalmente se construyen de concreto reforzado para efectos de aprovechamiento de espacio.

1.4.3.3 Muros de Cortante

Estos muros son los que generalmente llevan contrafuertes; estos pueden hacerse armados o sin armar, dependiendo de la utilización de uno u otro según las características del muro y las necesidades de espacio. La fijación del espesor de la pantalla así como la armadura, en el caso en que sean armados, es de tal forma que pueda resistir los esfuerzos cortantes correspondientes, al considerarla como una viga horizontal que está apoyada en los extremos, que son los contrafuertes.

Para el cálculo de la estabilidad se tomará un elemento de muro de ancho igual a la distancia comprendida entre las partes centrales de los elementos de pantalla contiguos. Estos muros resisten el cortante excesivo en la pantalla del muro.

También las paredes de corte o paletas rigidizantes son consideradas como muros de cortante debido a las dimensiones y esfuerzos que se generan internamente.

1.4.3.4 Muros de Cimentación

Utilizados cuando el nivel de fundación o de desplante fijado para asentar las estructuras es inadecuado y no se desea profundizar la solera de fundación. La función de este muro, en este caso, es de sustituir el terreno inadecuado hasta el nivel requerido. Los muros de fundación pueden construirse con diversos materiales como concreto simple o concreto reforzado, suelo cemento, mampostería de piedra, mampostería de bloques de concreto reforzada.

1.4.4 Muros según sus características

1.4.4.1 Geometría

Todos los muros obedecen a una forma más o menos trapezoidal, tanto en el paramento interior como en el exterior. En la práctica, existen siempre imposiciones de espacio y esto es lo que obliga al proyectista a adoptar la solución que considere necesaria. Además, existen los muros de forma poligonal, como los escalonados, ya sea en el paramento interior (trasdós) como en el paramento exterior (intradós). También se construyen otros tipos de muros con geometría especial, tal como los muros con paramentos curvos, inclinados y los muros de revestimiento, que su aplicación fundamental es de proteger a taludes estables empinados, influidos por el efecto de la

meteorización del medio ambiente, evitando con ello posibles desprendimientos, erosión y cárcavas.

1.4.4.2 Estabilidad

La función principal de los muros es la de equilibrar las fuerzas que actúan sobre él, tal como el peso propio y el empuje que ejerce el suelo sobre el respaldo del muro, las sobrecargas y el peso de la humedad del suelo que pueden actuar simultáneamente u ocasionalmente. Estas fuerzas deben formar un sistema de equilibrio para la estabilidad del muro.

El análisis de estabilidad consiste en revisar las condiciones necesarias para evitar las posibles fallas de un muro, estas condiciones son:

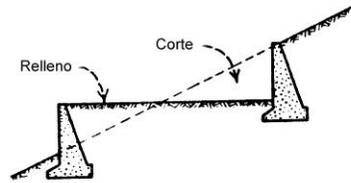
1. El muro debe ser capaz, estructuralmente de resistir el empuje del suelo que actúa sobre él
2. La cimentación debe ser capaz de soportar la resultante del peso del muro y de las fuerzas que actúan sobre el mismo.

1.4.4.3 Uso

Los muros de retención son usados extensamente en varios casos, como vías del tren (terraplenes), canales, diques, carreteras, puentes, pasos desnivel, túneles y otras construcciones civiles.

Los usos más comunes son los siguientes:

a) En una carretera o vía del tren a través de una pendiente.



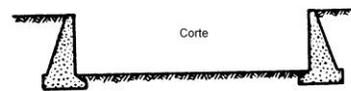
(a) Carretera o Vía de tren en una pendiente

b) En carreteras o vías del tren para elevar un tramo (terraplén)



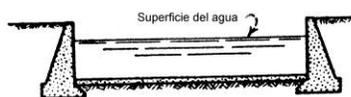
(b) Terraplén

c) En vías terrestres cuando existen cortes y proteger los paramentos



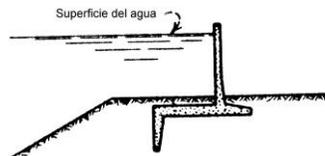
(c) En cortes para Proteger paramentos

d) Como las paredes de canales



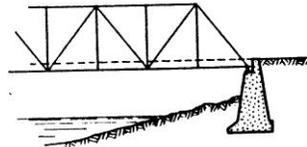
(d) Como paredes de un canal

- e) Un tipo especial de muro de retención llamado “muro de inundación”, que previene que las aguas de un río se desborden.



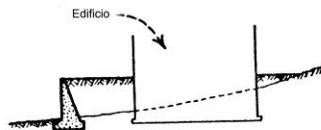
(e) Muro de Inundación

- f) Como soporte de un relleno en la proximidad de un puente.



(f) Soporte de Puente

- g) Usado para soportar el relleno de tierra adyacente a un edificio



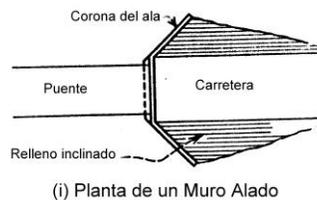
(g) Soporte lateral en un edificio

- h) Para contener material como grava, arena, carbón

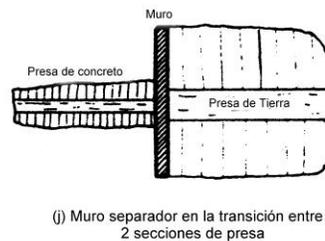


(h) Contenedores de minerales

- i) Como “Muros Alados”, puestos en un ángulo con la normal a la dirección del relleno.



- j) Para la unión de un relleno de tierra y la sección de mampostería de un dique



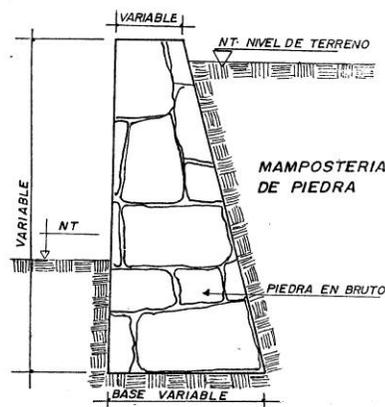
1.4.5 Muros según el suelo de cimentación

- Rocas: los muros empleados en este tipo de suelo de cimentación son los de pantalla empotrados, este suele construirse también cuando la altura de la pantalla o hasta la corona, no sobrepasa los tres o cuatro metros, el ancho de la base no debe ser menor que 20 cm, por razones de seguridad. Y son construidos con concreto reforzado.
- Suelos compresibles: en estos casos, los muros que se construyen son aquellos con bases bastante amplias, o sea la longitud entre los extremos del talón y la punta sea tan grande

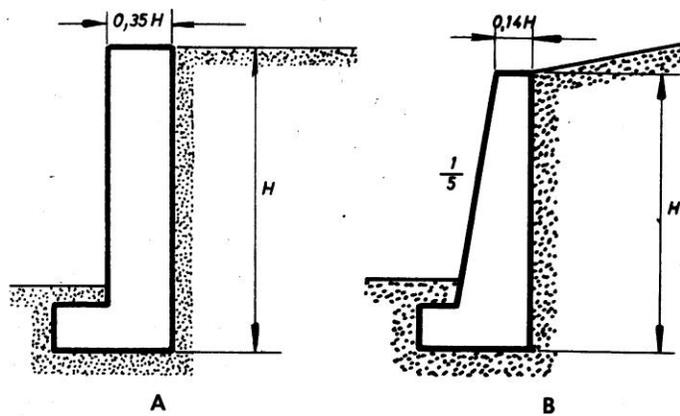
como para soportar los asentamientos excesivos, ésta dimensión resultará del cálculo de asentamientos. Es recomendable que estos muros sean de concreto reforzado, ya que disminuyen el peso. También suele colocarse pilotes en la base del muro cuando los estratos de suelo duro están a mucha profundidad, por ejemplo 6 m, 8 m, 13 m, o más. El muro de gavión se utiliza en este tipo de suelos, ya que soporta deformaciones sin afectar su funcionalidad.

1.4.6 Muros según la geometría

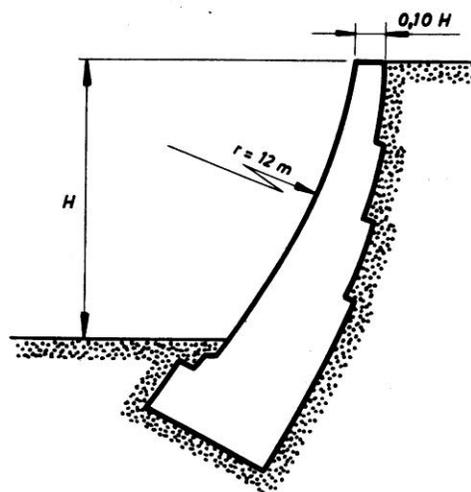
- Muro clásico: es aquel que posee forma trapezoidal sencilla, con la base más ancha que la corona; suelen construirse con mampostería de piedra. En ocasiones la base va dotada con talón y punta, o sólo alguno de los dos, o ninguno.



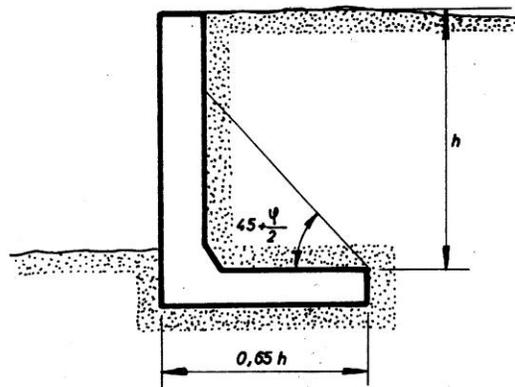
- Muros con paramentos verticales: estos muros pueden tener el trasdós y el intradós paralelos de manera vertical, uno de los dos inclinados o ambos inclinados con ángulos diferentes o paralelos.



- Muro Inglés con paramentos internos y externos curvos: este muro se caracteriza por tener un intradós curvo de un radio e 12 m y un trasdós escalonado curvado. El ancho del muro en la corona es la décima parte de su altura.

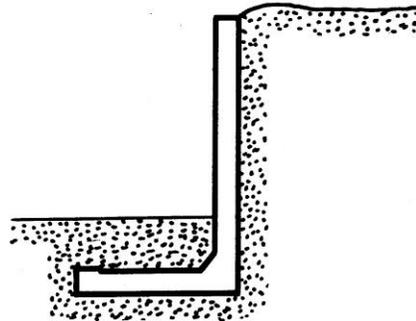


- Muro carente punta: este tipo de muro carece de punta (o pié) y suele adoptarse cuando no resulta factible la construcción de punta por existir causas que lo impiden, tales como no tener disponibilidad de espacio adyacente. Una de las ventajas, cara a su estabilización, es la gravitación sobre el talón de las tierras que sobre él existen, de esta forma, disminuye el momento de vuelco que existe en grado elevado por la carencia de punta. Su altura no excede a los 10 m y si la sobrepasa se construirán contrafuertes, y es conocido como muro en ménsula.

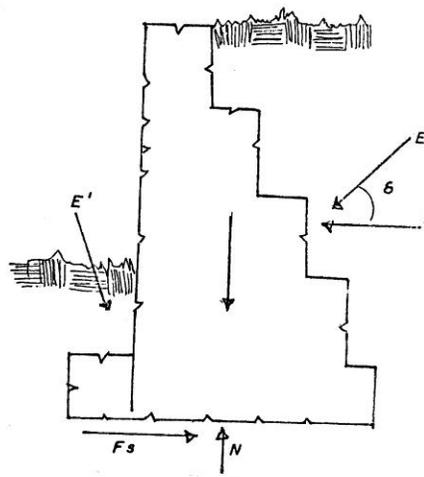


- Muro carente de talón: este tipo de muro suele adoptarse cuando la existencia de roca prohíbe penetrar el terreno para socavar el hueco del talón. En este tipo de muro, existe la ventaja, cara al vuelco, de la existencia de punta; ésta ayuda a soportar el efecto del empuje activo protagonista del vuelco. Al igual que el anterior no debe sobrepasar 10 m de altura y también se construirán

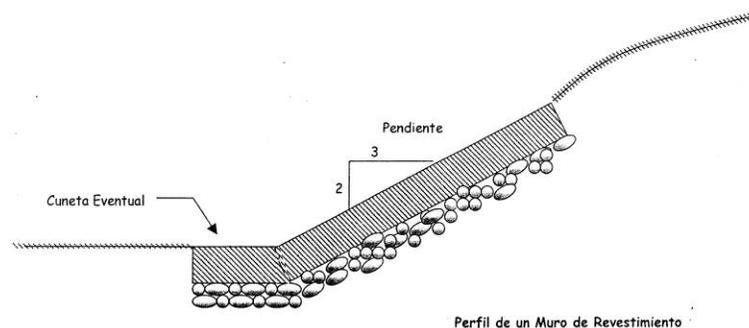
contrafuertes si se excede la altura, y es conocido como muro de ménsula.

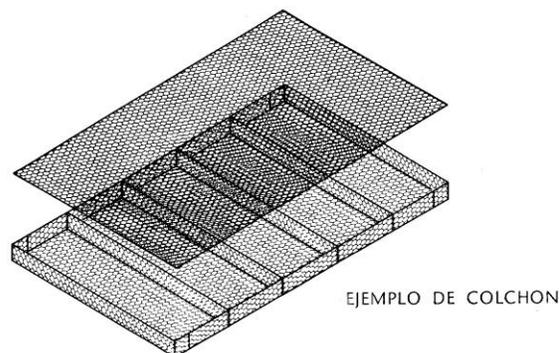


- Muro con trasdós o intradós escalonado: es una solución muy usada por su facilidad de construcción. Los escalones pueden hacerse de tal modo que se distancien como mínimo un metro entre sí con relación a sus planos horizontales. Depende de la altura a cubrir, para que designe la cantidad de escalones a tener.



- Muro poligonal: son aquellos muros que poseen sus paramentos de formas irregulares, que incluyen tramos escalonados, inclinados, rectos y hasta curvos. La construcción de estos depende de los tipos de estratos que existan en el suelo que se desee proteger o contener.
- Muros de revestimiento: son aquellos muros que se colocan sobre la superficie del terreno a cubrir o, generalmente se colocan en terrenos con menos que 45° de inclinación, en la base de los canales y en el fondo de pequeños ríos; ayudan a prevenir la erosión. Los más efectivos para este fin son los colchones de piedra, que es una especie de gavión que confina la piedra de poco espesor pero de largo y ancho muy grandes, como simulando un colchón; estos son conocidos como pedraplenes.





1.4.7 Muros según el material de construcción

Los materiales usados en la construcción de mampostería deben cumplir los requisitos del estándar aplicable por las normas de la ASTM. Las piezas de mampostería y el mortero deben cumplir la especificación de la ASTM C270 y C276. Es preferible que los morteros contengan cal, debido a su mayor facilidad de aplicación, contribuyendo al no agrietamiento al dar plasticidad y propiedad higrométrica. Por regla se usa:

Para bloques de concreto, 1 parte de cemento, 1 de cal, 5 a 6 de arena.

Para piedra bruta, 1 parte de cemento, 1 a 2 de cal, 5 a 7 de arena.

Para ladrillos, 1 parte de cemento, 1 de cal, 6 de arena.

Para losetas, 1 parte de cemento, $\frac{1}{2}$ de cal y 3 de arena. (ref. ⁹).

⁹ Merrit, Frederick, Manual del Ingeniero Civil, volumen II.

1.4.7.1 Muros de retención

Son estructuras masosas que se contraponen a las masas de tierra, evitan que los cortes de suelo en su parte más alta caigan, generalmente son construidos con mampostería de piedra colocadas de forma burda, ajustadas aproximadamente en hiladas niveladas, bien unidas y llevadas a intervalos verticales a hiladas niveladas continuas y unidas con mortero como material cementante. De acuerdo con las dimensiones del muro se escoge el tamaño de la piedra aproximadamente en el orden de 0.5 m de diámetro

1.4.7.2 Muros de protección

Son estructuras masosas y macizadas que prevén la caída de tierra o desconformación del paramento de corte en una masa de suelo. El muro de protección que está siendo común su uso es el gavión, por su versatilidad aplicable a muchas necesidades, sustituyendo a algunos muros tradicionales. Este se construye con malla de acero galvanizado de alta resistencia con doble torsión, la cual confina la piedra cuarta de alrededor de 0.25 m de diámetro.

1.4.7.3 Muros simples

Son construidos de manera artesanal, en áreas libres, cuya finalidad es controlar terrazas, delimitación de linderos, decoración o cualquier otro uso simple. Son conocidos también como muros secos, construidos con

piedra sobrepuesta simplemente entre sí, sin mortero de liga o con alguno muy pobre en cemento arena; o simplemente tierra natural o arcilla, con geometría rectangular y de poca altura (0.5 a 1.0 m) , sustentadas a partir de la trabazón de las angulosidades de la piedra, cuyo tamaño generalmente es de 0.25 m. Los muros construidos con llantas desechadas es otro ejemplo de muro simple, ya que generalmente no llevan ningún elemento estructural; está sustentado a partir de la tierra compactada en el interior del neumático, apilados unos encima de otros en forma de trinchera, entrelazadas entre sí como simulando un cuatrapiado de bloque.

1.4.7.4 Muros prefabricados

Estos muros están construidos por elementos prefabricados de concreto, entre estos se encuentran las escamas de concreto y el Keystone, usado para la tierra armada. También los muros de tablestacas son considerados como muros prefabricados, con materiales como madera, concreto y aleaciones metálicas. Igualmente, se prefabrican piezas con geometría simplemente rectangular como placas para colocarlas como pantallas empotradas y/o empernadas con pletinas, similarmente, se prefabrican otras geometrías más complicadas según interés en obra o problema a resolver, para ensamblar la pieza entera en la fundición prevista, esto agiliza la construcción y la solución al problema.

1.4.7.5 Muros de bordas

Son los muros utilizados para la protección de terrazas en laderas bastante empinadas, para aprovechamiento agrícola, suele construirse con material pétreo sin cementante (muros secos), también con troncos colocados de manera horizontal, apilados entre sí, o con gaviones. Suelen ser menores que 1 m de altura.

1.4.7.6 Muros de varios tipos:

1.4.7.6.1 Muros de fundación: estos muros son construidos generalmente de concreto simple en obras pequeñas, debido a la profundidad de desplante ya que también es difícil construir un muro de mampostería de piedra. Pero en obras donde la comodidad para construir el muro es propicia, también se pueden construir muros de mampostería de piedra ligada con concreto.

1.4.7.6.2 Muros perimetrales: con estos se delimitan terrenos, se construyen con mampostería de bloques de concreto, debido a su rápida construcción. También, se construyen de concreto reforzado, para fines especiales, como seguridad en obras militares o policiales. Por ejemplo, el muro de la ex embajada de Estados Unidos, donde hoy en día es el banco de comercio, en la 25 avenida norte. Y los muros de concreto prefabricados, que son paneles delgados como tablas, unidas por juntas; usados para la delimitación de terrenos.

1.4.7.6.3 Muretes: Son muros pequeños que no exceden 1 m de altura, contruidos de mampostería de piedra. Empleados para proteger los canales de desagüe en las carreteras o la misma calzada, cuando haya un talud, esto por el efecto del desprendimiento de material pétreo que cae en la base de los taludes (Talus).

1.4.7.6.4 Muros de Cortante: Los muros sujetos a fuerzas cortantes horizontales en el plano del muro, además de satisfacer los requisitos de flexión, deben ser capaces de resistir la fuerza cortante. Para esta situación, estos muros se construyen de concreto reforzado. En ningún caso el esfuerzo cortante de diseño excede a $10\sqrt{f'c}$ en cualquier sección. Y el espaciamiento de las varillas horizontales para cortante no debe exceder de la quinta parte de la longitud horizontal del muro, 3 veces el espesor total del muro ó 18 pulgadas; y el refuerzo vertical para cortante no debe exceder de un tercio de la longitud horizontal del muro, 3 veces el espesor ó 18 pulgadas.

1.4.7.6.5 Muros de tierra común: se refieren al tipo de suelo que debe tener el relleno, este debe cumplir con las siguientes propiedades: rígido, de drenaje fácil y con un alto ángulo de fricción interno. También se utiliza para la tierra armada, que se mejora mecánicamente.

Los muros hechos con suelo cemento semifluido se usan para revestir taludes haciendo un encofrado propio, según la forma que se requiera, estos pueden ser mejorados mecánicamente con impacto o con vibración.

CUADRO No.1.4. Tipos de Suelo y su Calidad para Relleno de Muros de Retención

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE RELLENO
GW, SW, GP, SP	Excelente relleno
GM, GC, SM, SC	Bueno si se mantiene seco, pero requiere de un buen drenaje.
ML	Satisfactorio si se mantiene seco, pero requiere un buen drenaje. No debe tener en cuenta la cohesión al proyectar el muro.
CL, MH, CL	Malo. Debe mantenerse seco. La inclinación o movimiento del muro suele ser grande y progresiva, a menos que en el proyecto se use el empuje en reposo
CH, OH	No se debe usar como relleno porque se expande
PT	Nunca debe usarse

1.5 MUROS SEGÚN EL PROBLEMA A RESOLVER

1.5.1 Muros en ambientes húmedos

La infiltración de agua lluvia, produce un efecto de lubricación entre la tierra así como entre las tierras y el muro. El agua produce un efecto de subpresión, de consecuencias complicadas debido a los empujes provocados. Generalmente se construyen muros de concreto reforzado, con un tratamiento de impermeabilización para que no dañe el hierro de refuerzo, una ventaja de estos es que se aprovecha el espacio. Una vez hechos los cálculos y conocidos

los centros de gravedad de los diagramas de empuje, se propone la sección del muro. También un buen drenaje ayudará a evitar el exceso de subpresiones.

1.5.2 Muros en pequeñas y grandes obras hidráulicas

1.5.2.1 Pequeñas obras hidráulicas: se utilizan en canales de transporte de agua, o estanques artificiales, la cantidad de agua retenida o conducida intuirá las dimensiones del muro, pero la sección es la típica de un “muro de inundación” y los materiales pueden ser de mampostería de bloques de concreto.

1.5.2.2 Grandes obras hidráulicas: se refieren a las que retienen o transportan grandes cantidades de agua, tales como los muros verticales rompeolas, las presas, diques y los muros de inundación que se construyen a lo largo de los ríos para evitar los daños provocados por el desborde de estos. Por ser obras de gran magnitud, los materiales son diversos, pero en su mayoría están contruidos de concreto reforzado y de tierra armada en el caso de las presas.

1.5.3 Muros en obras de retención de agua

Estos muros son contruidos para almacenar agua, empleados comúnmente en tanques que almacenan agua, en plantas potabilizadoras de agua, plantas de tratamientos de aguas negras, donde se disponen grandes volúmenes de líquido o suspensión. Estos muros están contruidos de concreto

reforzado impermeable, con tratamiento especial para contrarrestar el efecto de los químicos y los sulfatos, y la sección a usar, dependerá del diseño requerido.

1.5.4 Muros en control de ríos o avenidas de causes

Actualmente se usan más los gaviones para control del flujo en los ríos, se colocan en las orillas y en el fondo en forma de colchón o de saco, previniendo la erosión y el desborde, usado en casos de emergencia. También, existe el Muro de inundación, especialmente diseñado para evitar el desborde en épocas lluviosas. El muro de borda también es usado para mantener el cauce de un río que inunda; constituido por tierra compactada maciza, colocados siguiendo la tendencia natural del río, a lo largo del cauce; es de forma trapezoidal formando un terraplén, alcanzando la altura mayor a la que tuviera el tirante en crecida máxima, incluyendo los arrastres.

1.6 PRINCIPIOS TÉCNICOS EN QUE SE BASAN LOS MUROS

- Estabilidad.

La función de un muro es la de equilibrar las fuerzas internas actuantes en un talud de tierra. En general, las fuerzas actuantes contra un muro de retención en el cual la sección estructural se mantenga constante a lo largo de toda su longitud, pueden calcularse para un segmento unitario de muro en la dirección normal al plano del papel, generalmente de un metro. Las fuerzas que se tomarán en cuenta para el análisis de estabilidad de un muro y de su relleno de tierra son las siguientes:

- El peso propio del muro. Esta fuerza actúa en el centro de gravedad de la sección, puede calcularse subdividiendo la sección en áreas parciales de cálculo sencillo.
- La presión del relleno sobre el respaldo del muro. Esta va acompañada con su respectiva intensidad y distribución, colocada siempre perpendicular al paramento interno del muro.
- La componente normal de las presiones en la cimentación. Usualmente se considera a la presión en la cimentación como linealmente distribuida a lo largo del extremo de punta al talón, dando lugar a un diagrama trapecial. Y la resultante vertical de estas presiones actúa en el centro de gravedad de tal diagrama.
- La componente Horizontal de las presiones en la cimentación. La distribución de estas presiones horizontales va en el paramento externo generalmente enterrada y es causante del empuje pasivo.
- Fuerzas verticales. Son las cargas que soporta un muro en su corona, como por ejemplo, el estribo de un puente. El peso propio de los elementos del puente, las fuerzas de frenaje centrífugas para puentes en curva deben ser consideradas, así como las sobrecargas y vibraciones que implican los puentes.
- Sobrecargas sobre el relleno. Generalmente uniformemente distribuidas o puntuales sobre el relleno, causadas por un mal empleo de la obra y del espacio que se aprovecha con el relleno.

- Las fuerzas de filtración y otras debida al agua. Si se permite la acumulación de agua tras el muro, se generarán presiones hidrostáticas sobre él, independientes de la calidad del relleno, en este caso, se reduce la presión debida a la tierra por efecto del peso específico sumergido. Sin embargo, esta condición debe ser evitada, instalando drenajes en el muro.
- Las subpresiones. Cuando el drenaje bajo la cimentación de un muro no es correcto o ha sufrido desperfectos, puede almacenarse agua en esa zona. Si la cimentación es impermeable, el agua puede fluir a lo largo de ella emergiendo a la superficie del suelo en el frente del muro, produciendo socavaciones o licuación del suelo.
- La vibración. Producida por el paso del tráfico sobre caminos o líneas férreas, máquinas u otras causas, pueden incrementar las presiones contra muros cercanos.
- Sismos. El efecto de los movimientos sísmicos puede ser el que aumenta momentáneamente las presiones laterales en el paramento interno de un muro. El efecto suele ser de gran consideración. En zonas críticas como en el país, se toma en cuenta ya que incrementa los empujes calculados hasta en un 10 %, causando inestabilidad.

- Las expansiones del relleno debido al cambio de humedad. Estos problemas son frecuentes en rellenos arcillosos en los que la expansión produce un aumento en las presiones laterales sobre el muro.
- La acción de las heladas. Cuando el drenaje no es adecuado se acumula agua en el relleno de un muro y en condiciones climáticas extremas, el agua se congela, aumentando su volumen y causando excesos de presiones laterales, afectando la estabilidad del muro. En el país no se tienen de tales efectos, ya que es un clima tropical.
- Empuje activo. Es la fuerza o presión que lateralmente ejerce la tierra que sostiene el muro.
- Empuje pasivo. Este contrarresta la acción del empuje activo, y es producido por una porción de terreno que absorbe la acción producida por la estructura.

Estas fuerzas, deben formar un sistema de equilibrio para la estabilizar al muro.

- Seguridad.

Al construir un muro, este no sólo resistirá todas las fuerzas que actúan sobre él, sino que se mantendrá en equilibrio estable con el fin de evitar que la resultante de todas las fuerzas causen volteo, deslizamiento o asentamientos.

En general el valor del empuje pasivo no se toma en cuenta en los cálculos de factores de seguridad, ya que favorece la estabilidad.

- Seguridad al volteo.

Todo muro, debido al empuje activo, tiende a volcar por la arista de la base del intradós. Este vuelco es producido por la componente horizontal del empuje activo que ocasiona un momento de volteo. El peso propio del muro, así como la componente vertical del empuje tienden a equilibrar el efecto de vuelco. En la práctica, se dice que el muro es seguro ante el vuelco cuando los momentos estabilizadores tomados con respecto a la arista en el extremo inferior de la punta, divididos entre el momento de vuelco, da como cociente un resultado mayor o igual que 1.5 para suelos granulares, y para suelos cohesivos un valor mayor o igual que 2.0. Los valores 1.5 y 2.0 constituyen los correspondientes factores de seguridad contra el volteo del muro.

$$F.S. (V) = (\text{Momento estabilizador} / \text{Momento de volteo}) \geq 1.5 \text{ a } 2.0$$

Cuando el factor de seguridad, FS, es menor que 2.0 ó 1.5, hay que tomar medidas contra ello, tales como hacer el muro más ancho y por lo tanto desplazar el centro de gravedad hacia el trasdós, con lo que se logra un mayor momento estabilizador, también se logra aumentando la longitud de la base.

- Seguridad al deslizamiento.

El muro tiende a deslizarse por efecto de la componente horizontal del empuje activo. Lo que hace que el muro no se deslice es la fuerza de rozamiento que se genera entre la base del muro y el suelo, de ahí que convenga que la superficie de sustentación del muro sea lo más rugosa posible para lograr mayor adherencia. El factor de seguridad contra el deslizamiento, es igual a la fuerza resistente dividida entre la fuerza que tiende a causarlo. El valor mínimo de este factor se considera mayor o igual que 1.5; en el caso que sea menor, es necesario aumentar la dimensión de la base, o colocar un diente o anclaje. A veces la base se construye como una zapata en forma de sierra para contrarrestar el deslizamiento.

$$F.S. (D) = (\text{Fuerza resistente} / \text{Fuerza de deslizamiento}) \geq 1.5$$

- Asentamientos.

Después de haber dimensionado un muro, parte del análisis de su estabilidad es garantizar que no tenga asentamientos excesivos, provocados por las fuerzas verticales. Para efectos de análisis, se divide la base en tres secciones iguales, identificadas como el tercio medio y los tercios exteriores. El punto en que la fuerza resultante R intercepta la base, es de suma importancia para la revisión de la estabilidad del muro, por lo cual se estudiarán los siguientes casos:

1- Cuando la resultante, R , intercepta el centro de la base, la excentricidad es cero. Lo anterior define una buena distribución de presiones uniformes en la base, lo cual puede resultar en un buen dimensionamiento de la sección del muro.

2- Cuando la resultante R cae dentro del tercio medio y la excentricidad es menor que un sexto de la base, la presión no está uniformemente distribuida.

3- Si la resultante intercepta a la base en el borde exterior del tercio medio, con la excentricidad igual a un sexto de la base; en este caso la distribución de presiones es triangular.

4- Cuando la resultante intercepta fuera del tercio medio y la excentricidad es mayor que un sexto de la base, entonces sólo una parte de la base está sometida a esfuerzos de compresión y el resto a esfuerzos de tracción.

Al calcular el esfuerzo máximo transmitido al suelo, en cualquiera de los casos anteriores, este deberá ser menor que el esfuerzo máximo permisible del suelo q_c , si no se cumple éste requisito de seguridad, se deberá dimensionar nuevamente la cimentación.

- Funcionabilidad.

En general, los muros son obras destinadas a la contención de tierras. Los muros se encuentran expuestos a la intemperie; la lluvia se filtra a través de la tierra y entonces el muro pasa a sostener los efectos del empuje ocasionados por el suelo y por el agua, por lo que en el cálculo habrá que tener en cuenta este factor. El tipo clásico de muro, es el que consta de pantalla, base, drenaje, corona, talón, punta, tensor y muerto, contrafuertes y en ocasiones un diente o base en forma de sierra.

Pantalla, esta soporta la masa de suelo a retener en uno de sus lados, el paramento interno o trasdós que puede tener formas como recta, curva, escalonada, inclinada y poligonal; el paramento externo o intradós al igual que el trasdós tiene varias formas. La altura que esta alcanza es variable preferiblemente hasta 8.0 m de alto. Siendo técnicamente muy común para la práctica la altura de 6.0 m (Terzaghi, K)

Base o pedestal, es donde está apoyada la pantalla, en algunas ocasiones esta no va como una zapata en la geometría del muro.*

* Se procura que un muro cualquiera no pierda la característica de integrado o integral, ya que su mejor funcionamiento va a depender del trabajo en unidad de todas sus partes integrantes. Es decir, que su estabilidad y seguridad se garantizan si cumple en lo más posible este criterio, esto incluye las uniones y/o articulaciones de las partes constituyentes.

Drenaje, este mantiene seco el relleno de tierra, evacuando el agua acumulada dentro de este. En todos los casos, debe colocarse drenaje superficial y otro en el respaldo del muro, bajo la base, haciendo drenes interceptores.

Corona, parte superior de la pantalla, que también se diseña para soportar cargas verticales y poder apoyar o amarrar, cualquier elemento estructural, tal como una solera, tensor, losa o el estribo de un puente.

Talón, elemento en el extremo interior de la base de un muro, adyacente al relleno, ayuda a evitar el vuelco y genera una área mayor de contacto con el suelo de cimentación para aumentar la fricción y para que el peso se distribuya mejor.

Punta, es el extremo contrario al talón en la base del muro, contribuye a disminuir el efecto del vuelco, en esta se apoyan los contrafuertes que van en el intradós, se construye por comodidad cuando no se puede excavar debajo de un relleno. Al igual que el talón, aumenta el área de contacto con el suelo.

Muerto, elemento estructural que soporta la tensión de las fuerzas verticales desbalanceadas en la base de un muro, embebido en la masa de suelo, confinado y anclado. Su posición es variable respecto a la superficie del terreno y la altura del muro, las fuerzas son transmitidas a él a través de un tensor.

Tensor, es el elemento estructural que va unido a la corona por el lado del paramento interior, en posición conveniente, según el análisis de estabilidad a lo largo de este; en la pantalla, para transmitir las fuerzas verticales de desbalance a un muerto*, para que las presiones en la base sean uniformes.

Contrafuertes, son elementos estructurales diseñados para soportar el cortante que generan las presiones del relleno de tierra, la construcción de éstos en el trasdós o intradós depende de la facilidad de excavar el terreno natural y material de relleno. En el caso de un muro de concreto reforzado, si los contrafuertes están ubicados en el interior del relleno, el esfuerzo cortante lo soporta el hierro de refuerzo; y si están ubicados en el paramento exterior, el esfuerzo cortante lo soporta el concreto.

Diente, es el elemento estructural que evita el deslizamiento, ubicado bajo la base en posición conveniente a lo largo de esta, por ejemplo, cerca del centro o en el extremo, sus dimensiones y posición van regidas por un diseño propio. A veces se construye la base en forma de dientes de sierra para evitar construir un solo diente.

* Trozo de concreto prismoidal recto, del tamaño de un metro o según se requiera, con o sin espigas de trabazón o diente; se usa horizontalmente o inclinado para su anclaje. Se usa según necesidades del problema a resolver generalmente anclado en un extremo a través de una varilla de hierro estructural o un cable acerado para este propósito. Constituye el tensor.

1.7 TECNOLOGIA DE LOS MUROS

- Materias Primas.

Agua, es el líquido de mezcla por excelencia, es incolora, inodora, limpia, y su peso específico es igual a 1000 kg/m^3 . Las características del agua utilizada para mezclar cemento o los componentes del concreto, influyen en la buena calidad del mismo. El agua contaminada o sucia tiene un efecto negativo en los procesos físicos y químicos tal como el fraguado y endurecimiento del concreto. El agua debe ser limpia y fresca, preferiblemente potable ordinaria que no contenga sabor u olor pronunciado. Las impurezas del agua no sólo afectan el tiempo de fraguado y la resistencia, sino también provocan eflorescencia, manchado, inestabilidad volumétrica y menor durabilidad.

Arena, es el material de agregado granular, grueso, y fino que resulta de la disgregación natural de las rocas o de la trituración de las mismas; está formada por fragmentos de roca sana y de granos duros y siempre con un tamaño inferior a los 5.0 mm de diámetro. Para su uso, se clasifican según su tamaño; para tal fin, se les hace pasar por tamices que van reteniendo los granos más gruesos, mientras dejan pasar los más finos. Su clasificación más común es la siguiente:

- Arena fina, está formada por los granos que pasan por un tamíz de mallas de 1.00 mm y son retenidos por otros de 0.25mm.

- Arena media, es la constituida por granos que pasan por un tamiz de 2.50 mm y son retenidos por otro de 1.00 mm.
- Arena gruesa, es la obtenida cuando sus granos pasan por un tamiz de 5.00 mm de diámetro y son retenidos por uno de 2.50 mm.

También, las arenas se pueden clasificar según su procedencia, así:

- Arena de río limpia, es la más común y muy aceptada, y que, no esté contaminada de materias terrosas, orgánicas u otras extrañas que afecten las propiedades físicas y mecánicas del concreto o del mortero.
- Arena de mar, originada por el desmenuzamiento de las rocas por las olas; tiene el inconveniente de llevar sales, principalmente cloruro de sodio, que entorpecen el fraguado del cemento, por lo cual, requieren que se laven intensamente para poder utilizarla para elaborar concreto fresco o mortero.
- Arena de mina, llamada también arena fósil, se encuentra depositada en diversos lugares desde tiempos pasados, limpia de tierras y sus granos son menos redondos que las procedentes de río y mar. En ambientes volcánicos y lacustre, constituyen bancos abundantes, tal como la arena de Aramuaca, en San Miguel.
- Arena de cantera, se obtiene artificialmente por el machaqueo de rocas duras, basaltos, andesitas, dacitas, lavas, a veces escorias de lava o chispa. Cuando están asociadas con estratos o formaciones terrosas

superficialmente están contaminadas por estar con partículas arcillosas o limos u otro, por lo que también requieren lavado intenso.

La granulometría de las arenas es importante, dado que, ésta determina la buena composición de los distintos tamaños de los agregados para elaborar morteros o concretos, lo cual se traduce en que la resistencia de estos sea menor o mayor, respecto a cumplir con los valores requeridos para cada caso particular. Para ello, la distribución del tamaño de las partículas se determina por separación por medio de una serie de tamices normales, cuyas denominaciones son los números 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Módulo de Finura (MF), es el índice utilizado para describir si el agregado es fino o es grueso en las arenas. El MF de una arena se calcula al sumar los porcentajes acumulados retenidos en las seis cribas normales y dividir la suma entre 100. Los valores de MF que resulten entre 2.5 a 3.0 se consideran normales. Las arenas que caigan fuera de este intervalo se dice que son mal graduadas, según la norma de la ASTM C 125.

Grava, comúnmente proviene de la transformación de la piedra por medio de trituración en canteras, y otras, como en el oriente del país se obtienen de minas. La grava se usa principalmente para la elaboración de concreto, y para llenar intersticios entre la piedra cuarta. Por ejemplo, en la hechura de los muros de gavión. La limpieza, sanidad, resistencia y forma de las partículas son importantes en cualquier agregado, las gravas se consideran

limpias al estar libres de contenidos de arcillas, limos, micas, materia orgánica, sales químicas, y granos recubiertos. Se consideran físicamente sanas si retiene la estabilidad en su forma con cambios de temperatura o humedad y resiste la acción de la intemperie. Una grava se puede considerar de resistencia adecuada, al ser capaz de desarrollar toda la resistencia del aglomerante. Con respecto a la resistencia al desgaste y abrasión, esta debe ser dura y tenaz. Las partículas planas y alargadas perjudican la docilidad del concreto, debido a lo cual es necesario utilizar mezclas con más arena y, en consecuencia, más cemento y agua. En las gravas, es necesario que sean angulosas y se eviten los cantos rodados.

Los tamices utilizados para las gravas tienen los diámetros de 6", 3", 1½", ¾", y 3/8" de pulgada y la No. 4. El agregado grueso, por lo general, se escoge hasta el tamaño máximo que resulte práctico para un trabajo; siendo el límite superior normal de 6 pulgadas. Como se ilustra en la Figura No 1.3, cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado grueso, menos agua y cemento se requerirá para producir un concreto de una calidad dada. Una gráfica de granulometría útil para ilustrar la distribución por tamaños de las partículas de agregado fino y grueso se encuentra en la figura No.1.4, donde se muestran los límites recomendados y las distribuciones típicas por tamaños.

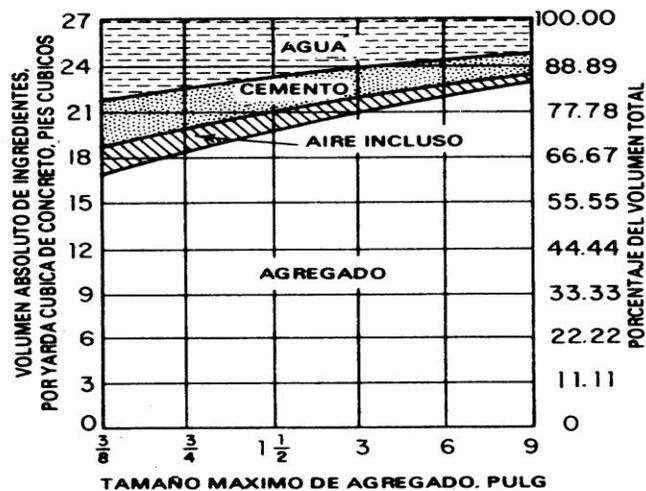


FIGURA No1.3 Distribución de los agregados

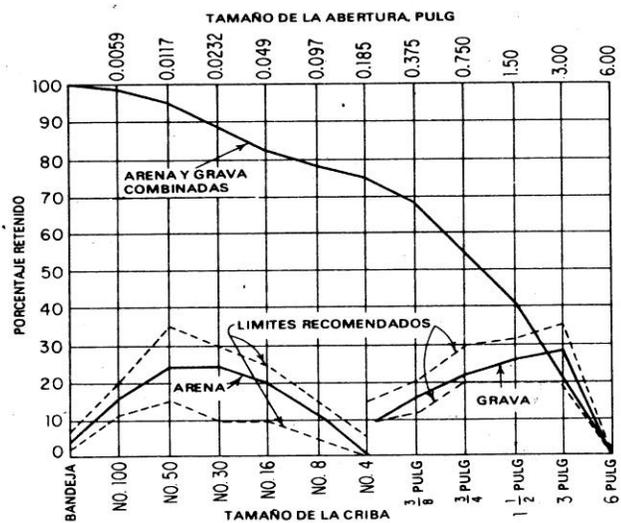


FIGURA No.1.4 Curvas Granulométricas

Piedras, estas son usadas para la construcción de muros de mampostería de piedra y para el relleno de los gaviones, los cuales antes del proceso de trituración cumplen con los requerimientos de sanidad, dureza, tenacidad, y forma. Los tamaños de estas piedras están entre de 0.25 m a 0.75 m de diámetro aproximadamente. El tamaño de las piedras para rellenar gaviones, basta con que sean de diámetro mayor que las aberturas hexagonales de la malla.

Cal, es el producto natural que resulta de la calcinación y descomposición de las rocas calizas, calentándolas a temperaturas superiores a los 900°C. Así, se obtiene la cal viva, que al ponerla en contacto con el agua se apaga, con lo que el óxido de calcio se transforma en hidróxido de calcio, éste nuevo material al reventarse toma la apariencia de “flor” y se convierte en polvo fino para uso común, recibe el nombre de cal hidratada o cal apagada y puede presentar un aspecto polvoriento o pastoso según se haga el apagado. Desde el punto de vista de su empleo en la construcción y atendiendo a su fraguado, las cales pueden ser aéreas e hidráulicas, la cal aérea está constituida fundamentalmente por óxido de calcio que tiene la propiedad de endurecer en el amasado con agua, solamente en contacto con el aire por acción del anhídrido carbónico. La cal hidráulica procede de la calcinación de las rocas calizas que contienen más del 5% de arcilla, esta es la más empleada en la construcción dado que este aglomerante es de fraguado lento y escasa

resistencia mecánica y se emplea para mortero aglomerante o por estucados en acabados de superficies planas de acuerdo con la arquitectura concebida.

Cemento, es un material artificial compuesto, en forma de polvo muy fino que en contacto con el agua tiene la propiedad de unirse firmemente, como un pegamento, a diversos tipos de materiales de construcción después de endurecido. Este material proviene de la pulverización del clinker obtenido por fusión (a unos 1500° C) de materiales arcillosos y calizos que contengan los óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro, en cantidades convenientemente calculadas y sin más adición posterior que yeso sin calcinar y agua, así como otros materiales que no sean nocivos para la posterior reacción del cemento al combinarse con otros materiales aglomerantes o adherentes. El tipo de cemento que más se utiliza en el país es el cemento Pórtland Tipo I, especificación de la norma ASTM C 150, el cual es de uso general ; adecuado para todos los usos en que no se requieran propiedades especiales de otros tipos de cemento o donde no hayan condiciones de corrosión que los ataque. Entre sus propiedades se tienen las siguientes:

Finura, afecta la rapidez de hidratación. Al aumentar la finura, aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la adquisición de resistencia. Los efectos del aumento de finura en la resistencia a la compresión se manifiestan principalmente durante los primeros 7 días.

Sanidad, es la capacidad de la pasta de cemento endurecida para conservar su volumen después de fraguado.

Tiempos de fraguado, es el tiempo que tarda el cemento en reaccionar totalmente con el agua para endurecerse cuando forman una pasta. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento. También, influyen sobre el tiempo de fraguado la finura del cemento, la relación agua cemento y los aditivos usados.

Consistencia, estado de homogeneidad relativa para su manejo como pasta o mortero recién mezclado para utilización inmediata, la consistencia está relacionada con la fluidificación que esta puede tener.

Resistencia de la Compresión, es el indicador que resulta después de haber hecho la mezcla del compuesto con arena y agua, homogenizada y probada en cubos de mortero estándar de 5cm de lado, ensayados de acuerdo con la norma de la ASTM C 150, y aunque se mide la resistencia del cemento sobre la base de las pruebas de cubo de mortero, no se pueden usar para predecir las resistencias de los concretos con exactitud, debido a la gran cantidad de variables en las características de los agregados, mezclas de concreto y procedimientos constructivos.

Calor de hidratación, es el calor que se genera cuando reaccionan el agua y el cemento. La cantidad de calor generado depende principalmente de la

composición química del cemento, la relación agua-cemento, la finura del cemento y procedimientos constructivos.

Pérdida de Ignición, ésta pérdida indica prehidratación y carbonatación que puede ser causada por un almacenaje prolongado e inadecuado o por adulteraciones durante el transporte y la descarga.

Peso Específico, de una sustancia, es su peso por unidad de volumen, el del cemento Pórtland tiene aproximadamente 3.15 gr/cm^3 . El cemento Pórtland de escoria de alto horno y los cementos Pórtland-puzolana pueden tener valores específicos de aproximadamente 2.90 gr/cm^3 . El peso específico de un cemento no es indicador de la calidad del cemento, su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas.

Tierra blanca o ceniza volcánica tipo Dacítica, en forma natural se encuentra en depósitos acumulados por depositación, donde pueden ser fácilmente removibles por labrado; generalmente, son de color blanco marfil y de grano fino que poseen un alto porcentaje de vidrio volcánico sílice (60%, Meyer Abich, 1953) y otros minerales en muy pequeñas proporciones. En su forma más típica, composición granulosa masosa, es una mezcla de grava, pómez, arena, limo. Pero puede contener guijarros y grava de pómez casi limpios hasta un limo arenoso. A pesar de no contener arcilla, la tierra blanca húmeda se dice que tiene cohesión aparente que permite el moldeo de ladrillos sólidos de consistencia firme y aristas regulares debido a su propiedad de

cementación; pero cuando se elaboran bloques huecos es necesario el uso de plantillas de desmoldes para evitar el deterioro del bloque fresco. Por su alta proporción de finos, se supone que la tierra blanca afecta en forma negativa la resistencia al desgaste de los productos, aunque se debe hacer notar también que las partículas gruesas de este material son débiles a los esfuerzos de roce o maltrato. La tierra blanca posee las cualidades ventajosas de los suelos areno-limosos para la elaboración de productos de suelo cemento, además de un bajo peso volumétrico sin decrecimiento de la resistencia. Cuando en su proceso de consolidación van siendo más consistentes y sus propiedades cementantes son mayores, que la ceniza suelta, ésta se torna más blanca y forma una especie de manto de considerable extensión, su dureza le hace reconocer como tufas, talpetate o talpuja, o tobas litificadas, o a veces tobas soldadas.

- Materiales.

Suelo Cemento, es una mezcla de tierra blanca pulverizada, cemento y agua, los cuales bien revueltos y compactados forman una masa dura y estable a medida que el cemento se hidrata. La resistencia del suelo cemento es la siguiente:

Resistencia a la Compresión, es la propiedad del suelo cemento endurecido para soportar los esfuerzos derivados de las diversas condiciones de carga a los que puede estar sometido, esta se deduce en razón de la

magnitud del esfuerzo que produce la falla de una probeta sometida a un ensayo de compresión axial, siendo esta la propiedad más importante, ya que se usa como base de las cimentaciones de cualquier estructura cuando el suelo natural no es apto para soportar cargas y se mejora; por ejemplo en soleras, zapatas, muros.

Resistencia a la Tracción, la prueba de resistencia a la tracción por agrietamientos en el concreto, está establecida en la norma de la ASTM C496-86 conocida como "prueba brasileña" la cual se hace con cilindros de suelo cemento de 30 cm de altura por 15 cm de diámetros dispuestos horizontalmente con carga a lo largo de este, y sirve para establecer el desarrollo de las características de resistencia, del suelo cemento semifluido, a la tensión debida a la compresión.

Resistencia por Cortante, es la capacidad estructural de la masa mixta endurecida al someterla a esfuerzos y deformaciones sin perder su geometría y estructura principal debido a fallas por efectos de esfuerzos cortantes, donde aparecen grietas inclinadas debido a tensiones diagonales. Las cuales se forman a lo largo de las juntas, propiciadas por la debilidad de la unión entre capa y capa.

Adherencia, el suelo cemento semifluido al unirse constructivamente, a otro material permaneciendo en contacto, en su funcionamiento, se provocan esfuerzos de adherencia; estos se desarrollan por ejemplo en una junta fría, la

unión de mezcla de suelo cemento semifluido endurecido con otra con condición fresca.

Absorción, es la propiedad del suelo cemento con la que se mide la cantidad de agua retenida al inundarlo, esta es capaz de incorporarse al material hasta rellenar completamente sus poros permeables, después de permanecer sumergido en agua y esté expresada en porcentaje del peso del material seco. La absorción adquiere importancia en los casos que la estructura se encuentra en contacto con agua que contiene sustancias dañinas que pudieran agredir al cemento que es el elemento de liga.

Hierro de Refuerzo, las varillas para el refuerzo de estructuras de concreto reforzado, se fabrican de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A-615, con diámetros nominales que van desde $\frac{3}{8}$ de pulgada hasta $1 \frac{3}{8}$ de pulgada, con incrementos de $\frac{1}{8}$ de pulgada, y también en dos tamaños más grandes de más a menos $1 \frac{3}{4}$ de pulgada y $2 \frac{1}{4}$ de pulgada. Es importante, que entre el hierro de refuerzo y el concreto exista adherencia suficientemente resistente. Esta adherencia proviene de la rugosidad del concreto y de la corruga poco espaciada en la superficie de las varillas. De acuerdo con el esfuerzo de fluencia, se reconocen las varillas de grado 40 y 60; en El Salvador el más usado es el de grado 40.

Malla para Gavión, el alambre galvanizado y el alambρόn constituye la materia prima. El alambre galvanizado viene trefilado en frío, para reducir el

diámetro del alambre a los valores standard requeridos. El alambre trefilado es llevado a las líneas de galvanización en caliente. La cantidad de zinc que se deposita en la superficie del alambre está de acuerdo con la resistencia que se requerirá. El alambre galvanizado a su vez puede ser utilizado como tal, o también revestido por extrusión con una vaina de Cloruro de Polivinilo (PVC). Este alambre llega a unas máquinas especiales que lo tejen en forma de red de malla hexagonal de doble torsión. El alambón acerado se utiliza para formar las aristas de las cajas que van forradas con la malla de alambre galvanizado trefilado, con huecos hexagonales.

Los gaviones caja, son los más utilizados, son elementos en forma de prisma rectangular, fabricados con red de malla hexagonal a doble retorcido del tipo de 8 cm. x 10 cm. El alambre utilizado para su tejido tiene un diámetro de 2.7 mm y es de tipo dulce, con fuerte galvanización en caliente. Este tipo de gavión presenta refuerzo de borde incorporados (trenzado por tejido manual) en correspondencia con sus aristas, y está subdividido internamente en celdas, a través de la colocación, durante la fabricación de diafragmas (a cada metro de largo) que tienen la función de robustecer la estructura y facilitar la operación de relleno. Los gaviones caja se suministran en piezas con dimensiones siguientes: ancho de 1.0 m, largo de 1.5 m / 2.0 m / 3.0 m / 4.0m, altura de 0.5 m / 1.0 m. (Ver Folletos técnicos Gaviones Maccaferri El Salvador).

Geotextiles, son mantas, fieltro o napa, formada por fibras sintéticas, funcionan respecto al sistema de unión de las fibras, en la capacidad que tiene de dejar pasar el agua reteniendo los granulos finos de los suelos del terreno, y en su resistencia a la perforación. Se usan ancladas o amarradas en dispositivos metálicos. Las funciones más importantes de los geotextiles, son:

- Separar. Capacidad de no permitir la mezcla de distintos tipos de terreno, debido a que retiene los granulos finos de los suelos.
- Filtrar. Capacidad de dejar pasar el agua a través del mismo espacio vacío, tienen alta permeabilidad.
- Drenar. Capacidad de circulación de agua en el espesor del geotextil, evitando la colmatación del mismo (sólo algunos geotextiles), secándolo y confinándolo.
- Reforzar. Capacidad de estabilizar el terreno, aumentando su resistencia mecánica como consecuencia de la eliminación del agua contenida en el terreno, secándolo y confinándolo.
- Proteger. Capacidad de producir un efecto de colchón sobre láminas de impermeabilización (PVC), protegiéndolas contra el posible punzonamiento o desgarre que se produciría en ellas si estuvieran en contacto directo con cualquier terreno, debido a la presión ejercida sobre la lámina y su posible movimiento.

- Impermeabilizar. Capacidad de crear una capa impermeable mediante la impregnación del geotextil.

Georredes, es un material polimérico tridimensional en forma de red, usado en fundaciones suelo, roca, tierra o cualquier otro material relacionado con los suelos. Van acompañadas con geotextiles no tejidos que cumplen una función de manto filtrante, ayudando al flujo de agua, pero impidiendo el paso de las partículas gruesas del suelo, conformando así un geodren. Usadas especialmente en carreteras como separador entre la sub base y la base de la calzada; y en tierra armada se usa entre capas de suelo compactado.

Placas de Concreto y Keystone, son placas relativamente delgadas hechas en molde vaciándole concreto fresco, se hace por ejemplo en forma de cruz; cuando se colocan de corte verticalmente, confinan la tierra estabilizada, cuando se disponen apoyadas de canto unas a continuación de otras, en forma de pantalla, forman un telón de ademe o una caja de escamas de concreto; son fijadas entre si, a través de una faja metálica que atraviesa de un extremo a otro la tierra compactada en el interior de la caja. El Keystone es un bloque de concreto especial, que permite disponerse en forma de pared, no necesita mortero aglomerante, confina la tierra, estas van sujetadas por bandas

metálicas a anclajes internos, y van sobrepuestas una sobre otra a manera de trinchera.

Alambre de amarre, usado para la fijación del hierro de refuerzo, horizontal y vertical, los estribos (coronas) y las varillas de hierro longitudinales en soleras, en vigas y columnas, y el hierro longitudinal y transversal en el tejido de las pantallas y contrafuertes.

Tuberías de drenaje, empleadas para el drenajes en masas de tierra, la tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC) se perfora o se ranura como una flauta y se recubre de grava o chispa, luego se sobrepone una capa compactada de tierra blanca.

Aditivos para Concreto, los aditivos son materiales diferentes que los agregados, de cemento Pórtland o agua; estos se agregan como ingrediente al concreto inmediatamente antes o durante la mezcla; están disponibles muchos aditivos para concreto para modificar o mejorar las propiedades especiales de las mezclas de concreto. Los aditivos sólo se utilizan cuando se requieren de una mejoría importante que no puede obtenerse en forma económica con la mezcla diseñada tradicionalmente. Su uso y dosificación requiere un diseño adicional para alcanzar los resultados requeridos. En tal caso, los aditivos pueden actuar como acelerantes, retardantes, inclusores de aire, autonivelantes, fluidificantes.

Bloques de concreto, son piezas utilizadas en mampostería, fabricados en una variedad de anchos, espesores, tamaños y formas que permiten su selección para la utilización más adecuada en la hechura de paredes. Comúnmente, el espesor nominal de los bloques que se fabrican en el país es de 10 cm, 15 cm, y 20 cm. Cuando un tamaño de bloque está especificado, es práctica común dar el ancho, alto y longitud en ese orden. Generalmente, las unidades de mampostería son de color gris, (por el color del cemento Pórtland) pero su tonalidad varía de acuerdo a su textura y a la cantidad y tipo de agregado que lleve la mezcla para su manufactura.

Morteros, en construcción, se da el nombre de mortero a una mezcla de uno o dos conglomerantes y arena. Amasada con agua, la mezcla da lugar a una pasta plástica o fluida que después fragua y endurece a consecuencia de unos procesos químicos que en ella se producen. El mortero se adhiere a las superficies más o menos irregulares de los ladrillos o bloques y da al conjunto cierta compacidad y resistencia a la compresión.

- Herramientas.

Cordel: Es un hilo de algodón trenzado, tensado entre dos fichas o piquetes de madera o de metal de 20m a 25m de largo, sirve para materializar una línea recta en el suelo o sobre una parte de construcción en curso.

Cinta métrica, instrumento indispensable para realizar mediciones en las obras; existen variedad de marcas en el mercado, así como de diferentes longitudes, es recomendable portar siempre una de 3.0 m a 5.0 m de longitud, que es bastante útil para los trabajadores de la construcción.

Plomada, instrumento muy antiguo pero de excelente precisión, ayuda a verificar la verticalidad de cualquier elemento en la obra, la plomada de albañil es la de mayor uso en la construcción. Está compuesta por un cordel de algodón trenzado de 4m de largo aproximadamente terminado por un plomo de forma troncocónica y lleva superpuesta una plaquita cuadrada de hierro, enhebrada en el cordel por un agujero en el centro de ella, el lado del cuadrado es igual al diámetro más grande del plomo que pesa aproximadamente 300g; con el nivel de burbuja es la herramienta principal del albañil.

Tenaza alicate, es la herramienta que ayuda a hacer los amarres de alambre y el hierro de refuerzo para la armadura, en los muros de concreto reforzado.

Grifas, herramientas artesanalmente forjadas con cabezas planas, muy templadas, con ranura en forma de "u" con ancho igual al diámetro de la varilla a doblar, utilizadas para hacer dobleces en las varillas de hierro de refuerzo, para la armadura de los muros de concreto. Existen en tamaños según los diferentes diámetros del hierro de refuerzo, los más comunes son $\varnothing 1/4"$, $\varnothing 3/8"$, $1/2"$, $\varnothing 3/4"$, $\varnothing 1"$ ó más; entre mayor es el diámetro a doblar, el mango de la grifa

es mayor y mas robusto para poder hacer palanca con menos esfuerzo y dar el dobléz adecuado y exacto.

Martillo, es una de las herramientas más antiguas que el hombre ha empleado para construir sus obras, usado para introducir y sacar los clavos en el encofrado de madera para los muros de concreto o para acomodar las piedras o bloques en un muro de mampostería. Es metálico macizo, con suficiente resistencia al impacto, golpes, y el palanqueo repetido en la oreja ranurada para sacar los clavos.

Almadana: es una masa de fierro maciza, provista de un mango. Se les denomina según el peso de la masa de hierro y los hay de muchos tamaños (2lb a 10lb), las más pequeñas tienen el mango corto y se usan con una mano para clavar estacas o bien los albañiles lo emplean para rastrear piedras toscamente.

Mazo de hule, herramienta muy usada para golpear el encofrado para que el concreto se acomode mejor sin provocar el sangrado del concreto, y así evitar las colmenas que se puedan producir durante el llenado del concreto, en un muro de concreto reforzado.

Pala, herramienta utilizada para el desalojo de material terroso en las excavaciones de fundaciones o para cargar cualquier agregado a un contenedor como una carretilla o el mismo concreto.

Piocha, usada para la excavación, remover piedras que se encuentren en la dirección de la excavación o simplemente para aflojar la tierra.

Carretilla, se usa en el transporte de materiales, arena, grava, cemento, tierra, o el mismo concreto; también se usa como medida de volumen al dosificar las mezclas de concreto y suelo cemento.

Cuchara, la herramienta más usada por los albañiles, tiene diversos usos en la construcción, uno de ellos es para mezclar el mortero y esparcirlo (azotarlo) en una pared o colocación del repello; también es útil en la colocación del mortero en los muros de mampostería de piedra y de bloques.

Llana o plancha, usada para el alisamiento y acabado de las superficies de concreto o de repellos en obras, es metálica y de gran uso en albañilería.

Plana, rectángulo de madera de unos 30cm de lado largo por unos 15cm de ancho y de dos a tres centímetros de grueso que sirve para hacer acabados ásperos en aplanados y recubrimientos.

Esparrabel o capirucho, es una lámina cuadrada con un mango de madera al centro, con dos lados bordeados sujetos de forma horizontal en la mano menos diestra, permite transportar al lugar de trabajo una importante cantidad de mortero.

Nivel de burbuja, permite controlar las posiciones horizontales, las verticales y pendientes de 45° o 30° con sus tres tubos que contienen generalmente agua coloreada, cuyo defecto voluntario en el relleno de los tubos, produce una burbuja de aire que sirve para señal de equilibrio con relación a dos rayas trazadas transversalmente en los tubos, estos son los reposos de la burbuja, los cuales indican la correcta o no posición que se está controlando.

Batea, de madera, o metálica, sirve para almacenar las mezclas preparadas con pequeñas cantidades de 10 litros a 40 litros según modelos. Se podrán, igualmente, amasar el yeso en ella o cualquier otro mortero de pegamento o revestimiento.

Serrucho, es la herramienta del carpintero que consiste en una hoja flexible de acero de unos 40cm a 45 cm de largo con dientes triangulados agudos en un borde unida a un mango de madera que se maneja con una mano para cortar la madera.

- Equipo.

Vibrador, usado en los colados de concreto, para distribuir uniformemente el concreto por todo el encofrado y así evitar colmenas. El exceso de vibrado produce segregación (que los agregados gruesos se vayan

para el fondo del encofrado) y sangrado (que el agua suba a la superficie del concreto) lo cual perjudica la resistencia del concreto endurecido, reduciéndola.

Compactador de impacto, conocido como “bailarina”, muy usado para la compactación del suelo, capa por capa, especialmente cuando existan espacios pequeños como soleras de fundación o pequeñas áreas para compactar, y que el uso de éste no sea excesivamente caro.

Rodillos, es un equipo más pesado, empleado para compactar capa por capa en extensas áreas de terreno, se usa para compactar tierra blanca o suelo cemento. No es recomendable compactar arcillas con rodillo liso, para este caso se usa el rodillo “Pata de Cabra”, el cual es un rodillo con protuberancias en la superficie, estas rompen las láminas microscópicas que son típicas en las arcillas y limos.

1.8 METODO ANALÍTICO PARA EL CALCULO DE DISTINTOS TIPOS DE MURO.

Para el diseño estructural de muros de retención existen varios métodos, la elección de uno de ellos dependerá del tipo de muro a proyectar, como los muros de gravedad o muros en voladizo. El procedimiento general de diseño es el siguiente:

1. Estimar las cargas a soportar o retener, o ambas.
2. Dimensionar preliminarmente los lados de la pantalla y la base (ver figura No.1.5).
3. Imposición de carga en los puntos de concentración o distribución. Establecer resultantes.
4. Revisar por estabilidad en tres situaciones que podrían producir falla en la estructura, esto es, volcamiento y deslizamiento del muro y capacidad de carga del suelo.

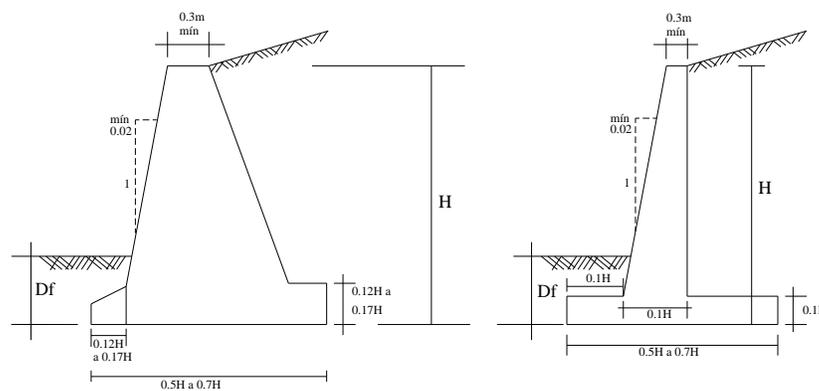


FIGURA No.1.5 Geometría y predimensionamiento de la sección transversal de un muro

1.9 METODO GRAFICO DE CULLMANN PARA ENCONTRAR LA FUERZA RESULTANTE QUE ACTUA EN UN MURO DE CUALQUIER TIPO

Los métodos gráficos ayudan al diseño de muros de cualquier tipo, tal como el método de Cullmann ¹⁰, en el cual se determina el valor máximo del empuje ejercido contra el muro por un relleno arenoso. El método es general y puede ser aplicado a rellenos, de cualquier forma, escogiendo una sección unitaria . Por estar basado en los principios de Coulomb, es indispensable conocer el ángulo de fricción interna del relleno ϕ , obtenido por medio de la realización de las pruebas triaxiales establecidas en la norma de la ASTM D2850-87, o de valores típicos para arenas y limos (ver cuadro No.1.5), y estimar el ángulo de fricción entre el suelo y el muro δ , que para consideraciones prácticas, en el caso de un relleno granular suelto, éste se toma igual al valor del ángulo de fricción interna ϕ del suelo. Para rellenos granulares densos, δ es menor que ϕ y está en el rango $\phi/2 \leq \delta \leq (2/3)\phi$ para así obtener el ángulo θ , que es el valor de la inclinación del plano de falla con respecto a la horizontal y es establecido por medio de la siguiente fórmula $\theta = 45 + \phi/2$, necesario para la aplicación del método.

¹⁰ Juárez Badillo, Mecánica de Suelos, Tomo II, pág. 141.

CUADRO No.1.5 Valores típicos del ángulo de fricción para arenas y limos

TIPO DE SUELO	ϕ (GRADOS)
Arena: granos redondeados	
Suelta	27-30
Media	30-35
Densa	35-38
Arena: granos angulares	
Suelta	30-35
Media	35-40
Densa	40-45
Grava con algo de arena	34-48
Limos	26-35

Fuente: Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, pág.211.

El método consiste en los siguientes pasos, ver figura 1.6:

1. Dibujar a escala conveniente una sección tentativa del muro con su relleno.
2. Por el punto A, a partir de la base del muro, trazar la línea ϕ , subtendiendo el ángulo ϕ en sentido antihorario respecto a la horizontal y luego trazar la línea θ , subtendiendo el ángulo θ en sentido horario respecto a la línea ϕ .
3. Escoger diferentes planos hipotéticos de deslizamiento (Ab_1 , Ab_2 , Ab_3 , ..., etc).
4. Encontrar el peso de cada cuña formada, multiplicando el peso específico γ por el área de la cuña correspondiente (Kg/m).

5. Sobre la línea ϕ , llevar a partir de A, los distintos pesos obtenidos, a una escala de fuerzas conveniente; obteniéndose así los puntos $a_1, a_2 \dots$, etc. (ver figura No.1.6)
6. Por los puntos $a_1, a_2 \dots$, etc, trazar paralelas a la línea θ hasta cortar en los puntos C_1, C_2, C_3, \dots , etc. a los respectivos planos de falla supuestos. Los segmentos $a_1 C_1, a_2 C_2, a_3 C_3, \dots$, etc., representan a la escala de fuerzas empleadas, los empujes que producen cada una de las cuñas asumidas. Así, en la figura No.1.7 el triángulo $AC_3 a_3$ es semejante al polígono de fuerzas 123, ya que la distancia $C_3 a_3$ es equivalente al empuje correspondiente a la superficie de deslizamiento Ab_3 y Aa_3 es proporcional al peso de la cuña (W). El ángulo en a_3 es θ por ser $a_3 c_3$ paralela a la "línea θ ". El ángulo en A, del triángulo $Aa_3 c_3$, es $\beta - \phi$, siendo β , el ángulo que forma el plano de deslizamiento Ab_3 con la horizontal.¹¹.

¹¹ Juárez Badillo, Mecánica de Suelos, Tomo II, 1979, pág. 143.

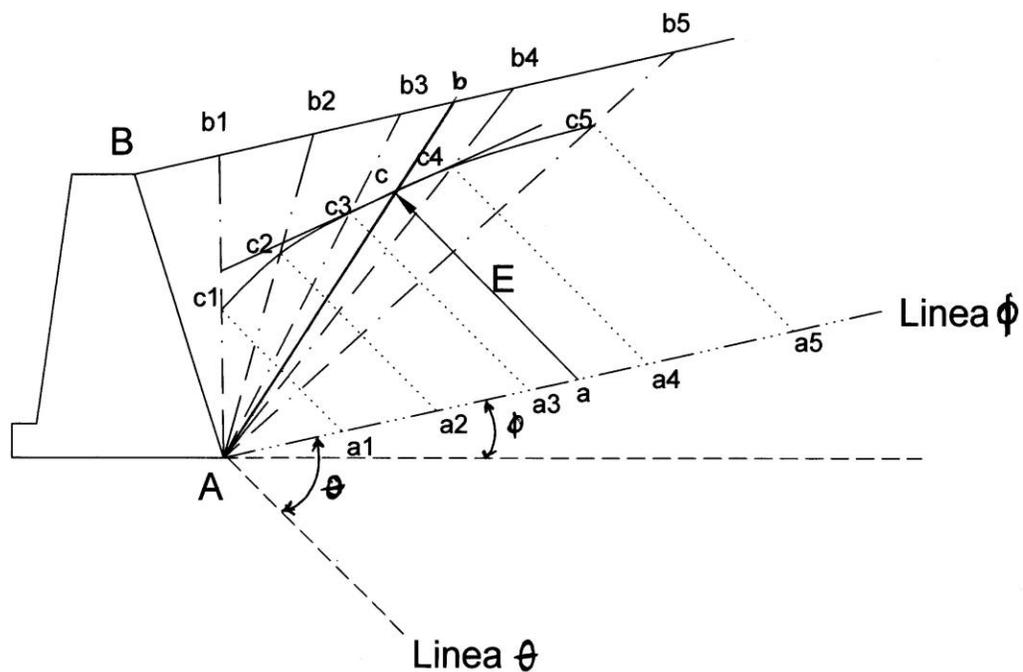


FIGURA No.1.6 Método gráfico de Cullmann

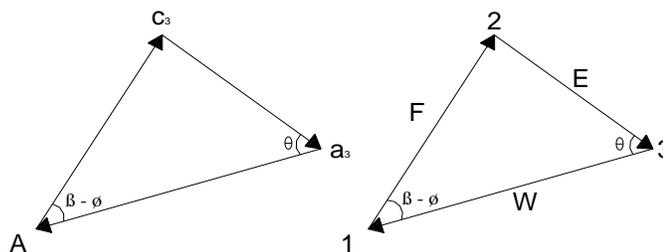


FIGURA No.1.7 Similitudes de triángulos de fuerzas

7. Trazar una línea envolvente que contenga los puntos C obtenidos, la curva que resulta, se llama línea de empujes o línea de Cullmann.

8. Trazar una línea paralela a la línea ϕ y que sea tangente a la línea de Cullmann determinando así el punto de tangencia "C"; el segmento ac representa el empuje E a la escala de fuerzas usada.

La línea Ab, determina el plano de falla correspondiente al empuje máximo. El punto de aplicación del empuje se encuentra siguiendo el método de Terzaghi, y es obtenido mediante el siguiente procedimiento:

1. Dibujar a escala el muro con su respectiva cuña de falla (triángulo ABb).
2. Obtener los puntos a', b' y c', ubicados en la mitad de cada uno de los lados del triángulo "ABb".
3. Unir el punto a' con el vértice b.
4. Unir el punto b' con el vértice A.
5. Unir el punto c' con el vértice B, obteniendo de la intersección de éstas líneas, el punto d'.
6. Paralela a la línea Ab, trazar una línea que pase por el punto d', y definir el punto e', que será el punto de aplicación del empuje en el muro.(ver figura No.1.8).

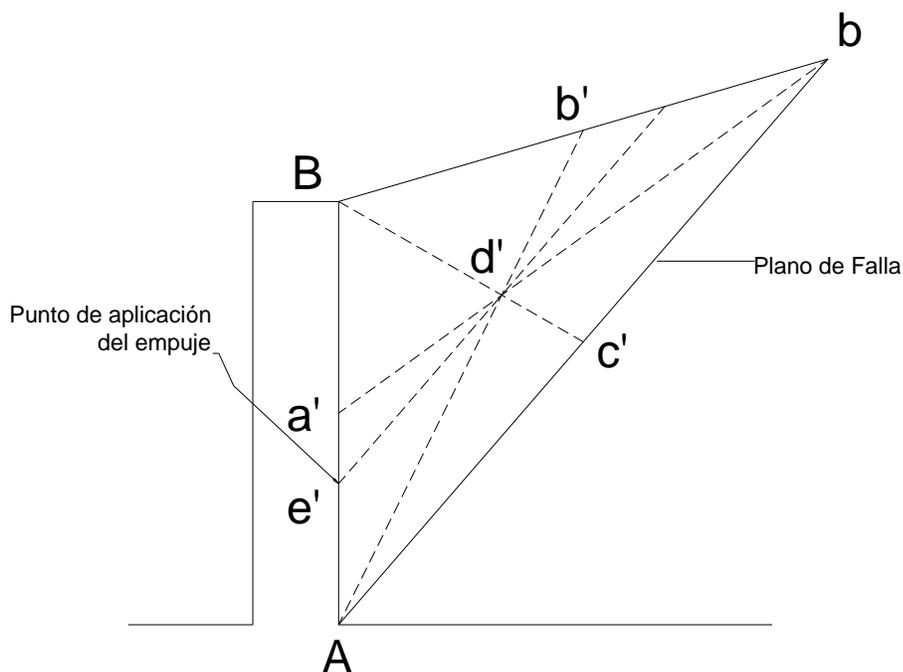


Figura No.1.8 Punto de aplicación del empuje (Terzaghi)

1.10 ESTUDIO DE SUELOS PARA MUROS

El estudio del suelo in situ, se realiza en el lugar en donde se construirá el muro a lo largo del tramo y además cuando se requiera, en zonas cercanas a la del estudio, para determinar propiedades físicas y mecánicas de éste.

1.10.1 Propósito del estudio de suelos

En la actualidad, todavía hay construcciones que se hacen sin previa exploración y muestreo de suelos, o estudios de suelos insuficientes, lo cual provoca sub o sobredimensionamiento de las estructuras, tal que éstas no sean estructuralmente resistentes, esto, ocasionado por la falta de información sobre

las características y propiedades de los suelos. La realización de un programa de exploración detallada del subsuelo se justifica de acuerdo a la importancia de la obra a construir y por consiguiente de las consecuencias que pueda traer una posible falla en la pérdida de vidas y bienes. La realización de un estudio de suelos realmente es un gran ahorro para el futuro y su costo es relativamente muy bajo con respecto al total del proyecto, de 3% a 5%.

1.10.2 Trabajo de campo

Se visita la zona donde se localiza el suelo en estudio, ésto para la realización de pruebas que proporcionan directamente datos requeridos del suelo o la obtención de muestras alteradas o inalteradas para que sirvan, posteriormente, para la realización de pruebas de laboratorio. En una visita de campo se tiene que realizar una descripción del terreno, observando su topografía, vegetación, niveles de agua en pozos cercanos (si los hay), cortes en carreteras, ya que por medio de ellos se pueden identificar los estratos. Todo esto, con el fin de dar una idea del tipo de suelo y así decidir el método para la extracción de muestras. También, reportar localización bien detallada y referenciada del sitio para visitas posteriores.

1.10.2.1 Muestreo con equipo de penetración estándar (Prueba STP)

Se hace para el estudio del suelo, el cual es necesario para detectar zonas críticas dentro del terreno, determinando directamente los distintos

estratos que componen el suelo, algunas propiedades físicas como la granulometría y otros indirectamente como la capacidad de carga. Tradicionalmente, el muestreo alterado se hace con equipo de penetración estándar de acuerdo con la Norma de la ASTM D-1586, el cual constituye un índice de las características y condiciones que tiene el suelo in situ así como sus propiedades físicas y mecánicas a tomar en cuenta.

1.10.2.2 Muestreo inalterado mediante pozos a cielo abierto

Este método también es parte del estudio del suelo, se puede considerar más satisfactorio para conocer las condiciones del sub-suelo superficialmente, ya que consiste en hacer excavaciones, en el lugar, de 1.5m a 2.0m de diámetro, si es circular, y de 1.5m a 2.0m de lado, si es cuadrada, dimensiones tales que permitan que la persona pueda bajar y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, hasta una profundidad máxima de 2.0m de lo cual se obtienen otras condiciones del suelo, tales como el contenido de humedad. Mediante la obtención de muestras alteradas o inalteradas, a distintas profundidades, se puede obtener por ejemplo, la humedad del suelo, límites de consistencia, granulometría.

1.10.3 Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio consiste en aplicar procedimientos ya establecidos para el estudio de los suelos, basados en las características del suelo y en los datos requeridos sobre él; se hace posterior a la extracción de

muestras, éste sirve para la obtención de los parámetros necesarios en la determinación del tipo, calidad y problemas que presenta el suelo en estudio.

1.10.3.1 Algunas propiedades físicas del suelo

1.10.3.1.1 Contenido de humedad natural

Todo suelo está constituido por tres fases, sólida, líquida y gaseosa. La fase líquida está conformada por el contenido de agua, la cual se aloja en los vacíos que éste posee, con la cual se obtiene en el laboratorio el contenido de humedad del suelo, a partir de la toma de muestras por medio de sondeos exploratorios de acuerdo con la norma de la ASTM D2216-92.

1.10.3.1.2 Gravedad específica de las partículas de suelo

La gravedad específica para cualquier sustancia, es el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4°C. El peso específico de la mayoría de partícula minerales constituyentes de un suelo varía entre límites estrechos de 2.60 a 2.90; en suelos con abundante hierro, el peso específico puede llegar a 3.00 y en suelos con bastante presencia de materia orgánica se han medido valores de 1.50. La gravedad específica de los suelos, es útil para calcular la relación de vacíos de un suelo, también se utiliza en el análisis granulométrico por sedimentación según la norma de la ASTM D421-85 y para predecir el peso unitario del suelo.

1.10.3.1.3 Análisis granulométrico

Cada suelo tiene una composición en tamaños de partículas, obtenido a través del análisis granulométrico, por la cantidad en porcentajes de esos diferentes tamaños de partículas que lo constituyen. Los procedimientos para determinar la granulometría de un suelo varían de acuerdo al tipo de suelos en estudio. Para los suelos gruesos, la clasificación se realiza por medio del tamizado o cribado del suelo por diferentes tamices; para gravas, mallas con aberturas de diámetros de 1 ½", 1", ¾", ½", ¼", y No. 4 y para arenas con las mallas No. 4, 8, 20, 40, 100 y 200 , según la norma de la ASTM D 421-85; si el suelo es muy fino, la clasificación se realiza mediante el análisis granulométrico por vía húmeda según la norma de la ASTM D421-85. Una vez obtenida toda la información de la composición granulométrica, la muestra de suelo se representará gráficamente en papel semilogarítmico, para formar la curva granulométrica del mismo y compararla con las curvas aceptadas como extremo inferior y superior respectivamente y se calculan el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, los cuales sirven para determinar los contenidos de arena y/o grava bien o mal graduada.

1.10.3.1.4 Límites de consistencia

La propiedad de los suelos referente a la capacidad que éstos tienen para poder deformarse sin que sus partículas se rompan, es la plasticidad, determinada por Atterberg. Esta propiedad se encuentra en las arcillas, dependiendo del contenido de humedad que posean. Todos los suelos, y en

especial las arcillas, en presencia del agua cambian sus propiedades físicas y mecánicas, ya que una arcilla seca puede tener la consistencia de un ladrillo, muy dura, y una arcilla con un alto contenido de agua puede presentar las propiedades de un lodo. Existe un intervalo dentro de estos extremos, en el cual la arcilla llega a tener consistencia plástica. Según su contenido de humedad, en orden decreciente; un suelo susceptible a ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg; líquido, con las propiedades de una suspensión; semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso; plástico, fácil o muy fácilmente moldeable y ceroso o muy ceroso; semisólido, con apariencia de un sólido, pero aún disminuye su volumen al estar sujeto a secado; sólido, en el que el volumen del suelo no varía en el secado.

1.10.3.1.5 Pesos volumétricos húmedos

La determinación en Laboratorio del peso volumétrico de la masa de un suelo se obtiene mediante la formula siguiente:

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$$

Siendo: W_m : peso de la muestra de suelo

V_m : volumen de la muestra de suelo

Para su determinación directa se calculan las dos magnitudes anteriores. El W_m puede conocerse pesando la muestra de suelo; el V_m se obtendrá, labrando la muestra original a una forma geométrica simple o bien por inmersión de la muestra en mercurio, el peso del mercurio desalojado entre el peso específico de ese elemento da el volumen desplazado, igual al volumen de la muestra.

- Peso volumétrico húmedo (Densidad de Campo).

La densidad de campo, permite verificar los resultados de la compactación del suelo restituido. Es un proceso que permite al suelo lograr el peso volumétrico especificado, a requerimiento del proyecto. Existen tres estándares para determinar la densidad de campo: método del cono de arena (ASTM D-1556); método del globo de hule (ASTM D-2167); método nuclear.

1.10.3.1.6 Coeficiente de permeabilidad

Los suelos que en su interior poseen poros, se consideran suelos porosos, y si sus poros están interconectados poseen permeabilidad, la cual se define como la facilidad con que el agua pasa a través del medio poroso. Es importante, en mecánica de suelos, saber cuánta agua fluye a través del suelo en un tiempo unitario. Este parámetro es requerido para diseñar presas de tierra, determinar la cantidad de infiltración debajo de estructuras hidráulicas y para desaguar antes y durante la construcción de las obras. Un valor aproximado del coeficiente de permeabilidad puede ser obtenido en el

laboratorio aplicando los siguientes procedimientos: procedimientos directos, se basan en la prueba cuyo objetivo es medir el coeficiente de permeabilidad a través del permeámetro de carga constante, permeámetro de carga variable y la prueba directa de los suelos en el lugar ; otros indirectos, proporcionan un dato sobre el coeficiente de permeabilidad como resultado de pruebas y técnicas con las cual se realiza el cálculo, a partir de la curva granulométrica, de la prueba de consolidación y la prueba horizontal de capilaridad.

En el siguiente cuadro se muestran algunos valores de coeficientes de permeabilidad para distintos tipos de suelo:

CUADRO No.1.6 Valores típicos de coeficiente de permeabilidad para algunos tipos de suelo.

TIPO DE SUELO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (m/s)
Arcilla	$< 10^{-9}$
Arcilla Arenosa	10^{-9} a 10^{-6}
Limo	10^{-6} a 10^{-7}
Turba	10^{-9} a 10^{-6}
Arena Fina	10^{-6} a 10^{-4}
Arena Gruesa	10^{-4} a 10^{-3}
Arena Gravosa	10^{-3} a 10^{-2}
Grava	10^{-2}

Fuente: Universidad Militar Nueva Granada, Fac. de Ingeniería Civil. España.

1.10.3.2 Estados de esfuerzo del suelo

1.10.3.2.1 Compresión Incofinada

Las partículas de suelo pueden estar sometidas a diferentes estados de esfuerzo, dependiendo de la ubicación y condiciones físicas en las que se

encuentren. Algunos de éstos estados de esfuerzo provocan el movimiento de las partículas del suelo cuando éste no se encuentra en una condición de confinamiento natural o artificial (por medio de la construcción de muros de retención). El inconfiamiento se refiere a la ausencia de fuerzas restituidoras o fuerzas que impidan el movimiento de los suelos por la acción de fenómenos naturales como sismicidad o tectonismo volcánico o de placas, y fuerzas inducidas por acciones del hombre.

1.10.3.2 Pruebas Triaxiales

En la actualidad, la práctica de la prueba de compresión triaxial es la más utilizada para determinar las características de esfuerzo-deformación o resistencia de los suelos. Esta consiste en someter a una probeta de suelo a dos etapas de carga, la primera por medio de una presión de confinamiento lateral (σ_3) en una cámara por medio de un fluido (generalmente agua). Las dimensiones de la probeta a utilizar comúnmente en el ensayo, son de 3.6cm de diámetro y de 9cm a 10cm de alto; la probeta se envuelve con una membrana de hule para aislarla del líquido confinante. En la segunda etapa se aplican los esfuerzos desviadores incrementándolos a una velocidad en un rango, de 0.5mm/min a 12.5mm/min, hasta alcanzar la falla de la muestra; la válvula de drenaje puede dejarse abierta o no dependiendo del tipo de prueba a realizar. Durante el proceso de su realización se pueden variar las presiones (de 0 Kg/cm² a 4 Kg/cm²) sobre el espécimen de suelo, en tres direcciones

ortogonales. Dos de los esfuerzos aplicados en el plano horizontal, son de igual magnitud, midiendo prácticamente las características mecánicas del suelo con la variación del esfuerzo uniaxial vertical ortogonal con los otros dos constantes. Los tipos de prueba triaxial, son los siguientes:

1. Prueba Lenta L(C,D), consolida en la primera etapa y se drena durante la segunda etapa.
2. Prueba Rápida Consolidada Rc(C,U), consolida en la primera etapa y no drena en la segunda.
3. Prueba Rápida R(U,U), en la primera etapa ni se consolida ni se drena y en la segunda etapa se incrementan los esfuerzos desviadores sin permitir el drenaje en la muestra, hasta llegar a la falla.

1.10.4 Trabajo de gabinete

En el trabajo de gabinete, se ordena lógicamente, y se analizan los resultados obtenidos tanto en el trabajo de campo como en el trabajo de laboratorio, para proporcionar conclusiones acertadas sobre el tipo, características físicas y mecánicas del suelo en estudio y demás datos necesarios.

1.10.4.1 Localización de profundidad de la roca y nivel freático del agua

Esto se logra por medio de la realización de una exploración sub-superficial del suelo; será indispensable para determinar el tipo de estructura a

construir de acuerdo a las condiciones bajo las que se encuentre el suelo de cimentación. La localización de la roca consiste en determinar la profundidad a la cual se encuentre un estrato de suelo que sea capaz de resistir las cargas que sobre él se aplicarán. La exploración geofísica es una forma indirecta de obtener este resultado, la cual se puede realizar mediante tres procedimientos: el método de refacción sísmica, método sísmico de Cross-Hole y el método por resistividad eléctrica.

Las condiciones del agua subterránea están reflejadas en la presencia de nacederos, corrientes y en los niveles de agua en pozos y lagos. También se puede obtener al encontrar agua por barrenado, durante una exploración de campo. En suelos con alta permeabilidad el nivel de agua en un barreno se estabiliza aproximadamente en 24 horas después de terminada la perforación y la profundidad del nivel freático se determina por medio de una cinta métrica o una cadena graduada. En estratos impermeables se usa un piezómetro para determinar la profundidad del nivel freático.

1.10.4.2 Clasificación de los suelos

Desde la antigüedad, los constructores muy frecuentemente se encontraban con distintos tipos de suelos; que no eran apropiados para utilizarlos en construcción ya que no poseían características físicas y mecánicas adecuadas para construir obras de ingeniería civil. Esto hizo necesario tipificar los distintos tipos de suelos que se encontraban a diario. Al principio, ésta

tipificación se hizo visualmente, pero con el avance del estudio de la mecánica de suelos, se han logrado obtener métodos especializados y normados, obteniendo así resultados más acertados con respecto a la clasificación de los suelos. Así, se tienen los siguientes sistemas de clasificación:

El de la Asociación Americana Federal de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO). De acuerdo con éste, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: del A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2, y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No.200. En los suelos donde más del 35% pasan por la criba No.200, estos son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7¹². La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño del grano

Grava: fracción que pasa la malla de 75mm y es retenida en la malla No.10 (2mm).

Arena: fracción que pasa la malla No.10 (2mm) y es retenida en la malla No.200 (0.075mm).

Limo y arcilla: fracción que pasa la malla No.200.

¹² Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Thomson Editores, 2001, pág. 35.

2. Plasticidad: cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor, entonces se tendrá un suelo limoso. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 ó mayor.
3. Cuando hayan cantos rodados o boleos (tamaños mayores que 75mm), éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se hará registrar.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS): éste sistema fue elaborado por Arthur Casagrande en 1942 y es el más utilizado para efectos de estudio de cimientos. Este sistema clasifica a los suelos en dos grandes grupos que son, los suelos gruesos y los suelos finos, siendo la malla divisoria entre ellos la No.200. De acuerdo a sus propias características, el suelo grueso que pasa la malla No. 4, es catalogado como grava (G) y los menores como arenas (S), pudiendo ser éstos bien graduados, mal graduados, con material arcilloso, etc. El suelo fino, se subdivide en tres grupos, dependiendo de la Plasticidad que posea, suelos limosos o arenas muy finas (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Habiendo otra subdivisión en función del límite líquido. Para mejorar la clasificación de los suelos finos, el Dr. A. Casagrande elaboró la carta de plasticidad, con la cual se puede clasificar un suelo fino, teniendo como datos el límite líquido y su

respectivo índice de plasticidad , estableció cuatro zonas de clasificación, como se indica en la figura No.1.9

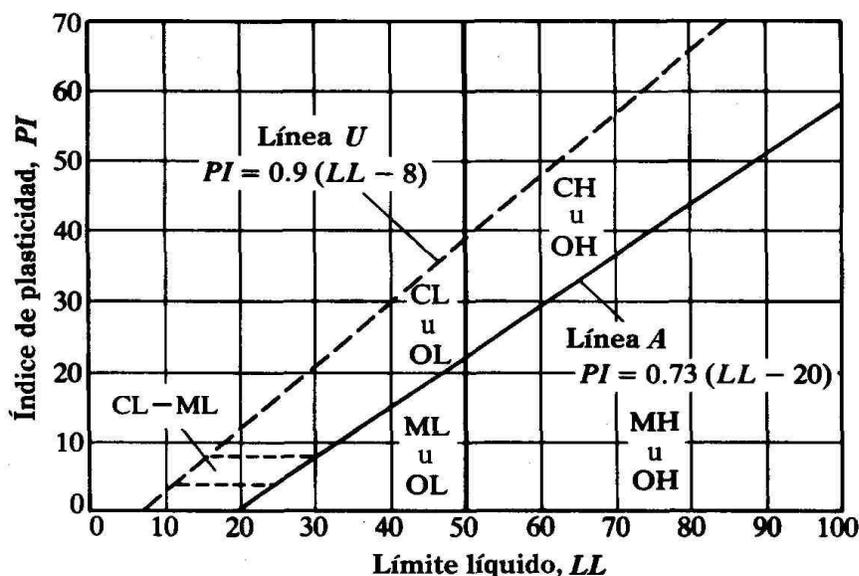


FIGURA No.1.9 Carta de plasticidad

1.10.4.3 Estimación de capacidad de carga del suelo

La capacidad de carga del suelo se define como la capacidad del suelo para soportar las cargas impuestas, sin que se produzcan fallas dentro de su masa. Esta varía con la resistencia del suelo y con la magnitud y distribución de la carga. Para asegurar que una cimentación no fallará por capacidad de carga, se cumple, que la capacidad de carga admisible del suelo sea mayor que la capacidad transmitida por la cimentación ($q_{ad} > q_c$). Así, la capacidad de carga,

en una cimentación, es la que le puede ser aplicada sin producir la falla, ni indicios de ésta en el suelo a partir de la estructura soportada; y se obtiene dividiendo la capacidad de carga por un factor de seguridad que Terzaghi recomienda que no sea menor que 3.0 ($F_s > 3.0$).

1.10.4.4 Determinación de parámetros geotécnicos

Para diseñar apropiadamente los muros de retención se deben conocer los parámetros geotécnicos del suelo, peso específico o peso volumétrico, ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la losa de cimentación. La determinación del peso específico puede realizarse en campo o en laboratorio; en campo, por medio del método del cono de arena según la prueba de la ASTM D 1556; método del globo de hule, de acuerdo con la especificación de la ASTM D2167 y por medio del método nuclear. En el laboratorio, se puede obtener realizando la prueba proctor basándose en la norma de la ASTM D698-91 y D1557-91. Para la obtención tanto del ángulo de fricción interna y la cohesión dependiendo del tipo de suelo, se realiza cualquiera de las pruebas triaxiales establecidas en la norma de la ASTM D2850-87.

1.11 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS

Es necesario, para toda obra de ingeniería civil, tener un respaldo que garantice el buen funcionamiento de ésta; lográndolo al apegarse fielmente a

las normas de construcción y diseño, y a las especificaciones técnicas del proyecto. Las normas que rigen la construcción de muros, en general, son las de la ASTM, referidas a los suelos y las del ACI, referidas al concreto; las especificaciones técnicas dependerán del diseñador y de los requerimientos del proyecto.

1.12 PROGRAMACION

En la realización de un proyecto, se cumplen varios procesos, los cuales tienen una secuencia lógica, para lo cual, cada uno de ellos posee un lugar en una tabla de tiempos calendario que sirve para asignar recursos a las actividades del proyecto con el fin de reducir los costos de producción. Esto es la programación de obra. Actualmente esta se facilita usando el programa de computador Project.

1.13 SUPERVISION

Para la realización y conclusión satisfactoria de una obra de ingeniería civil, y que esta proporcione los beneficios proyectados, es necesario que el propietario cuente con los servicios de supervisión de la construcción, ya que por medio de esta se logra llevar el control de calidad y avance de obra. Por medio de la supervisión se garantiza que la obra sea construida de acuerdo con

los planos y especificaciones de diseño y construcción; que los materiales y la mano de obra sean de la calidad requerida de acuerdo con el cumplimiento de las normas indicadas; que los procesos constructivos sean adecuados, lógicos y apropiados; y que los avances de la obra estén de acuerdo al programa de trabajo presentado por el constructor, de acuerdo con las etapas, procesos, métodos, materiales, tipo de elementos a construir y maquinaria, equipo y herramientas para la construcción así con las asignaciones que implica la realización de la obra.

1.14 COSTOS

Previo a la realización de un proyecto se debe elaborar un presupuesto, el cual consiste en un análisis cuantitativo de todos los costos que integran las actividades de un proyecto. Los costos son entendidos como los gastos necesarios para la obtención de productos por medio de la realización de diferentes actividades. La elaboración de los costos de una construcción deberá ser realizada por un equipo especializado en la materia así como también con basta experiencia del campo en cuanto a procesos constructivos. En costos de construcción, se tienen dos grandes grupos, como sigue:

- a. Costos Directos, son los recursos necesarios para colocar físicamente los elementos de construcción en el proyecto. Los costos directos se

definen como la suma de los gastos por compra de materiales, pago de mano de obra, compra de herramientas y equipos necesarios para la realización de las actividades del proyecto.

- b. Costos Indirectos, es la suma de los gastos técnicos administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo éstos son, por ejemplo, costos por personal técnico y/o administrativo; costos por alquileres y/o depreciaciones; costos por seguros; costos por materiales de consumo; costos por capacitación y promoción; costos por comunicaciones, transporte y flete.

1.15 CAUSAS QUE ORIGINAN LOS DAÑOS EN LOS MUROS

Los tipos de daños en los muros, sean éstos o no de gran magnitud causan en ellos efecto negativo en el funcionamiento. Estos daños pueden ser muchas veces identificados por las causas de origen como lo sigue:

- a. Falla en el suelo de la cimentación, éste problema puede causar la falla del muro; puede ser provocada por la calidad del suelo, restituido, o un mal tratamiento de éste.
- b. Falta de información recolectada, debido a una deficiente investigación exploratoria y muestreo de suelos lo que provoca no contar con los

datos suficientes como para elegir apropiadamente el tipo de muro a construir para las condiciones existentes.

- c. Mal diseño del muro, esto pone en riesgo a toda la estructura, debido a la inseguridad por omisión de fuerzas a considerar o fuerzas deficientemente consideradas.
- d. Deficiente proceso constructivo, provocando la creación de zonas de debilidad que inducen a la creación de puntos posibles para la falla.
- e. Mala calidad de los materiales de construcción, reduciendo la resistencia de éstos, lo cual provoca, directamente, disminución en la resistencia de los elementos a los cuales conforman.

1.16 FALLAS

Toda masa de suelos está sometida a cargas, ya sean éstas naturales o inducidas por el hombre. Cuando éstas cargas sobrepasan del valor de la capacidad de carga última del suelo, provocan efectos sobre él; tales efectos dependen de la calidad y composición del suelo y de la magnitud de las cargas que sobre él se ejerzan; teniendo en común, su desenlace, la falla.

1.16.1 Falla local

Esta ocurre en suelos arenosos o arcillosos medianamente compactados, mediante incrementos de carga sobre la cimentación que

provocan, cada vez, un aumento en el asentamiento, extendiéndose gradualmente la superficie de falla hacia afuera desde la cimentación (ver Fig. No.1.10), requiriendo un asentamiento considerable de la cimentación para que la zona de falla en el suelo se extienda hasta la superficie del terreno, cuando la carga aplicada iguale a la capacidad de carga última del suelo(ver Fig. No.1.10). Más allá de éste punto, una mayor carga estará acompañada por una gran incremento en el asentamiento de la cimentación¹³, que para fines prácticos equivale a la falla del mismo. Los asentamientos diferenciales tolerables sin que aparezca el mecanismo de falla, está en función de la compacidad del suelo (ver cuadro No.1.7) en estado natural y establecido a través de la mejora de las propiedades del suelo (q_s). Cuando el mecanismo de falla aparezca y se extienda hasta la rotura, se sobrepasarán las tolerancias para el q_{ad} y se provocará el hundimiento que será necesario controlar.

CUADRO No.1.7 Descripción cualitativa de depósitos de suelo granular

COMPACIDAD RELATIVA %	DESCRIPCION DE DEPOSITOS DE SUELO
0 -15	Muy suelto
15 – 50	Suelto
50 – 70	Medio
70 – 85	Denso
85 – 100	Muy denso

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das, Pág. 23.

¹³ Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das, Ed. Thomson, 2001, pág. 391.

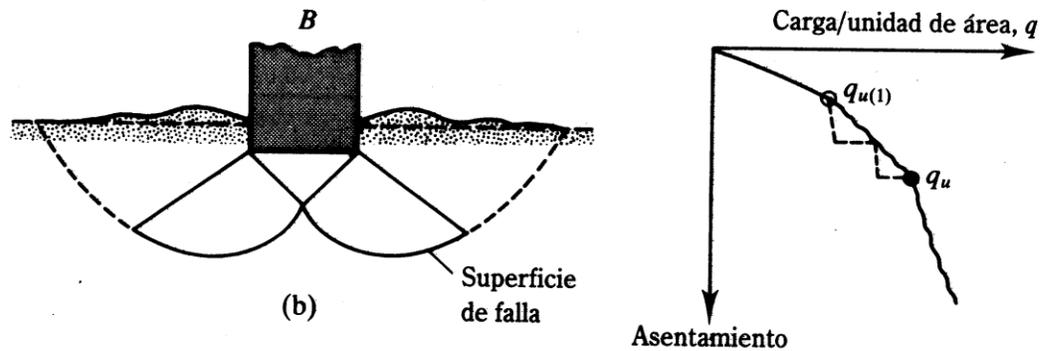


FIGURA No. 1.10 Falla Local

1.16.2 Falla total

Esta se da en arenas densas o suelos cohesivos firmes. Si la carga se aplica gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará; en cierto momento cuando la carga aplicada sea igual a la capacidad de carga última del suelo, se dará una falla repentina en éste y la zona de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno, provocando la falla total o general del suelo.

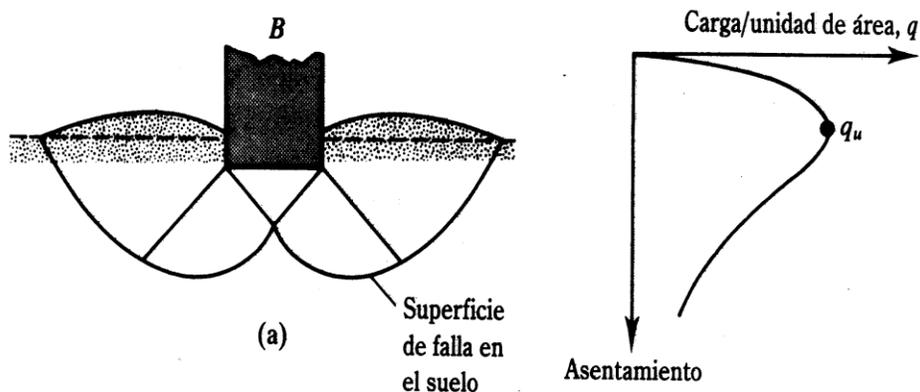


FIGURA No.1.11 Falla Total

1.17 DISEÑO DE MUROS DE RETENCION

Un muro de retención es una estructura permanente, relativamente rígida, que soporta una masa de suelo. Puede construirse con diversos materiales tales como: concreto armado, mampostería de piedra, o mampostería prefabricada reforzada. Sus elementos principales son la Pantalla y el Pedestal. Para diseñar muros, reteniendo masas de suelo, es necesario conocer el peso específico o peso volumétrico, ángulo de fricción interno y la cohesión de ellas, además la distribución de la presión lateral y la presión debajo de la losa. Ver cuadro N° 1.5.

1.17.1 Dimensionamiento

Al diseñar muros de retención es necesario suponer las dimensiones de la sección transversal, tal como lo sugiere, la figura No.1.12, para que permitan revisar su estabilidad. Si los resultados no son los deseados, la sección se cambia y se vuelve a hacer la revisión.

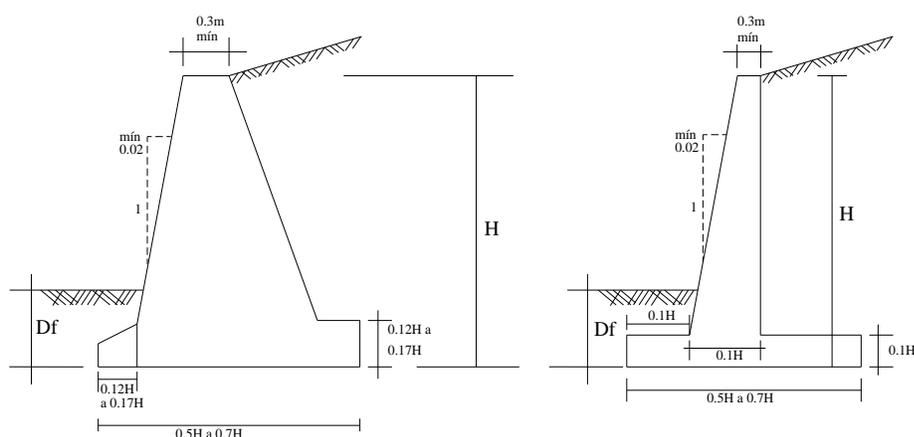
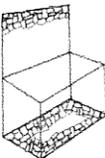
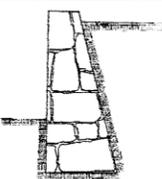
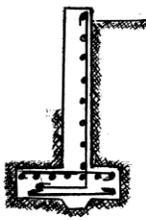
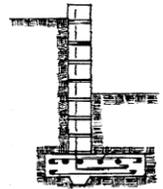
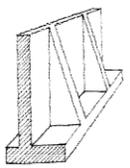


Figura No.1.12 Dimensiones aproximadas propuestas para la sección transversal de un muro

1.17.1.1 Geometría

La geometría de la sección transversal de los muros de retención está determinada por las condiciones del suelo al cual retendrá el muro: el peso específico o peso volumétrico, ángulo de fricción y la cohesión, condiciones del entorno del terreno sobre el cual se construirá, materiales de construcción, costo y proceso de construcción. Ver cuadro 1.8.

CUADRO No.1. 8 Geometrías típicas de muros de retención y sus características

TIPO DE MURO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	CONDICIONES DE USO	RECOMENDADO EN MASA DE SUELO	PARÁMETROS PRINCIPALES
 <p>GAVIONES</p>	Parrilla hecha de varilla metálica rodeada con malla galvanizada	Regresión regresiva severa	Todo tipo de suelo friccionante y/o arena limosa, arena arcillosa	γ piedra \emptyset
 <p>MAMPOSTERÍA DE PIEDRA</p>	Piedra reventada con aristas pronunciadas unidas con mortero	Para alturas mayores a 6.0 metros	Todo tipo de suelo	γ concreto f_y
 <p>CONCRETO ARMADO</p>	Concreto normal o concreto pesado con hierro de refuerzo	Genera más costos por la construcción de la obra falsa (encofrados)	Todo tipo de suelo	γ concreto f_y
 <p>MAMPOSTERÍA REFORZADA</p>	Bloques huecos prefabricados con hierro de refuerzo y concreto norma	Esta sujeto a un diseño estructural	Todo tipo de suelo	γ bloque γ concreto f_y
 <p>MURO CON CONTRAFUERTES</p>	Concreto normal o concreto pesado con hierro de refuerzo	Cuando la altura del muro es mayor a 7.0 metros	Todo tipo de suelo	γ concreto f_y

1.17.2 Fuerzas Activas

Son todas las fuerzas que causan inestabilidad en el muro, estas son, sismo, sobrecarga, tráfico, impacto y la principal que es la presión que ejerce la masa de suelo retenida detrás del muro, como se indica en la figura No.1.13

1.17.3 Fuerzas Pasivas

Son todas las fuerzas que ayudan a la estabilidad del muro, siendo las principales: el peso propio del muro y la presión que ejerce la masa del suelo al frente del muro en toda la porción que queda enterrada, entre la cota de fundación y la superficie del piso de la terraza inferior, es decir, lo que cubre la cota de desplante para la fundación. Ver figura No.1.13

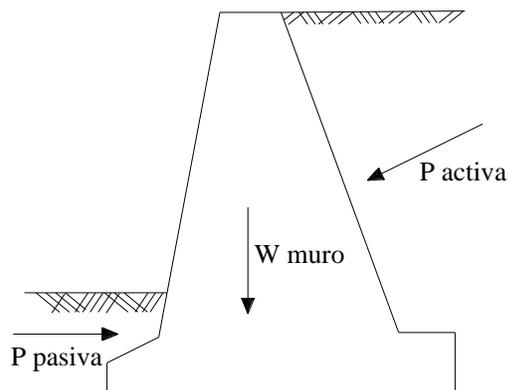


Figura No.1.13 Fuerzas activas y pasivas que actúan sobre un muro de gravedad

1.17.4 Tipos de fallas estructurales

Los muros son estructuras que pueden fallar por estabilidad y funcionamiento, de la siguiente manera:

1.17.4 .1 Falla por flexión

Esta se manifiesta cuando la pantalla del muro se curve debido a la acción de las cargas laterales incidentes, la masa de suelo, que el muro retiene; se puede evitar, aumentando la cuantía de hierro de refuerzo en la pantalla del muro, o colocando contrafuertes. También, esta falla puede tener lugar en el pedestal, en el talón, la punta o en el diente, donde se excedan los esfuerzos debido a las presiones actuantes. Ver figura No.1.14

1.17.4.2 Falla por cortante

Como todo elemento estructural sometido a carga, los muros pueden fallar por acción de las fuerzas cortantes, presentando generalmente, grietas transversales o cortaduras, por ejemplo, en la pantalla, hasta el punto de separarse totalmente de la losa de base, ya que en el punto de unión de estos dos elementos es donde la fuerza cortante tiende a ser máxima. Ver figura No.1.14. Para prevenir esto, se aumenta el ancho de la parte inferior de la pantalla. De acuerdo con el código del ACI, el diseño por cortante debe basarse en la relación: $V_u \leq \phi V_n$ donde V_u es la fuerza cortante total aplicada en determinada sección y producida por las cargas mayoradas y $V_n = V_c + V_s$, donde:

Vn: Resistencia a cortante nominal

Vc: Resistencia del concreto

Vs: Resistencia del hierro de refuerzo, de los estribos

ϕ : Coeficiente de reducción de resistencia = 0.85

Las cargas mayoradas para presión de tierra son: $U=4.4D+4.7L+4.7H$;

$U=0.9D+4.7H$; $U=4.4D+4.7L$.

1.17.4.3 Falla por deslizamiento

La falla por deslizamiento a lo largo de la base del muro, ocurre cuando la suma de las fuerzas actuantes horizontales son mayores que la suma de las fuerzas resistentes horizontales, que actúan sobre el muro. Ver figura No.1.14.

1.17.4.4 Falla por volteo

Se da cuando la sumatoria de los momentos de las fuerzas que tienden a volcar la estructura respecto a la esquina inferior de la punta del muro, es mayor que la sumatoria de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto al mismo punto. Ver figura No.1.14.

1.17.4.5 Falla por asentamiento

Se da cuando la presión vertical transmitida al suelo por la losa de base del muro de retención, es mayor que la capacidad de carga última del suelo que la soporta. La capacidad de carga última de cimentaciones superficiales ocurre

en un asentamiento de aproximadamente 10% del ancho de la cimentación. Ver figura No.1.14. Estos efectos de carga son los que se prevén cuando se analiza la estabilidad, tales que los desplazamientos horizontales y verticales, las rotaciones o desgarrs parciales, diferencialmente o totales, rotura o aplastamiento, no ocurran, no ocurran abruptamente o se espera que aparezcan los mecanismos de funcionamiento ante la aparición de algún estado de falla para que permita que se cumpla el criterio de seguridad estructural.

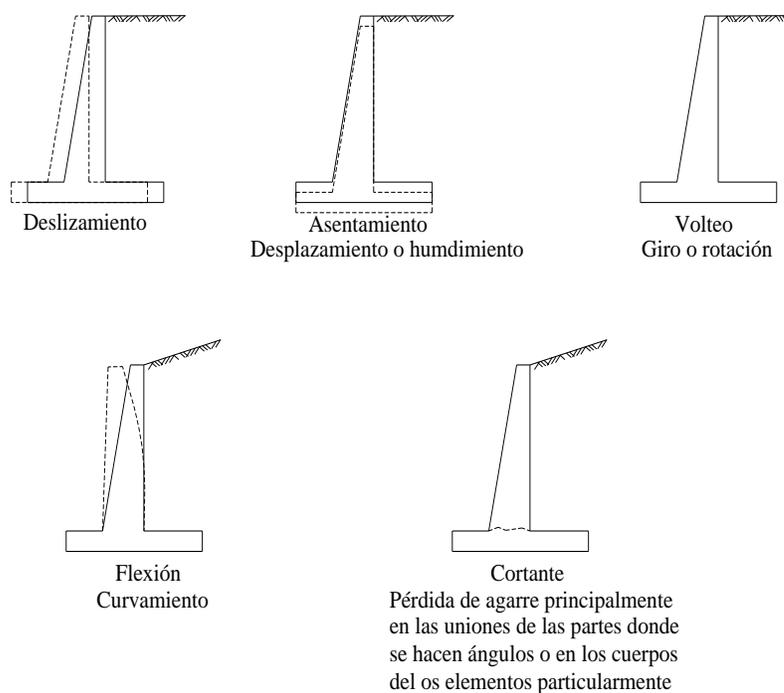


Figura No.1.14 Efectos de las diferentes fallas estructurales en los muros de Retención

1.17.5 Elementos de los muros

Independientemente del tipo de muro y los materiales de los cuales esté construido, todo muro está conformado por los elementos siguientes, indicados en la figura No.1.15.

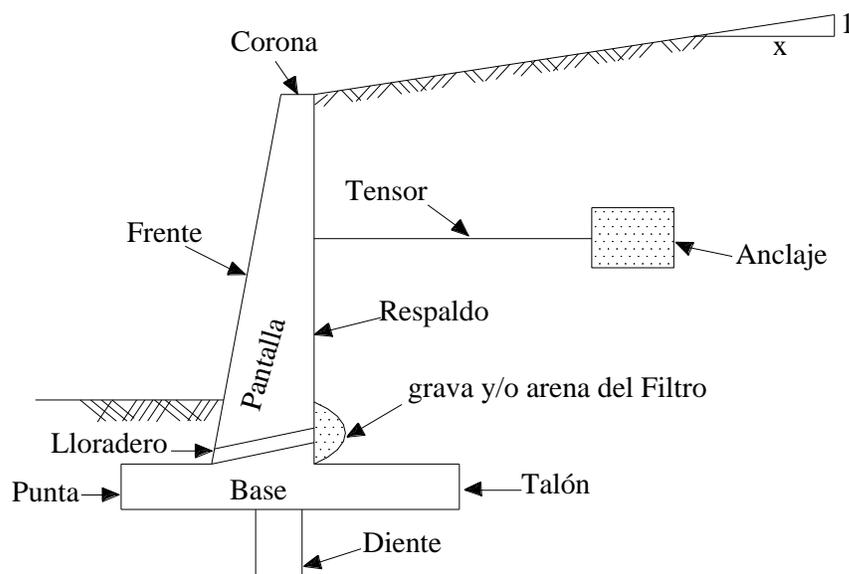


Fig. 1.15 Elementos que conforman un muro de retención

1.17.5.1 Pantalla y Base

Son las dos losas que conforman el muro. La pantalla es vertical, está constituida por la corona o ancho superior y la base; el frente, es la parte vista del muro, el cual soporta parte de la presión de la masa de suelo que ayuda a su estabilidad; el respaldo, es la parte no vista del muro que está inclinada respecto a la vertical, soporta el empuje del suelo (relleno). El pedestal o losa

de cimentación del muro, es la que transmite al suelo la presión vertical que él ejerce. Ver figura No.1.15.

1.17.5.2 Talón y Punta

Estos conforman los extremos del pedestal o losa de base del muro, sobre la punta se encuentra parte de la masa de suelo que ayuda a la estabilidad del muro y en el otro extremo de la base se encuentra el talón, que soporta parte de la masa de suelo que retiene el muro. Ver figura No.1.15.

1.17.5.3 Drenajes

Son elementos que ayudan a evitar la inestabilidad del muro a causa del agua lluvia acumulada en invierno u otras condiciones de humedad que saturan al suelo de relleno e incrementan la presión sobre el muro. Comúnmente, se utilizan lloraderos y/o tubos perforados (flautas) de drenaje. Ver figura No.1.15.

1.17.5.4 Tensor

Generalmente son cables de acero que se introducen en la masa de suelo que se encuentra retenida por el muro. Estos se encuentran amarrados a la pantalla en el paramento interior o respaldo, y en la mayoría de casos en su otro extremo se colocan los anclajes. Ver figura No.1.15.

1.17.5.5 Anclajes

Son elementos generalmente de forma prismoidal, que se encuentran a cierta distancia de la pantalla del muro y a determinada profundidad con

respecto al nivel del terreno de la masa de suelo retenida, dispuestos horizontalmente. Están unidos a la pantalla del muro por medio de un tensor, juntos forman un mecanismo que evita la falla por volteo del muro. Ver figura No.1.15.

1.17.5.6 Diente

Este elemento se usa para incrementar la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro, comúnmente es llamado dentellón de base y usualmente el diente se construye debajo de la losa de base en dirección de la pantalla hacia abajo y lleva dentro parte del hierro de refuerzo principal. Ver figura No.1.15.

1.17.6 Factor de seguridad. (F. S.)

Este valor varía dependiendo del fenómeno que se esté analizando, así, los diferentes factores de seguridad y sus valores mínimos varían entre 2.0 a 3.0.

$$\text{F.S. (volteo)} = \frac{\sum MR}{\sum MO} = 2.0 \text{ a } 3.0$$

Donde:

$\sum MO$: Suma de los momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro.

$\sum MR$: Suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo.

$$\text{F.S. (deslizamiento)} = \frac{\sum FR'}{\sum Fd} = 1.5$$

Donde:

$\sum FR'$: Suma de las fuerzas horizontales resistentes

$\sum Fd$: Suma de las fuerzas horizontales de empuje

$$\text{F.S. (capacidad de carga)} = \frac{\sum qu}{\sum q \text{ máx}} = 3.0$$

Donde:

qu : capacidad última de apoyo del suelo

$q \text{ máx}$: carga máxima aplicada al suelo

1.17.7 Revisión de dimensiones

Las dimensiones propuestas para un muro de retención se aceptan si con ellas, el muro cumple con la estabilidad necesaria. Si las revisiones por estabilidad (volteo, deslizamiento y capacidad de carga) dan resultados no deseados, valores menores que los factores de seguridad aceptados, las secciones se cambian y vuelven a revisarse (Ver dimensionamiento en pág. No.105).

1.17.8 Influencia de Fuerzas Desestabilizadoras: fuerzas motoras, fuerzas restituidoras.

La influencia que puedan tener en la estabilidad de un muro las fuerzas que sobre él actúan, sean activas o pasivas, dependerá de la magnitud de éstas, lo cual puede traer al muro problemas de fallas estructurales. Es por esto que en la determinación de las dimensiones y características del muro se considera el efecto que tales fuerzas puedan causar en el funcionamiento y la durabilidad del muro.

1.17.9 Sismos

Los movimientos sísmicos aumentan momentáneamente la presión lateral contra un muro.

En el país, este efecto suele ser de gran consideración*; pero en zonas críticas puede tomarse en cuenta incrementando los empujes calculados en 10%¹⁴.

1.17.10 Impacto

Ciertas causas externas, tales como movimientos de vehículos y otras pueden producir impacto sobre el relleno de un muro. Estos efectos tienden a

* Ver norma técnica

¹⁴ Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos, Tomo II, pág.122.

ser rápidamente amortiguados por el propio relleno y no suelen tomarse en cuenta. Sin embargo, hay valores tabulados de cargas vivas generadas por vehículos; teniendo así que para andenes, vías vehiculares y patios sometidos a tráfico se considera un valor de 250 Lb/pie².¹⁵

1.17.11 Sobrecargas

Es todo exceso de carga, accidental o permanente, aplicadas sobre el relleno contiguo a un muro de retención; esta incrementa el empuje lateral sobre el muro. Los casos que se pueden presentar con más frecuencia son: carga uniformemente distribuida por unidad de superficie y carga concentrada en un punto. Las sobrecargas en el suelo retenido se consideran como un colchón de tierra equivalente, cuyo espesor tendrá el siguiente valor: $h_{sc} = \frac{W}{\gamma_s}$,

Donde:

h_{sc} : es la altura por sobrecarga

W : es la carga distribuida

γ_s : es el peso volumétrico del suelo

Lo anterior permite considerar una altura mayor del relleno, lo que origina dimensiones mayores del muro, necesarias, para resistir los efectos adicionales por sobrecarga, como se muestra en la figura No.1.16.

¹⁵ Nilson, Arthur, 12ª Edición, 1988 pág.10.

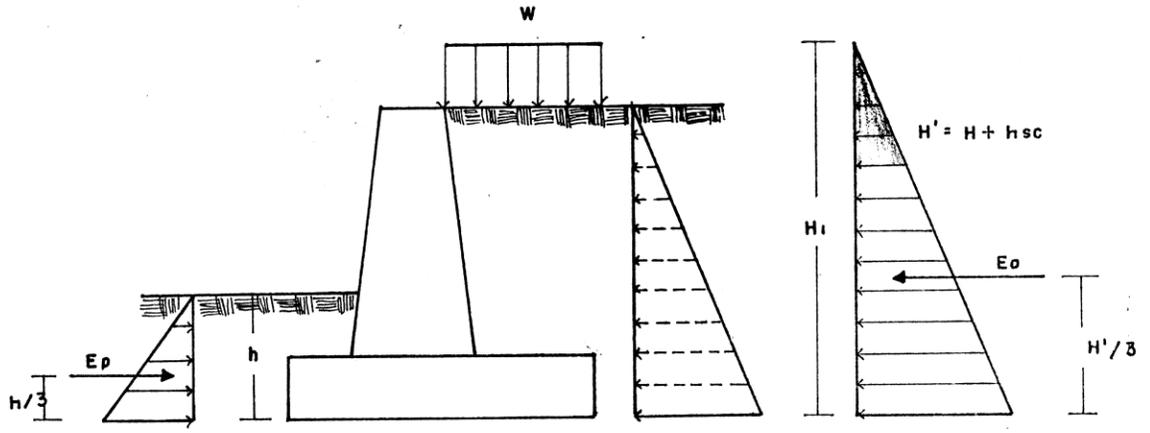


FIGURA No.1.16 Colchón equivalente de tierra, debido a una sobrecarga

CONCLUSIONES

- Debido a la escasez de terrenos con topografía uniforme, se ha tenido que recurrir a construir en terrenos con superficie irregular, lo cual, en la mayoría de los casos, crea la necesidad de construir obras de protección de taludes y laderas, siendo una de las soluciones más utilizadas los muros de retención.
- La clasificación general de los muros de retención está basada en su funcionamiento, dividiéndolos en dos grandes grupos, los muros rígidos y los muros flexibles. El uso de uno u otro dependerá de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a retener y del suelo de cimentación, de las condiciones que se tengan y las que se necesita tener; así mismo, de la problemática o problema a resolver.
- El estudio de suelos en sus dos formas (pruebas in situ y pruebas de laboratorio) permite determinar ciertas propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Su importancia radica en que un buen estudio de suelos conlleva a un buen diseño y evita posibles sub o sobre dimensionamiento de la sección del muro. La magnitud del estudio de suelos estará en función de la magnitud del proyecto.

CAPITULO II

PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE MUROS

TRADICIONALES Y NO TRADICIONALES

INTRODUCCION

En el capítulo II se describen los procesos constructivos de los muros tradicionales, mampostería de piedra, mampostería de bloques de concreto, concreto armado; los de muros no tradicionales, gaviones, tierra armada y artesanales; las características de los materiales, las instalaciones provisionales, equipo y herramientas a utilizar en la construcción de muros. Así mismo, las funciones de la supervisión, la programación, y el control de calidad que se hace a los materiales, mano de obra, suelo normal y restituido, y a la estabilización. Además, contiene las especificaciones técnicas más comunes para los diferentes tipos de muros. Particularmente, describe los procesos constructivos de algunos tipos de muros artesanales que cada vez van apareciendo contruidos en el país con materiales, técnicas y métodos alternativos para hacerlos, con bloques sobrepuestos, de llantas entramadas, de llanta armada y los hechos con materiales misceláneos que aparentemente han sido desechados total o parcialmente pero que nuevamente son utilizados reciclándolos cuidadosamente, generando novedosas propuestas que funcionan bien.

2.0 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS MUROS TRADICIONALES Y NO TRADICIONALES

2.1 PROGRAMACION

La programación indica la forma organizada de la realización de la obra, del proyecto en general, delimita el tiempo a cubrir y la asignación de recursos tales como materiales, herramientas, mano de obra, equipos y dinero a gastar en la inversión. Contiene la marcha de los trabajos necesarios y previsibles para la terminación de la obra, sus características, emplazamiento, entorno y condiciones para su desarrollo. Es decir, que a través de esta se lleva la dirección y coordinación de la obra para determinar el momento adecuado en que entrarán los materiales, equipo, herramientas, contratación de personal y porqué es necesario analizar en cada trabajo la distribución y asignación de todos los recursos (materiales, mano de obra, equipo, herramientas y capital), que permiten la evaluación de cada etapa y del resultado final. Para realizar la programación es necesario conocer el proyecto íntimamente y en base a la lógica de las correspondientes actividades y procedimientos constructivos, se busca la manera de llevarlo a la práctica lo más apegado posible a la forma planeada. Esta forma organizada de llevar a cabo el proyecto, requiere la toma de decisiones sobre los recursos necesarios y disponibles, así como ir determinando los tiempos parciales y el total del proceso. Consecuentemente, se trata de la optimización de los recursos asignados, principalmente el control

de los costos y el tiempo de realización calendarizado para iniciar y finalizar el proyecto.

2.2 INSTALACIONES PROVISIONALES

Son instalaciones relativamente rústicas y acondicionadas, contenidas en un espacio apropiado, capaz de alojar seguros todos los recursos del proyecto. Se hace con los materiales, mano de obra, equipo y herramientas necesarias para su correcta construcción, según lo requiera la obra. Dentro de éstas se incluyen:

- a) Locales de bodega, administración y laboratorio.

La bodega está destinada para el almacenaje de todos los materiales que necesiten protección contra los agentes atmosféricos; sus paredes y techo, contruidos con materiales adecuados, lo mismo que la estantería y tarimas de madera. El piso de suelo estabilizado, o cualquier tipo de suelo igual o de mejor calidad que el existente. Las dimensiones de la bodega serán tales que se disponga del espacio necesario para almacenar cemento, madera, hierro, tuberías, material eléctrico y demás insumos para la construcción. Se hacen antes de comenzar la construcción del muro en un lugar tal que no estorbe la construcción de éste. El local que ocupará la administración se dotará de alumbrado eléctrico apropiado y por lo menos un toma corriente,

archivos para los planos y la documentación que requiera la obra; los muebles necesarios, escritorio, sillas, mesa de dibujo, mesa de planos, hechos con materiales similares a los de la bodega. El local destinado al laboratorio será muy seguro y cómodo para que en él se pueda guardar el equipo necesario que se utiliza para las pruebas; los materiales usados para su construcción serán de igual calidad que los de la bodega.

b) Local para la oficina de supervisión.

Este local tiene los mismos requisitos que los de la oficina de la administración, construido con materiales similares y con iguales condiciones para su equipamiento.

c) Instalaciones de agua potable y servicios sanitarios.

Las instalaciones de agua potable, se hacen con tubería de diámetros adecuados a la demanda y antes del inicio de los trabajos de terracería. Los servicios sanitarios pueden ser letrinas lavables o sanitarios de foso y su caseta correspondiente, o sanitarios conectados provisionalmente a la red existente de aguas negras, según lo faciliten las instalaciones existentes.

d) Instalaciones eléctricas.

Estas proporcionan energía eléctrica en la bodega, oficinas, y al lugar donde se realiza la obra, con conexiones para 110 voltios y 220

vóltios. La acometida se instala de manera que no estorbe el transporte de materiales. Estas se hacen después de haber obtenido los permisos legales correspondientes para conectar el servicio.

e) Cerca de protección.

Si fuera necesaria, toda el área donde se desarrolle la construcción, se rodea con una cerca de protección hecha de lámina galvanizada, fibrolite o cualquier otro material. Esta se hará sobre estructura de madera, en el perímetro del terreno donde se construye el muro, a una distancia que brinde seguridad a la obra y a los colindantes de ésta. La altura mínima de la barda de rodeo será de 3.0 metros sobre el nivel del terreno y/o de los linderos vecinos.

2.3 MATERIALES Y SU CALIDAD

Los materiales de construcción, en concordancia con el diseño, cumplen con requisitos de calidad apegados a las normas de la ASTM y de la AASHTO y especificaciones en reglamentos como el del ACI y la PCA. Estos son los siguientes:

Piedra: limpia, dura y libre de grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie, de clase o de tipo reconocido en durabilidad, comúnmente, en el territorio nacional se dispone de rocas basálticas, andesitas o dacitas que tienen resistencia, absorción, dureza,

exfoliación, mineralogía, que cumplen con requisitos para construcción; las lavas basálticas también son de buena calidad. Las rocas provenientes de macizos rocosos son las que generalmente afloran en la superficie terrestre y que están en explotación en canteras donde son procesadas para los diferentes fines, desde piedra para mampostería hasta muy finos como grava, filler o polvillo de roca para acabados de superficie, todas como agregados usados en el desarrollo de los procesos constructivos.

Hierro de refuerzo estructural, malla metálica estructural, así como la malla galvanizada estructural y el hierro ocupados en la construcción de gaviones estarán libres de costras, de herrumbres o cualquier otra corrosión, sueltas o descascaradas, ni aceites, grasa, u otro recubrimiento dañino que pueda destruir o reducir su adherencia al concreto.

Concreto normal (175 Kg/cm^2 a 210 Kg/cm^2) y concreto pesado o de alta resistencia ($>250 \text{ Kg/cm}^2$), concretos livianos ($<175 \text{ Kg/cm}^2$), estos se elaboran con materiales aprobados según su calidad y la función que cumplirán. Se dosifican por peso o por volumen, de preferencia por peso, en las cantidades indicadas en el diseño de la mezcla. La fuente de suministros de agregados gruesos y finos es siempre la misma ya que de no ser así se estaría alterando el diseño de mezcla y por consiguiente la resistencia. Se cumple, que la altura

normal de revenimiento es de 3" a 4" en el concreto fresco, a excepción del concreto para colocación por bombeo, donde la altura de revenimiento no es mayor que 6". En estado fresco tendrá trabajabilidad, manejabilidad y acomodo, y endurecido tendrá dureza y resistencia. Cuando la resistencia a la compresión del concreto sea mayor que 210 Kg/cm², por ejemplo 350 Kg/cm², 420 Kg/cm², 675 Kg/cm² o más, se considerará un concreto de alta resistencia, el cual se logra a través de mezclas ricas en cemento, de baja altura de revenimiento o casi nula. Los cuidados en la calidad del concreto de baja resistencia, normal o de alta resistencia, cumplen las mismas características, prefiriendo que este último tipo de concreto no sea hecho en la obra sino que sea adquirido premezclado. El concreto liviano no es lo mismo que el concreto de baja resistencia (menor que 210 Kg/cm²) su diferencia es que el peso específico de los agregados es menor, consecuentemente pesan menos, tales son por ejemplo, las pomes, puzolanas u otros agregados livianos.

Morteros, se preparan sólo las cantidades necesarias para uso inmediato (una hora promedio), con la apropiada proporción de la mezcla entre sus partes, para obtener un mortero plástico, trabajable y de fácil colocación, capaz de adherirse sin perder sus propiedades como resistencia y permitir su acabado final como repello o acabado rústico.

Mezcla del concreto, se hace manualmente o con mezcladoras mecánicas del tipo apropiado y sólo en cantidades necesarias logrando una distribución uniforme de los materiales. Se puede utilizar también concreto premezclado, según la necesidad.

Agregados áridos: grava y arena. La grava de cantos rodados o piedra triturada, libre de impurezas, proveniente de la fragmentación de roca sana y compacta, su tamaño máximo dependerá de los elementos a colar. La arena de río o de mina, limpia, libre de impurezas y de malos olores, sin excesiva presencia de pómez o de materia orgánica.

Agua limpia, potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, sin sales o minerales dañinos al cemento.

2.4 MANO DE OBRA

Es necesario que la mano de obra utilizada sea calificada, con el fin de que la obra terminada quede en las condiciones planeadas, y que la ejecución del proyecto se realice en el menor tiempo posible, cumpliendo con los requisitos de calidad requerida de acuerdo con las especificaciones y condiciones contractuales establecidas. Para ello, cada función se realiza con la

mano de obra correspondiente, así, cada encargado asume su función asignada, esto es:

- Maestro de obra, es el encargado de dirigir y supervisar adecuadamente los procesos constructivos de la mano de obra encargada de la construcción.
- Caporal, es la persona que ayuda al maestro de obra, supervisa la buena realización de las actividades asignadas al personal, obrero calificado y no calificado, por ejemplo: excavación, trazo, carpintería u otra.
- Albañil, es el encargado de las actividades preliminares a la construcción o trazo, colocación de mampostería, pegado de bloques, colocación y pegado de piedra, repellos, afinados, pulidos, etc.
- Carpintero, es la persona encargada de realizar los trabajos con madera, andamios, encofrados, hechura de los moldes, desencofrados, estructuras para el confinamiento de elementos primarios como contrafuertes, dientes, etc.
- Armador, es el encargado de cortar, doblar, armar y colocar todo el hierro de refuerzo tal como se ha planeado en el diseño de la estructura, basándose en las especificaciones y en los planos de taller.
- Auxiliar, es la persona encargada de ayudar en determinada actividad, es decir, auxiliar de albañilería, auxiliar de carpintería, auxiliar de armadura, etc.

2.5 EQUIPO Y HERRAMIENTAS

Pala, es el instrumento o herramienta de mano, compuesta de una placa curva o plana, metálica y un cabo de madera, la placa puede terminar recta y en este caso sirve para cavar zanjas, para hacer revolturas, morteros y mezclas, emparejar superficies, etc., o puede terminar redondeada y en punta sirviendo principalmente para excavar. Puede tener cabo recto y largo o cabo más corto terminando en un mango para ahí tomar la pala con una mano y con la otra el cabo.



FIGURA 2.1 Pala

Pico o piocha, es una herramienta consistente en un cabo o mango de madera con una pieza larga de hierro en su extremo. Esta pieza puede terminar en dos puntas o en una punta, en un extremo y un corte angosto en el otro.



FIGURA 2.2 Pico.

Marro, mazo o almádana, es una masa de hierro de 2 libras a 10 libras provista de un mango. Se les denomina según el peso de la masa de hierro y los ahí de muchos tamaños, los más pequeños tienen el mango corto y se usan con una mano para clavar estacas o bien los albañiles lo emplean para quebrar piedras toscamente.



FIGURA 2.3 Almádana

Cuña, es una barra de acero cilíndrica lisa u ochavada, de 30cm a 40cm de largo y de 38mm a 51mm de diámetro terminada en punta o como cincel que se usa para romper piedras colocándola en las grietas y golpeando con un mazo.

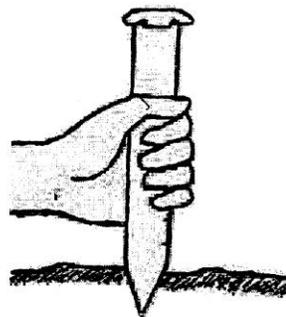


FIGURA 2.4 Cuña

Cuchara de albañil, es una hoja de acero de forma triangular o de diamante, esquinas redondeadas, con un mango de madera que se utiliza en múltiples trabajos de albañilería, los más grandes se emplean para mampostear y hacer aplanados y las más pequeñas para trabajar detalles.

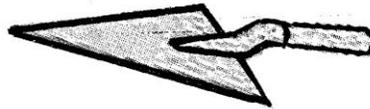


FIGURA 2.5 Cuchara de albañil

Llana, plana o plancha, es un rectángulo de madera o metal de unos 30cm de lado largo por unos 15cm de ancho y de dos a tres centímetros de grueso que sirve para hacer acabados ásperos en aplanados y recubrimientos.

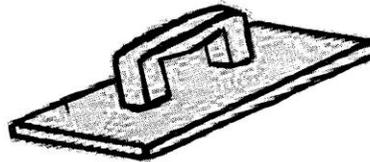


FIGURA 2.6 Plana

Hay llanas que son de una placa de acero rectangular de unos 25cm de largo por 15cm de ancho, que consiste de un mango que sirve para hacer acabados finos, otras tienen bordes dentados, con los que dejan canales para permitir la adherencia del mortero con el que se pegan los enchapes o enladrillados cerámicos en acabados de lujo.

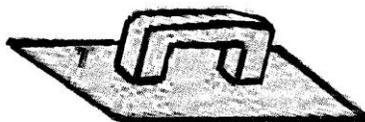


FIGURA 2.7 Llana

Carretilla de mano, consta de una palangana metálica montada en un chasis que lleva una rueda incorporada adelante, sostenida por un eje apoyado y dos patas; se empuja con los extremos de los dos largueros. Se usa para transportar materiales de construcción de todas clases o de tercería, trabajo con el principio de la palanca y el efecto de la gravedad, según la capacidad de soporte en peso de cada persona que la use. Hay carretillas con capacidad de 2ft³ ó 3ft³ hasta 5ft³; también pueden haber carretillas hechizas, de madera, de la capacidad deseada, tal como una parigüela.

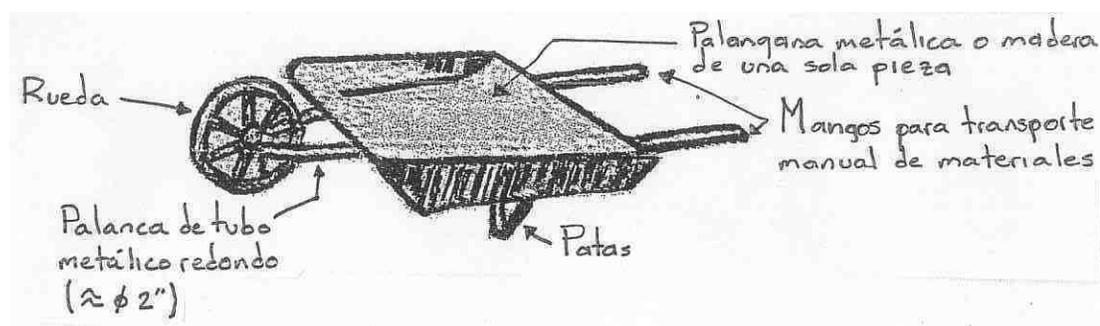


FIGURA 2.8 Carretilla

Grifas, para doblar las varillas de hierro de refuerzo. Son herramientas hechas de hierro forjado que se utiliza para hacer los dobleces de las varillas según lo indiquen los planos constructivos en las especificaciones de diseño.

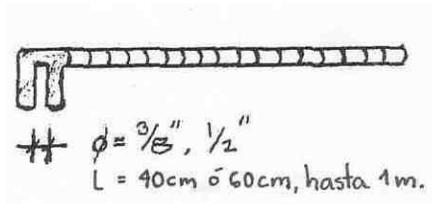


FIGURA 2.9 Grifa

Esparrabel o capirucho, está hecho de madera con dos lados bordeados sujetos de forma horizontal en la mano menos diestra, permite transportar al lugar de trabajo una importante cantidad de mortero.

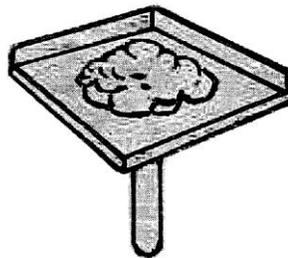


FIGURA 2.10 Esparrabel o capirucho

Cordel, es un hilo de algodón trenzado, tensado entre dos fichas o piquetes de madera o de metal de 20m a 25m de largo, sirve para materializar una línea recta en el suelo o sobre una parte de construcción en curso.

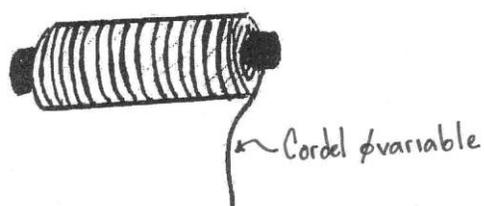


FIGURA 2.11 Bollo de cordel

Nivel de burbuja, permite controlar los trazos horizontales, los verticales y las pendientes de 45° , con sus tres tubos así dispuestos, que contienen generalmente agua coloreada, cuyo defecto voluntario en el relleno de los tubos, produce una burbuja de aire que sirve para señal de equilibrio con relación a dos rayas trazadas en rojo en los tubos o reparos de la burbuja, se escogerá un nivel de metal, aluminio preferiblemente. Su longitud varía de 20 cm, 40 cm, 60 cm, hasta 1 m.

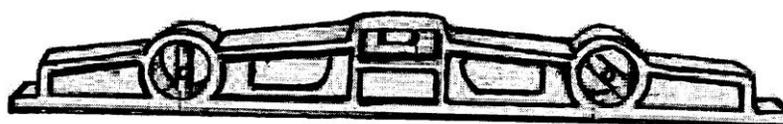


FIGURA 2.12 Nivel de Burbuja

Plomada de albañil (500gr), está compuesta por un cordel de algodón trenzado de 4m de largo aproximadamente terminado por un plomo de forma troncocónica y lleva superpuesta una plaquita de hierro cuadrada de lado igual

al diámetro más grande del plomo que pesa aproximadamente 300g, con el nivel de burbuja es la herramienta principal del albañil.

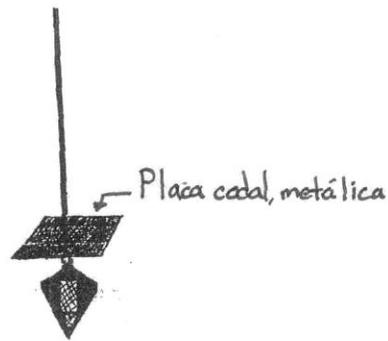


FIGURA 2.13 Plomada

El cubo, sirve para dosificar volúmenes y transportar los diferentes elementos componentes de los morteros y concreto armado cuya capacidad es de 15 litros aproximadamente.

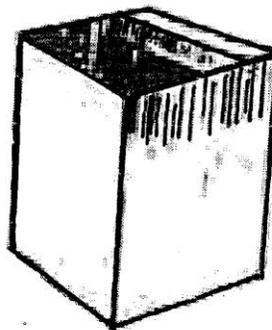


FIGURA 2.14 Cubo

Batea, puede ser de madera o de plástico, sirve para depositar temporalmente mientras se usen las mezclas fluidas o plásticas preparadas por

dosificación, son de 10 a 40 litros según modelos; en ellas se podrán igualmente amasar el yeso y demás morteros para acabados. Sus dimensiones son variables, según se requiera los volúmenes a usar por ejemplo de 60 cm x 40 cm x 10 cm hasta dimensiones en metros según el propósito de uso; por ejemplo lavar arena.

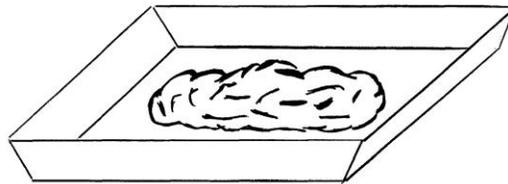


FIGURA 2.15 Batea

Serrucho, hay de varios tipos, según el corte requerido, precisión y acabado; es la herramienta del carpintero, consiste en una hoja de acero de unos 40 a 45 cm de largo con dientes filosamente agudos y triangulados en un borde, unida con tornillos a un mango de madera que se maneja con una mano para cortar la madera. Los dientes se cambian con un cambiador de dientes; para aserrado rústico en madera y para moldeo se da más inclinación al diente, si es corte fino como en madera en acabados es menos inclinado para serrado fino y así sucesivamente.

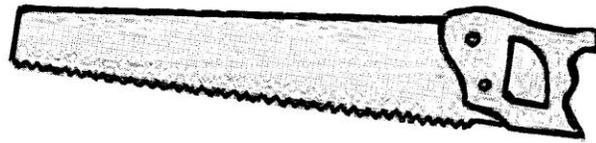


FIGURA 2.16 Serrucho de albañil

- Equipo ligero y maquinaria utilizada en la construcción del muro.

Concreteira, es la máquina giratoria de distintas capacidades en volumen en la que se revuelven los componentes del concreto. Generalmente se emplean de una bolsa, para poca cantidad de concreto o de media bolsa.

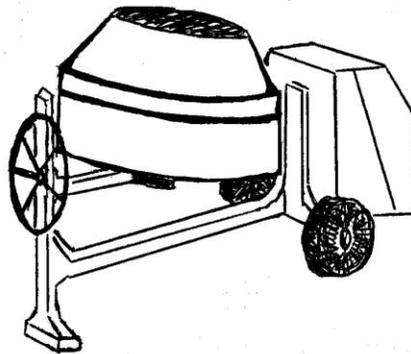


FIGURA 2.17 Concreteira

Taladro, es un aparato de alta revolución útil para agujerear diferentes diámetros en madera, metal o concreto con la broca correspondiente, dispone

de un gatillo convenientemente sensitivo para controlar mejor la velocidad del taladro.

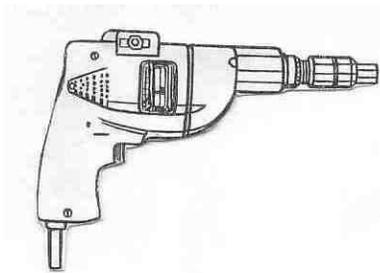


FIGURA 2.18 Taladro

2.6 CONTROL DE LABORATORIO

La intervención del laboratorio para el control de los suelos y materiales se divide en dos fases, una previa a la ejecución de la obra y otra durante la construcción. La primera fase consiste en efectuar el estudio del subsuelo donde se construirá el muro, para poder conocer la capacidad soportante del suelo y las características principales de los materiales del lugar; las cuales serán utilizadas para realizar el diseño. La segunda fase consiste en llevar un control de calidad de los materiales que se ocuparán en la construcción del muro, la piedra, los bloques, la grava, la arena, el hierro y los aditivos. Se encarga también de recomendar los procesos para la compactación, mezclado del concreto según el diseño de mezcla realizado en el laboratorio, curado del concreto colocado, así como controlar la calidad de las herramientas y equipo con que se efectúan las distintas actividades. Los controles se llevan a cabo tanto en el campo como en el laboratorio, ya que si se tiene duda de la calidad

o procedencia de los materiales se pueden mandar al laboratorio donde se les hacen los respectivos ensayos.

El inspector del laboratorio hace pruebas al suelo natural o compactado, en el campo, por medio de pruebas de densidad de campo y chequeo de fondo manual*, respectivamente, para corroborar la capacidad de carga de tales suelos. Realiza pruebas al concreto y al mortero por medio de muestreos que se hacen en el momento que se lleva a cabo el colado, estos son mandados al laboratorio donde se les determina, por medio de ensayos normados, la resistencia de la mezcla del concreto colocado y del mortero utilizado en la obra, con el fin de garantizar que posean las características consideradas en el diseño y que cumplan con lo que determina la correspondiente norma de la ASTM C-33 Y ASTM C-109 respectivamente. El laboratorio, efectúa controles diariamente, presentando un reporte de actividades y resultados una vez al mes a la supervisión, con sus respectivas observaciones, aunque al ser necesario, estas se harán en el momento oportuno y es decisión de la supervisión junto con el constructor modificar los procedimientos, equipos o calidad de los materiales, según sea el caso.

* En la práctica de chequeo rápido, se hace introduciendo en el suelo una varilla de hierro de 3/8" de diámetro, con punta muy aguda; con lo cual, se considerará o no la buena o mala compactación.

2.7 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es una actividad necesaria durante la construcción de una obra civil. Llevar un control de calidad de los factores que intervienen en la construcción como los materiales, mano de obra y el suelo, ayuda a lograr una buena ejecución de la obra.

2.7.1 Control de calidad de los materiales

Los materiales utilizados en la obra, cumplen requisitos de calidad obligatorios para ser efectivos en su función, en cada elemento que se ha construido con ellos. Tanto el constructor como el supervisor llevan un control de los materiales que se utilizan en la construcción de muros, y para ello se auxilian del supervisor de laboratorio, controlan la calidad de los materiales y del suelo, antes y durante la construcción. Estos controles se hace basándose en normas como las de la ASTM y las de la AASHTO, citadas en el numeral 2.7.5.

2.7.2 Control de calidad de la mano de obra

En El Salvador no hay normas que garanticen la buena calidad de la mano de obra, por lo que éste control se realiza en función del trabajo de cada obrero o idoneidad, el cual es supervisado por el ingeniero residente y por el supervisor de la obra, en base a la observación del desarrollo de cada actividad. Por lo general, se buscan obreros con experiencia y calificación comprobada;

asignando actividades que corresponden a cada uno según su función, así, el albañil realiza únicamente las actividades para las cuales está calificado, lo mismo el armador, el carpintero, etc.

2.7.3 Control de calidad del suelo normal y del suelo restituído

Es necesario que en toda construcción, haya una persona encargada de la supervisión de la calidad de los materiales que en ella se utilicen, eliminando la posibilidad de que los elementos puedan fallar principalmente por su baja resistencia. La buena calidad del suelo es importante, ya que es a éste al que le son transmitidas todas las cargas de la estructura. Su control se lleva a cabo por medio de la extracción de muestras para el posterior análisis de laboratorio, verificando si éste puede o no ser utilizado en la construcción, basándose en los resultados de sus propiedades físicas y mecánicas. En caso de que no cumpla con los requerimientos del proyecto, será necesario mejorarlo o restituirlo utilizando un suelo de otra procedencia, al cual también se le realizan pruebas de laboratorio, verificando su buena calidad.

2.7.4 Estabilización

En la mayoría de proyectos de construcción, es necesario dar un tratamiento al suelo, por medio de procesos de estabilización. El cual consiste en mezclar suelo con algún producto capaz de mejorar su comportamiento mecánico, ya sea cemento, cal, arcilla, arena, sal, ceniza, enzima, u otro y agua

en dosis baja, y una vez tenida la mezcla, al colocarla, es sometida también a un proceso de compactación. Como productos estabilizantes, han sido ensayados una gran cantidad de estos, con orígenes diversos, pero los más usuales, por razones de costos y de disponibilidad, son los cementantes: el cemento pórtland y la cal hidratada. Las figuras 2.19 y 2.20 corresponden a las gráficas para la determinación de la cantidad de cementante (% cemento, % cal) que conviene agregar a un determinado tipo de suelo. Cemento Pórtland para estabilizar suelos gruesos: como arenas y gravas (ver fig.2.19); y cal hidratada para estabilizar suelos finos: como arcillas y limos (ver fig2.20).

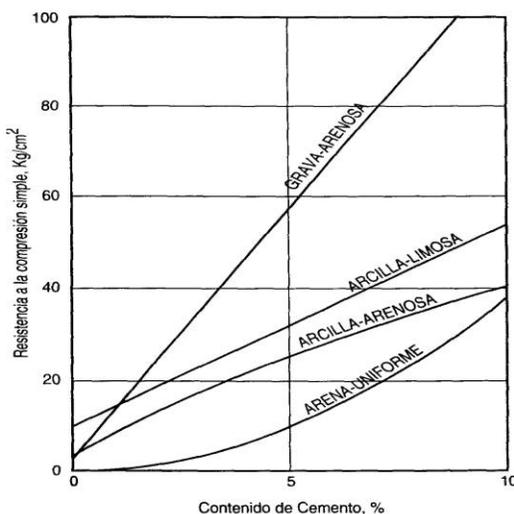


FIGURA No 2.19 Variación de la resistencia a la compresión simple con respecto al porcentaje de cemento Pórtland agregado

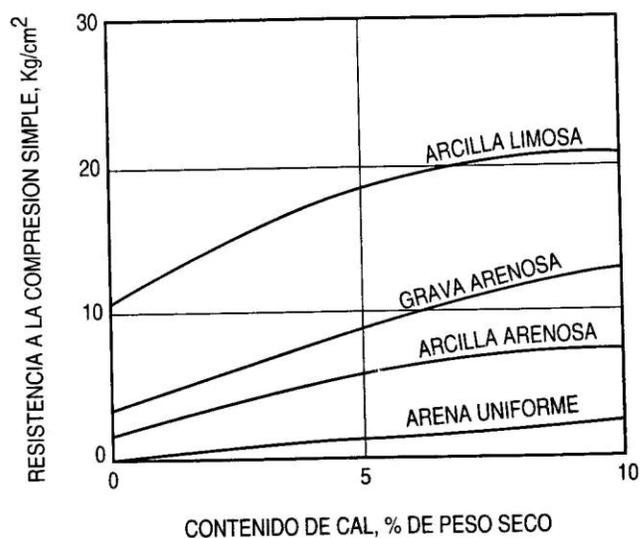


FIGURA No.2.20 Variación de la resistencia a la compresión simple con respecto al porcentaje de cal hidratada agregado

En la compactación de las mezclas de suelos con cementantes, el peso volumétrico seco, mide la cantidad de vacíos en la mezcla, la cantidad de agua agregada, medida como la humedad del suelo, se define como el cociente del peso del agua entre el peso seco del suelo. Estas variables y su interrelación se muestran en la figura 2.21, en la que se aprecia un valor máximo del peso volumétrico seco, el cual está asociado a la mínima cantidad de vacíos en el suelo. Esta condición es la que se asume como la mejor posible, en términos del comportamiento mecánico del suelo.

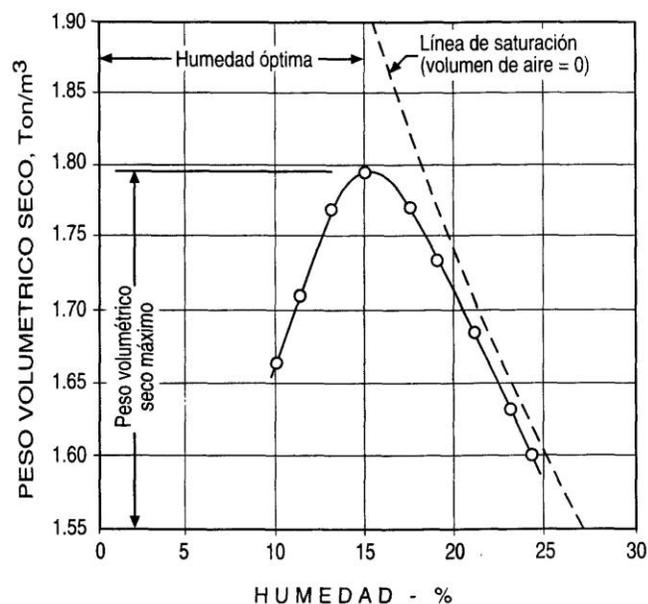


FIGURA No.2.21 Curva de compactación típica en un suelo.

2.7.5 Normas para el control de laboratorio

CUADRO No.2.1 Normas para el control de suelos y materiales

NORMA	DESCRIPCION
ASTM D 2216-92	Determinación del contenido de agua del suelo
ASTM D 421-85	Análisis granulométrico por el método mecánico y por el método del hidrómetro
ASTM D 422-63	Análisis granulométrico por el método del hidrómetro
ASTM D 4318-93	Determinación de los límites líquido y plástico del suelo
ASTM D 427-93	Determinación del límite de contracción del suelo
ASTM D 854-92	Gravedad específica de los sólidos del suelo
ASTM D 2435-90	Ensayo de consolidación
ASTM D 2850-87	Ensayo de compresión triaxial
ASTM D 698-91	Relación Humedad-Densidad (Prueba Proctor)
ASTM D 1557-91	Relación Humedad-Densidad (Prueba Proctor)
ASTM D 1556-90	Densidad de campo por el método del cono de arena
ASTM D 1586-84	Método de penetración estándar (SPT)
ASTM A 615	Tensión y Doblado del acero de refuerzo
ASTM C 131	Resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles
ASTM C 136	Granulometría de los agregados para concreto
ASTM C 109	Resistencia a la compresión y absorción de cubos de mortero
ASTM C 90	Resistencia a la compresión y absorción de bloques de concreto
ASTM C 33	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Fuente: Guía de laboratorio de mecánica de suelos, Departamento de Ingeniería Civil de la UCA.

2.8 SUPERVISION

Es la actividad que se hace durante el proceso de realización de cualquier obra o proyecto; de esta actividad se encarga una persona para asegurar resultados satisfactorios, de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas para este fin, logrando un control de calidad requerido u óptimo, sin que los costos sobrepasen lo establecido en el contrato. Es decir, que el supervisor es el representante debidamente autorizado por el propietario de la obra, para que todas las actividades que se harán se desarrollen correctamente, tanto en procedimientos como en tiempo. Los aspectos que cubre la supervisión son los siguientes:

2.8.1 Tiempo

Para supervisar el tiempo de realización de cada actividad y el tiempo total, de construcción del muro, la supervisión se apoya en la programación de la obra, ya que en ésta se han asignado los tiempos de ejecución de cada actividad, debidamente ordenados de acuerdo con la lógica del proceso constructivo. El supervisor y el constructor se ciñen al cronograma de actividades con su respectivo periodo de ejecución, mano de obra y recursos establecidos en el diagrama de la ruta crítica. Actualmente, para fines de programación se tienen programas de computadora tal como el project, que agilizan la actualización para el control de actividades realizadas, recursos, avance en obras y control de las demás variables del proyecto. El retraso en

tiempos a cumplir, en el programa establecido para la ejecución de la obra puede ocasionar pérdidas al propietario y al constructor; consecuentemente, si no se dispondrá de la obra en la fecha programada, se podrían ocasionar gastos mayores a los montos iniciales establecidos y se corre el riesgo de pagar multa por no entregar la obra en la fecha contractual. La supervisión, respaldada por el propietario, puede aprobar nuevos plazos de ejecución , menores al plazo base establecido o prorrogar este plazo, según sea el caso y la justificación.

2.8.2 Costo

Corresponde a la supervisión velar porque los costos estén en concordancia con los presentados en la oferta inicial por el constructor. Para ello, se lleva un control de los materiales, mano de obra, equipos, tiempo de ejecución, montos por estimación, entregados, y procesos constructivos utilizados, ya que ocupar equipos defectuosos, materiales de mala calidad, realizar procesos constructivos inadecuados o atrasarse en el plazo de ejecución de la obra, generalmente ocasiona aumento en el costo del muro. Es importante, tomar en cuenta que dentro de los costos contractuales, estén incluidas las pérdidas o daños de cualquier naturaleza en la obra y gastos ocasionados por interrupciones del trabajo en la forma prevista en los documentos contractuales. La supervisión puede llevar un control de los costos por medio de registros de la forma siguiente:

- Nombre, clasificación, fecha, horas diarias, total de horas trabajadas, tarifas y cálculo para cada obrero o capataz.
- Designación, fecha, horas diarias, total de horas tarifa, alquiler y cálculo para cada unidad de maquinaria y equipo.
- Cantidades de materiales, precios y cálculo.
- Transporte de materiales, precios y cálculo.

2.8.3 Calidad

La calidad está en todos los aspectos que involucran la construcción del muro, por ejemplo, materiales, mano de obra, equipo y procesos constructivos. Si fallara alguno de estos, no se obtendría la mejor calidad deseada y la calidad de la obra disminuye y no cumple con lo requerido. Para que esto no suceda, por ejemplo, la supervisión se ayuda con el laboratorio en el sentido de llevar el control de calidad de los materiales utilizados y del equipo con que estos se manipulan; como también, algunas veces le ayuda a determinar el proceso adecuado para llevar a cabo determinadas actividades como la compactación del suelo, colado y colocación del concreto, curado del concreto colocado. El control de la calidad de la mano de obra se hace por medio de inspecciones constantes a los trabajos que se están ejecutando con el fin de corroborar que el encargado de cada actividad la realiza de la forma correcta y esté calificado para realizarla.

2.9 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA MUROS TRADICIONALES

2.9.1 Muros de mampostería de piedra

2.9.1.1 Trazo

Previo a la construcción de cualquier elemento de una obra de construcción, es necesario definir la posición de los ejes de fundación de la estructura, las dimensiones de sus excavaciones así como los niveles, según lo especificado en los planos. Esta actividad es de suma importancia, ya que de la correcta colocación de cotas planimétricas y altimétricas, dependerá que la obra se ejecute de la forma proyectada, denominando a este proceso como trazo de la estructura, el cual consiste en lo siguiente, inicialmente, se establece una línea de referencia en el terreno, la que usualmente se traza auxiliándose de una línea límite que puede ser una construcción vecina o una línea paralela al cordón (línea de construcción); ésta se determinará después de un previo análisis de los planos. En base a esta línea guía se trazan los ejes detallados en los planos, de la manera siguiente:

- Se colocan niveletas perpendiculares en el lugar donde aproximadamente pasará el eje, una en cada extremo. Estas niveletas consisten en 2 estacas que pueden ser de cuartón o costanera unidas por medio de una regla pacha canteada y nivelada; la altura aproximada de éstas es de unos 50 cm. Véase Fig. 2.22.

- En cada niveleta se mide la distancia que existe entre la línea guía y el eje, utilizando una plomada y una cinta.
- En estos puntos colocar un cordel y verificar que el nuevo eje sea paralelo y que tenga la distancia correcta.
- Hecha esta inspección fijar el cordel con dos clavos en "V" como se puede ver en la Fig. 2.22.
- Este proceso se repite para todos los ejes paralelos a la línea de referencia.

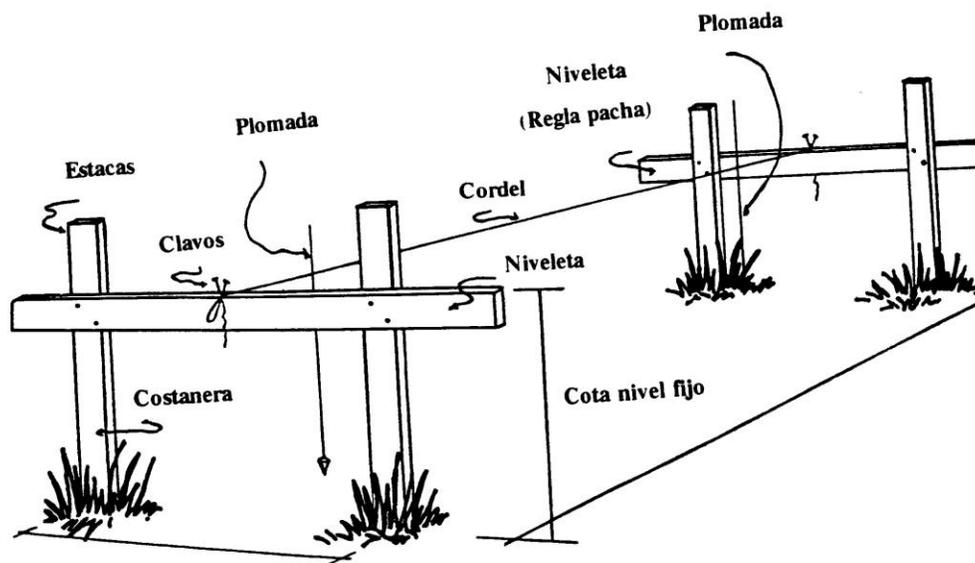


FIGURA No 2.22 Establecimiento de líneas para trazo

Otro método frecuentemente empleado para ejes paralelos consiste en utilizar la cinta y la plomada. Para lograr las líneas o ejes perpendiculares a los

ya trazados paralelamente, lo más práctico es auxiliarse del triángulo 3, 4, 5 procediendo de la siguiente manera:

- En el lugar en donde se estime que pasará el eje perpendicular se coloca una niveleta en cada extremo con el respectivo cordel.
- Desde el punto donde se intercepten los ejes se medirán 3 m sobre uno y 4 m sobre el otro. Ver Fig. 2.23.
- Para lograr que la distancia entre ambas marcas sea de 5 m podrá moverse el eje que se está definiendo.
- Luego de esto verificar nuevamente las distancias del triángulo.
- Una vez que se tenga la certeza de la exactitud del trabajo colocar los clavos en "V" para fijar el nuevo eje perpendicular.
- Para definir el triángulo se pueden utilizar las medidas 3,4, 5 ó múltiplos de éstos.

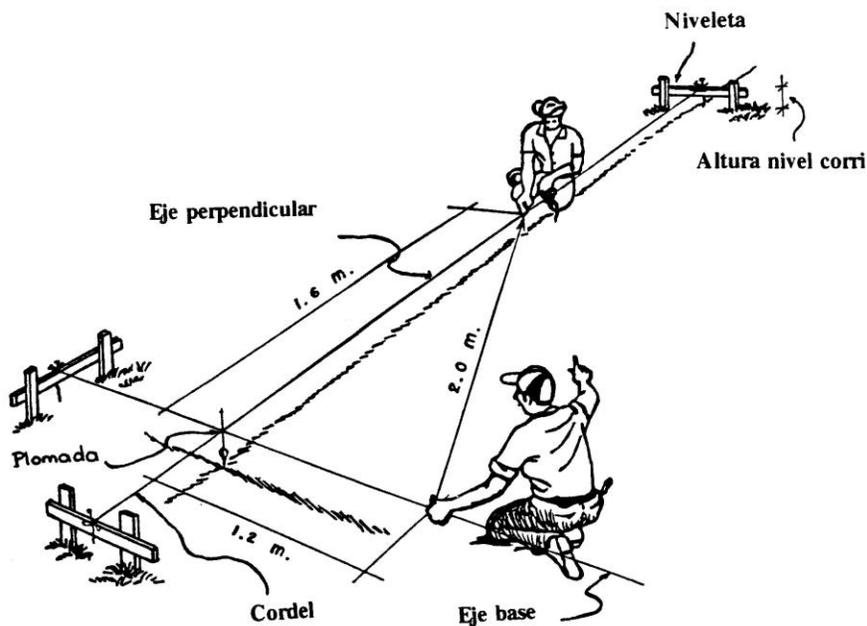


FIGURA No. 2.23 Método 3-4-5 para el trazo de líneas perpendiculares.

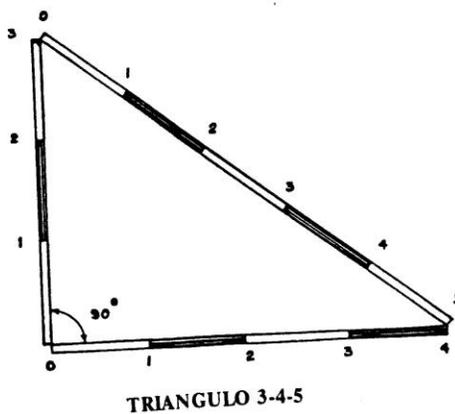


FIGURA No.2.24 Método 3-4-5 para el trazo de líneas perpendiculares.

- Para trazar el muro, en elevación, se colocan estructuras o niveletas hechas a base de cartón y costanera en los en los extremos del muro, o

en puntos intermedios (de ser necesario), que contengan los puntos o cotas principales del muro, tales como: la corona, y puntos sobre el paramento de éste.

- Una vez identificados éstos puntos en una niveleta, se procede a trasladarlos a las siguientes, auxiliándose en el uso del nivel, plomada y la cinta métrica.
- Luego se procede a colocar marcas y clavos sobre ellos.
- Posteriormente, éstos puntos son unidos por medio del cordel de una niveleta a la otra, haciendo más fácil la colocación de la piedra.

Una vez finalizado el trazo, se efectúa el replanteo, que consiste en marcar sobre el terreno, la proyección de los cordeles (ejes) que se utilizaron como guías en el trazo una vez que se han rectificado y comprobado mediante el replanteo.

2.9.1.2 Excavaciones

Es la operación que consiste en efectuar una cavidad bajo la superficie del terreno, dentro de la cual se construirán los cimientos del muro o de la estructura. También comprende las cavidades para otro tipo de obras necesarias para el muro, según los planos y especificaciones técnicas. Como complemento de esta actividad, se efectúa un relleno compactado con material

selecto después de haber concluido las construcciones o instalaciones necesarias. El procedimiento que se sigue para la correcta ejecución de las excavaciones es que antes de comenzar a excavar, hay que ubicar correctamente las obras a ejecutar por medio del trazo comprobado. Las operaciones que se hacen son las siguientes:

- Tratándose de zanjas para cimientos, las dimensiones vienen marcadas desde el trazo, y en el control de la obra deberá cuidarse que la profundidad de la excavación sea la señalada en los planos mediante cotas claramente especificadas, lo cual también se encuentra considerado en las especificaciones técnicas que se describen en un manual.
- Esto puede verificarse midiendo profundidades de excavación con un escantillón, desde un nivel específico marcado en niveletas que circundan el trazo de la fundación a medida que se profundiza y el fondo hasta donde se esté definiendo una cota o la que esté establecida como cota de fondo.
- Deberá tenerse cuidado de no sobreexcavar o sobrepasar la cota de fundación a menos que las especificaciones técnicas lo requieran para algún proceso de compactación.
- Generalmente, en éste tipo de muros el ancho de la excavación coincide con el ancho de la base de éste, es decir que las paredes de la zanja, constituyen el contramolde de la parte inferior del muro.

2.9.1.3 Nivelación

Es la actividad que consiste en colocar las diferentes elevaciones según lo estipulado en los planos en un determinado terreno o entrepiso. La nivelación puede realizarse con el uso del teodolito, nivel automático o utilizando el método de la manguera. El procedimiento a utilizar depende de la magnitud de la obra y de la precisión requerida. Así, auxiliándose del teodolito se pueden establecer cotas en cualquier tipo de terreno; pero el nivel automático, se usará para definir y controlar cotas; la manguera se utilizará para pequeños trazos en corrida de niveles en albañilería o carpintería de la construcción.

El método de la manguera se basa en el principio de los vasos comunicantes donde inicialmente las dos puntas de la manguera se hacen coincidir en el menisco hasta donde llega el agua que contiene la manguera y es el que se detalla a continuación:

- Se coloca un extremo de la manguera en el nivel que ya se conoce, haciendo coincidir el nivel del agua con la elevación conocida (ver figura 2.25).
- El lado opuesto de la manguera se coloca en el lugar donde se quiere establecer el nivel. Ya sea, en un tablón o en una niveleta.
- Una vez, hecho esto, establecer de la misma forma las elevaciones de todas las niveletas a colocar.

- Para colocar niveles de entepiso se corre desde un nivel conocido transfiriéndolo a una regla canteada colocada verticalmente, luego con una cinta se mide la altura con la que se alcanza el nivel requerido del entepiso, marcándolo en la regla.

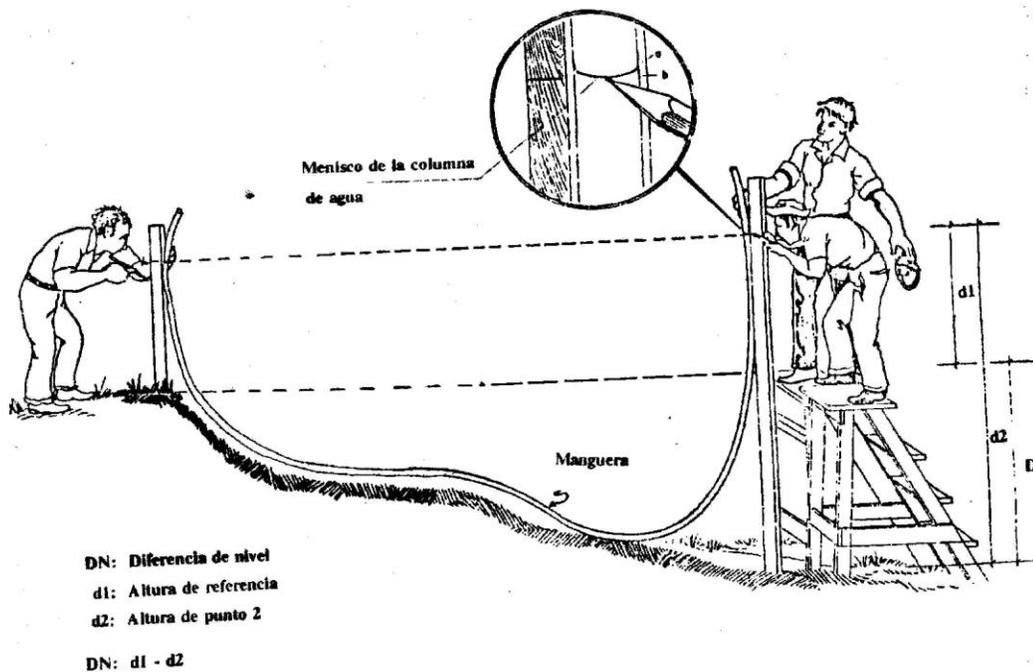


FIGURA No.2.25 Nivel de manguera

2.9.1.4 Hechura con piedra

Una vez definidos los niveles del muro, se procede a la colocación de las piezas de mampostería, ya que para éste tipo de estructura no es necesario la colocación de moldes ya que se puede dar la forma requerida al

muro, mediante la correcta colocación de las piezas. El procedimiento para la correcta colocación de las piezas, es como sigue:

- Humedecer el terreno previo a la colocación de la piedra, sin hacer charcos.
- Colocar una capa de mortero proporción 1:5 con una altura que se encuentra en un rango de 5cm a 12cm, con el fin de evitar el movimiento de las piezas en la base.
- Proceder a colocar y acuñar las piedras, sin permitir que una se apoye directamente sobre la otra, sino a través de una junta de mortero proporción 1:5. Cualquier trabajo de cantar las piedras que haya de ejecutarse, deberá hacerse antes de su colocación en el muro, ya que no deberá golpearse o martillarse posterior a su colocación.
- Al asentar las piedras deberá obtenerse un correcto acuñamiento y amarre entre las mismas, debiendo presionarse sobre la junta de mortero para obtener una sólida unión.
- En las superficies exteriores, sus irregularidades no deben sobresalir más de 3cm por encima de las secciones de diseño, ni deben quedar espacios para juntas mayores que 3cm de espesor.
- Las piedras deberán ser humedecidas antes de recibir el mortero. La mampostería se mantendrá mojada por lo menos 7 días después de terminado el muro.

El mortero para la mampostería será de proporción 1:5 por volumen. El espesor del mortero en la uniones, no será menor que 1cm ni mayor que 5cm y deberá usarse dentro de los siguientes 30 minutos después de haberse agregado el agua.

2.9.1.5 Mezclas a utilizar

En todos los tipos de muros se utiliza mortero para ligar las piezas, éste se puede definir como una mezcla de aglomerantes y áridos que amasados o revueltos con agua dan lugar a una mezcla plástica o fluida que posteriormente se endurece por procesos químicos que en ella se producen. El mortero está formado por un material aglutinante que puede ser cemento o cal; y por un árido que es la arena. El agua sirve de elemento auxiliar no integrante del mortero, es la que hace reaccionar al cemento para formar la pasta aglutinante. El mortero para el pegado de las piezas, debe ser una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros ya que se puede utilizar para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes o temblores. El mortero tipo "M" cumple con todos éstos requisitos según la norma de la ASTM designación C 270. Los cuadros N° 2.2 y N° 2.3 indican algunas especificaciones por propiedades y por proporciones de los diferentes tipos de morteros para mampostería.

CUADRO No.2.2 Especificaciones por propiedades de los diferentes
tipos de mortero.

Especificaciones por Propiedades (^a)					
Mortero	Tipo	Resistencia	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de
		mínima promedio a compresión a 28días			agregados (medida en condición húmeda
		Kg/cm ² y Mpa			y suelta)
Cemento - cal	M	176(17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces
	S	127(12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14	
	O	25 (2.4)	75	14	
Cemento de mampostería	M	176(17.2)	75	c	la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	127(12.4)	75	c	
	N	53 (5.2)	75	c	
	O	25 (2.4)	75	c	

FUENTE: Nuevo Manual del Constructor, Edición 2003

CUADRO No. 2.3 Especificaciones por proporciones de los diferentes tipos de mortero.

Especificaciones por Proporciones					
Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)			Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento Portland O mezcla de cemento	Cemento de Mampostería MSN	Cal hidratada o apagada	
Cemento y cal	M	1	—	1/4	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	1	—	de 1/4 a 1/2	
	N	1	—	de 1/2 a 1 1/4	
	O	1	—	de 1 1/4 a 2 1/2	
Cemento de Mampostería	M	1	—1	—	
	M	—	1—	—	
	S	½	—1	—	
	S	—	—1—	—	
	N	—	—1	—	
	O	—	—1	—	

Nota: Nunca deben combinarse dos materiales inclusores de aire en un mortero.

FUENTE: Nuevo Manual del Constructor, Edición 2003

En el cuadro N° 2.4 se muestran los tipos de morteros más utilizados en nuestro medio, según la relación volumétrica y el uso en la obra.

CUADRO No.2.4 . Morteros según su proporción y uso

PROPORCIONES	USO	USO GENERAL
1:1 1:2	Afinados	Acabados en paredes
1:3 1:4 1:5	Pegame nto de	Mampostería
1:6 1:7 1:8	Pisos Juntas de Dilatación	Morteros pobres

Fuente: Montes Arias, Mario W., Apuntes de Planeamiento y Administración de Obras I (El Salvador, UAE, 1991)

2.9.1.6 Arranques

Los cimientos de piedra son los apoyos del muro. Sirven para cargar el peso de ésta estructura , repartiéndolo uniformemente en el terreno sobre el que se encuentra construido.

En zonas donde la piedra es abundante suele aprovecharse ésta como material de cimentación. Para grandes construcciones, es necesario efectuar en un laboratorio de ensayo de materiales, pruebas sobre la resistencia de la piedra de que se dispone.

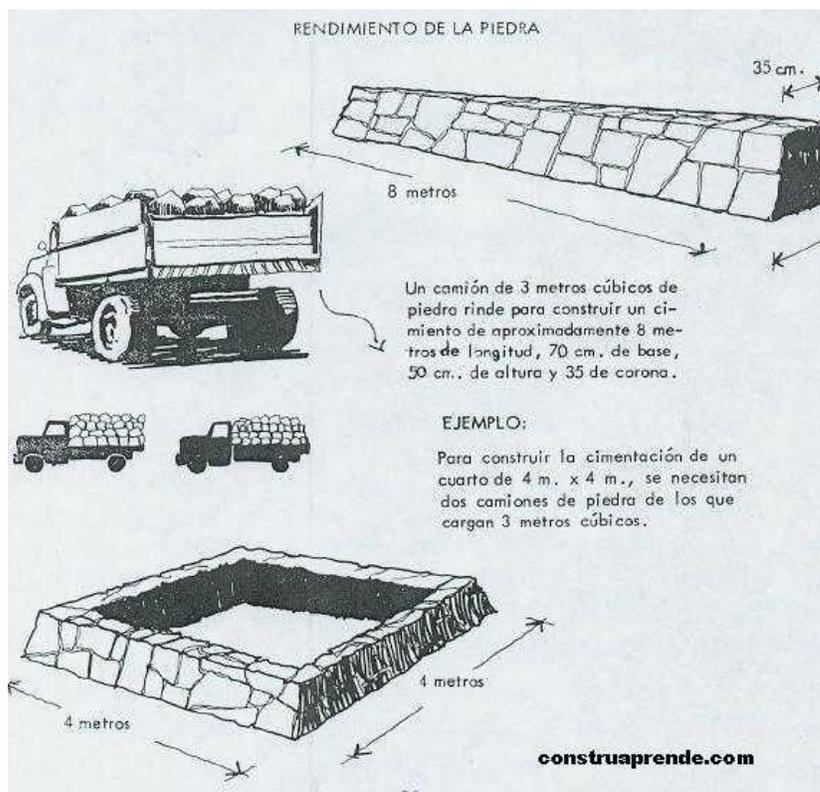


FIGURA No.2.26 Rendimiento de la piedra para la construcción de muros.

Si la piedra del lugar no cumple las características de dureza y resistencia, será necesario traer piedra de otro lugar, tal que cumpla con los requisitos de calidad. Con una camionada de 3 m^3 de piedra se puede construir 2.1 m^3 de muro, es decir que el rendimiento de la piedra para la construcción de muros es de 70%, como lo muestra la figura No.2.26. Tratándose de construcciones sencillas, en la mayoría de casos resulta suficiente efectuar la prueba de percusión, golpeando simplemente la piedra con cualquier martillo o burdamente con una maceta y se pone atención al ruido que se produce. Si

este es hueco y sordo, la piedra es blanda, mientras que si es agudo y metálico, la piedra es dura.

Las juntas de mortero no exceden de 2.5 cm y cuando por lo amorfo de las piedras queden espacios mayores que 3 cm, acuñar con piedras pequeñas o rojuelas del mismo material; por lo general, se emplea mortero de cal y arena 1: 3: ó 1: 5.

2.9.1.7 Acabados

Esta etapa es la última en la construcción del muro, aunque su proceso se desarrolla desde la colocación de la primera hasta la última piedra. Para la buena apariencia del muro se debe procurar lo siguiente:

- Se procurará que la parte vista del muro esté comprendida por la cara relativamente plana de las piedras, es decir el lado que posee la superficie más regular, con el fin de darle una mejor estética al muro. Al ser necesario habrá que labrar un poco la cara que constituirá el paramento exterior donde va la cara vista de la piedra.
- Las juntas deberán ser afinadas por medio de una llana con el fin de dejar una superficie uniforme entre éstas y las piedras, lo cual, también da mejor estética en el acabado del muro o según se conciba arquitectónicamente.

Si se desea, las juntas pueden sobresalir de la superficie del muro aproximadamente 2cm, con el objeto de formar una especie de vena decorativa.

2.9.2 Muros de Mampostería de bloques

2.9.2.1 Trazo

El procedimiento para realizar el trazo, es igual a lo descrito en el ítem 2.9.1.1, con la excepción que para éste tipo de muro, luego de haber definido el eje de la primera hilada ya no es necesario trazar nuevamente éste eje en diferente elevación ya que basta con la nivelación y plomeo de las hiladas posteriores.

2.9.2.2 Excavación

Antes de comenzar a excavar, ubicar correctamente las obras a ejecutar por medio del trazo.

- Tratándose de zanjas para cimientos, las dimensiones vienen marcadas desde el trazo; y en el control de la obra deberá cuidarse que la profundidad de la excavación sea la señalada en los planos.
- Esto puede verificarse midiendo profundidades de excavación con un escantillón, desde un nivel específico, marcado en niveletas que circundan el trazo de la fundación a medida que se profundiza y el fondo, hasta donde se esté definiendo una cota o la que esté establecida como cota de fondo.

- Deberá tenerse cuidado de no sobreexcavar o sobrepasar la cota de fundación a menos que las especificaciones técnicas lo requieran para algún proceso de compactación.
- Aumentar el ancho de la excavación 50cm por cada lado, con el fin de proporcionar una área de trabajo para que el obrero pueda manipular con libertad los materiales necesarios para el moldeo de la fundación del muro.
- En algunos casos cuando las condiciones no permiten la colocación de moldes para la base del muro, se realiza la excavación, de manera que ésta defina las dimensiones de la fundación del muro.

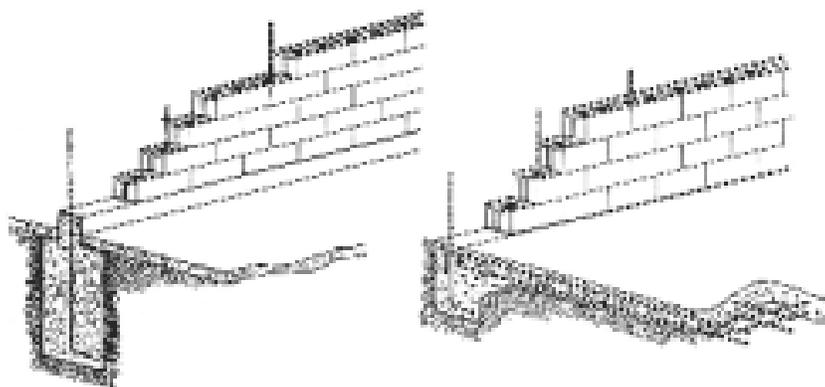
2.9.2.3 Nivelación

Esta operación es necesaria para llegar a la elevación definida en los planos. En algunos casos, cuando el suelo no cumple con la resistencia requerida, es necesario sustituirlo por medio de la compactación, la cual se llevará a cabo respetando las elevaciones establecidas.

2.9.2.4 Fundación

Generalmente la fundación para muros de mampostería de bloques se hace sobre una placa hecha de concreto reforzado. Se construye la cimentación, colocando los anclajes para armadura vertical según las

ubicaciones señaladas en los planos estructurales, los cuales sobresalen 60 cm ó 1.20 m (ver figura No.2.27) alternativamente; instalaciones eléctricas, las cajas de pase y tuberías; instalaciones hidráulicas, los pases y/o tuberías.



Cimiento Corrido o Losas de Concreto

FIGURA No.2.27 Anclaje para armadura vertical en muros de mampostería de bloques

2.9.2.4.1 Armadura

El proceso de armado del refuerzo horizontal como el vertical se puede dividir en tres pasos:

a) Corte, el cual consiste en lo siguiente:

- Determinar la longitud a utilizar de la varilla, tomando en cuenta la longitud y el anclaje que se les proporcionará.
- Marcar ésta longitud preferentemente con crayón.
- Para varillas de hasta 5/8" de diámetro, el corte puede efectuarse con sierra de carbono con marco.

- El corte, por medio de maquinaria, se hace desplazando las sierras sobre un soporte vertical cayendo sobre el hierro que se ha fijado sobre la mesa de sierra. Esta maquinaria es accionada por energía eléctrica.
- Para el corte de las varillas, es usual, también, utilizar el cortafrío. (Ver Fig. 2.28)

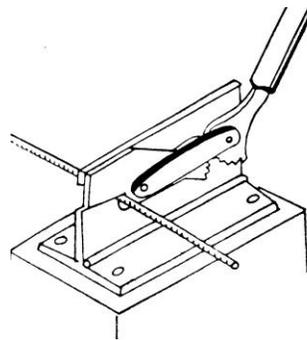


FIGURA No. 2.28 Cortafrío

b) Doblado de varillas: (procedimiento)

- Deberá cortarse la varilla a doblar según las dimensiones adecuadas que incluyen los ajustes de alargado por doblez lo cual redundará en un acortamiento de la pieza para obtener la medida exacta y correcta necesitada, por ejemplo, en ganchos y estribos.
- Para varillas de hasta 1" de diámetro, podrá doblarse en un banco de armador por medio de un aparato que consta de puntos fijos, en los cuales se apoya una palanca que al hacerla girar con la grifa dobla el hierro. (Ver fig. 2.29)

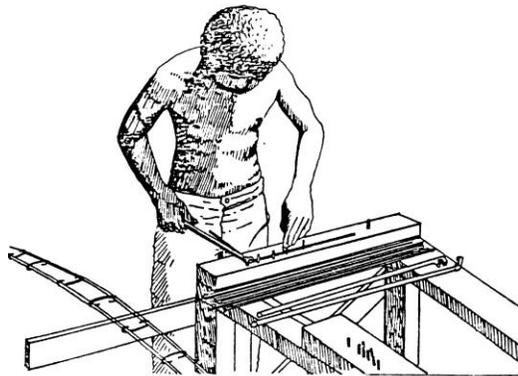


FIGURA No. 2.29 Banco de armador

- Para doblar estribos se acostumbra usar pernos sujetos en el banco de armador, los cuales tienen la configuración específica para conformar el estribo, de acuerdo con planos estructurales. A esto se le denomina trazo, (ver fig. 2.30)

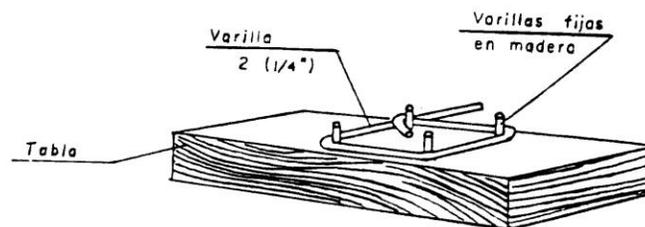


FIGURA No.2.30 Pernos para doblado en banco de armador

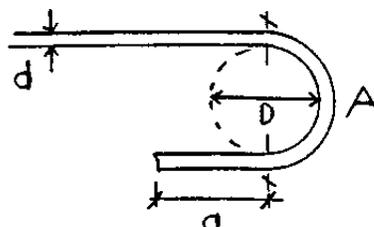
- Para dobleces de patas o anclajes podrán realizarse con grifas, acoplando las varillas a una abertura del extremo de éstas, que se ajuste al diámetro de las varillas por doblar. Esto puede hacerse fácilmente hasta con varillas de 1" de diámetro.

- Para varillas con diámetro de más de 1" resultará más fácil la utilización de máquinas dobladoras.

Los cuadros 2.5, 2.6, 2.7, detallan los dobleces de varilla y las correspondientes dimensiones y ángulos.

CUADRO 2.5 Detalles para doblez de 180°

Diámetro de var.	A (cm)	D(cm)	a(cm)
1/4"	5.98	3.81	6.5
3/8"	8.98	5.72	6.5
1/2"	11.97	7.62	6.5
5/8"	14.96	9.53	6.5



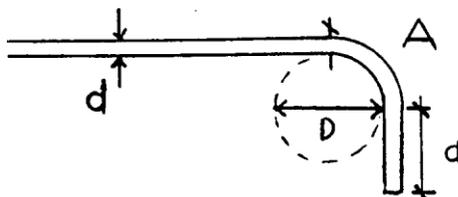
$$D = 6d \text{ (} 1/4'' \text{ a } 1'' \text{)}$$

$$D = 8d \text{ (} 9/8'' \text{ a } 11/8'' \text{)}$$

$$a = 4d, \text{ pero no menor que } 6.5\text{cm.}$$

CUADRO 2.6 Detalles para doblez de 90°

Diámetro de var.	A (cm)	D(cm)	a(cm)
1/4"	5.98	3.81	6.5
3/8"	8.98	5.72	6.5
1/2"	11.97	7.62	6.5
5/8"	14.96	9.53	6.5



$$D = 6d \text{ (1/4" a 5/8")}$$

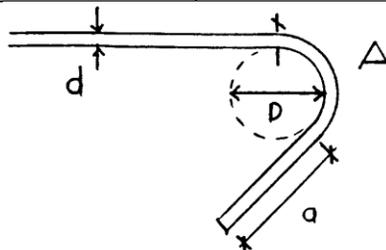
$$D = 8d \text{ (9/8" a 11/8")}$$

$$a = 6d \text{ (1/4" a 5/8")}$$

$$a = 12d \text{ (3/4" a 1")}$$

CUADRO 2.7 Detalles para doblz de 135⁰

Diámetro de var.	A (cm)	D(cm)	a(cm)
1/4"	3.99	3.81	6.5
3/8"	5.98	5.72	6.5
1/2"	7.98	7.62	7.62
5/8"	9.97	9.53	9.53



$$D = 6d \text{ (1/2" o más)}$$

$$a = 6d \text{ (1/2" o más)}$$

c) Colocación (procedimiento).

- Los elementos cuyas dimensiones sean tales que permitan su fácil transporte, pueden armarse en un lugar adecuado, y llevadas ya armadas por medio de grúas u obreros.

- Colocar el elemento con precisión.
- La conformación o armado de los elementos se hace uniendo las varillas con alambre de amarre, dándole la forma que se especifica en los planos (ver figura No.2.31).

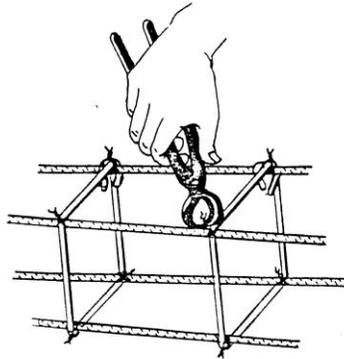


FIGURA No. 2.31 Amarre de elementos

- Asegurarlo con los soportes (por ejemplo pedazos de varilla) necesarios para prevenir cualquier tipo de desplazamiento antes de colocar el molde y el concreto.
- Los separadores, tienen espesor igual al recubrimiento especificado del elemento en cuestión.
- Si la armadura es de grandes dimensiones, es necesario armarla en su lugar de colado, ya que movilizar grandes estructuras puede causar accidentes y deterioro de ésta.
- En el colado de fundaciones, en los cuales sobresalen armaduras verticales, por ejemplo pedestales, nervios o bastones, se dará el plomo a éstos y se mantendrá por medio de "vientos" de alambre o varillas. Si

es necesario hacer empalmes, en las varillas de hierro, éstos se realizarán de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Realizar un dobléz tal, que permita el acople de las dos varillas, si la unión se hará con alambre, (ver fig. 2.32) .

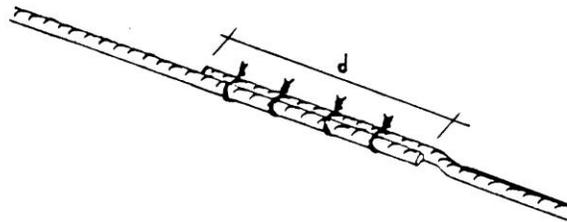


FIGURA No.2.32 Empalme de varillas

- Generalmente el alambre utilizado de hierro dulce es de 1, 1 1/2 y 2 milímetros de diámetro respectivamente.
- Luego de juntar las dos varillas, se hace un amarre con alambre, utilizando un alicate para su retorcido y se corta dejando una espiga saliente de unos 2 cm a 3 cm.
- Puede usarse soldadura para empalmes, en tal caso se hará soldando las varillas a tope, es decir, uniendo las dos varillas por sus puntas sin dejar traslape. Esto se hará solamente si el ingeniero residente y la supervisión lo autorizan.
- La soldadura se aplicará a todo lo largo del diámetro del empalme, y el electrodo será el especificado.

- Es una práctica ya muy común en construcciones importantes que para hacer traslapes se usan grapas de unión puestas con máquinas de alta presión lo cual garantiza que no habrá deslizamiento en ningún caso de sollicitación por tracción.

2.9.2.4.2 Mezcla y transporte del concreto

Todo concreto se debe mezclar completamente hasta que sea uniforme en apariencia, con todos sus ingredientes distribuidos equitativamente. Los mezcladores no deben ser cargados por encima de sus capacidades, y deberán ser operados aproximadamente a la misma velocidad para la cual fueron diseñados. Si el concreto ha sido mezclado adecuadamente, las muestras que se tomen de distintas porciones de una mezcla tendrán los mismos pesos volumétricos, contenidos de aire, revenimientos, y contenidos de agregado grueso. Las máximas diferencias permisibles en resultados de pruebas de una mezcla están en la norma de la ASTM C94.

En ocasiones el concreto se mezcla en el lugar de la obra, por medio de un mezclador estacionario, dentro de los cuales se incluyen los mezcladores en el lugar y los mezcladores centrales de las plantas de concreto premezclado. Muchos mezcladores estacionarios cuentan con dispositivos para medir el tiempo, algunos de los cuales pueden ser regulados para un cierto tiempo de mezclado y asegurados para que la mezcla no se pueda descargar sino hasta que haya transcurrido el tiempo designado. Las especificaciones comúnmente

establecen un minuto como tiempo de mezclado mínimo para mezcladores estacionarios de hasta 765 litros de capacidad, con un aumento de 15 segundos por cada 765 litros de capacidad, adicionales, o fracción de esa cantidad.

El período de mezclado debe medirse desde el momento en que todo el cemento y el agregado se encuentren en el tambor mezclador, a condición de que toda el agua se agregue antes que transcurra un cuarto de tiempo de mezclado.

Bajo condiciones normales, hasta aproximadamente un 10% del agua de mezclado se debe colocar en el tambor antes que se agreguen los materiales sólidos. Entonces el agua se debe vaciar con los materiales sólidos, dejando aproximadamente un 10% para agregarle después que todos los demás materiales se encuentren en el tambor.

Si se utilizan aditivos retardantes o reductores de agua, deberán agregarse en la misma secuencia en el ciclo de carga. De otra manera podrían presentarse variaciones de importancia en el tiempo de fraguado inicial y en el porcentaje de aire incluido. La cantidad de aditivo necesitado, deberá completarse dentro del primer minuto después que se haya completado la adición del agua al cemento o con anterioridad al inicio de los últimos tres cuartos del ciclo del mezclado, cualquiera que ocurra primero. Si en la misma mezcladora de concreto se usan, dos o más aditivos, éstos deberán ser agregados por separado para evitar cualquier posible interacción que interfiera

con la eficiencia de cualquiera de los aditivos y afecte de manera adversa al concreto.

2.9.2.4.3 Colado del concreto

Es la operación que consiste en depositar el concreto en el lugar adecuado para conformar el volumen de la estructura que se desea, mediante procedimientos cuidadosos. Por ejemplo, colados de estructuras horizontales como vigas, losas, soleras; estructuras verticales como nervios, alacranes y columnas, o fundaciones como zapatas y soleras de fundación. Los métodos comúnmente utilizados para el colado del concreto son tres: el colado manual, el bombeado y el lanzado. El procedimiento es el siguiente:

- Antes del colado se debe revisar que las conexiones eléctricas funcionen bien para el uso de vibradores.
- En el caso del colado de fundaciones, remojar la sub-rasante, verificar que el fondo esté nivelado, y sin tierra suelta que pueda contaminar la mezcla de concreto.
- Para estructuras en general, verificar la limpieza en los moldes y su buen apuntalamiento; si estos son de madera, humedecerlos poco tiempo antes del colado para evitar contracciones.
- Verificar que el molde, ya sea de madera o metálico, sea impregnado previamente en su interior con un desmoldante que podría ser aceite

quemado, para facilitar el desencofrado. El hierro de refuerzo no debe estar contaminado con éste.

- En el colado de fundaciones o elementos estructurales en los que la colocación del concreto pueda hacerse desde una altura no mayor que 1.5 m, éste podrá ser transportado en carretillas y colocado por medio de éstas mismas, baldes o palas .
- Para colados de elementos verticales desde una altura mayor que 1.50 m, puede utilizarse bomba, la cual hace llegar el concreto por medio de una manguera hasta el lugar deseado.
- Se espera que el concreto llene totalmente la estructura a colar, tratando de eliminar las cavidades o colmenas que debilitan el elemento estructural en su resistencia y durabilidad.
- Acomodarlo mediante el uso de vibradores o varillas No.3 ó No.5 con punta redondeada.
- La manguera de la bomba deberá cebarse debidamente antes del colado.
- El revenimiento del concreto deberá ser el especificado para el tipo de estructura que se va a colar.

2.9.2.5 Colocación de bloques

Para la correcta colocación de las piezas de mampostería se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Trazar los muros ubicando los bloques cerrados de los extremos y determinando el bloque que quede más alto, para con él establecer el nivel de las primeras hiladas de todos los muros. (ver figura No.2.33)



FIGURA No. 2.33 Establecimiento del nivel de las primeras hiladas

- El asentado, es labor de un albañil capacitado, y se requerirá de un cordel para alinear, una regla (todas serán de un aluminio pesado) de sección 3/4" ó 1" x 6" x 6 m. y dos niveles de precisión. Se iniciará con el bloque más alto sobre medio centímetro de mortero (1:1/2:4) siguiendo con todos los demás bloques de los extremos de los muros, debiendo quedar sus alas niveladas entre sí. (ver figura No.2.34)



FIGURA No.2.34 Revisión de nivel de hiladas

- Se obtendrá que la parte superior de todos los bloques externos de los muros queden nivelados entre sí, en forma precisa en un sólo plano horizontal.
- Alineados con el cordel se asientan los bloques de la primera hilada nivelándose sobre mortero.(ver figura No.2.35)



FIGURA No. 2.35 Colocación de la primera hilada.

- Verificar la nivelación horizontal de la primera hilada certificando con una regla, de 1 1/2" x 2" x 2 a 4 m., que las alas de todos los bloques de las primeras hiladas de cada muro estén todas en el mismo plano horizontal.(ver figura No.2.36)



FIGURA No.2.36 Nivelación de primera hilada

- Verificar el alineamiento vertical de las primeras hiladas de todos los muros con una regla de 1 1/2" x 2" x 2 a 4 m.

De esta manera se terminarán las primeras hiladas de todos los muros.

- Debe marcarse en los bloques de la primera hilada la ubicación de los anclajes de modo tal que sirvan de guía cuando se coloquen las varillas verticales luego de completar el muro en toda su altura.(ver figura No.2.37)

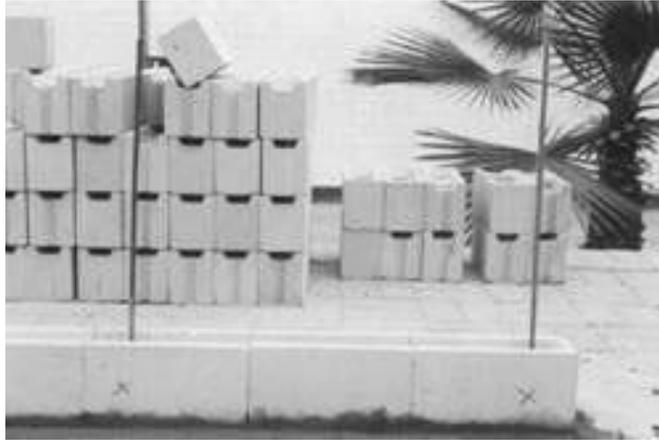


FIGURA No.2.37 Marcación de la ubicación de los anclaje

- Se procede a apilar los bloques de las hiladas siguientes. Esta labor al realizarse con bloques autoalineantes es muy simple y no necesita cordel ni plomada, se realiza con personal que no requiere la calificación de albañil, el cual con un aprendizaje de 4 a 8 horas puede alcanzar el rendimiento correspondiente a estos muros apilados. A cada persona se le proporciona una regla de 1.50 m a 2 m x 3/4" x 2", con la cual cuidará de mantener el alineamiento del muro.
- Los bloques deben colocarse uno junto al otro, de modo tal que el pequeño canal vertical en un extremo quede contra la cara plana del bloque contiguo. Los bloques se colocan de esta manera para permitir que el concreto líquido ingrese en el pequeño canal vertical y completamente la unión entre bloques.

- A medida que se construyen las siguientes hiladas, se irán colocando los refuerzos horizontales en el canal, en la ubicación indicada por los planos de diseño estructural.(ver figura No.2.38)



FIGURA No.2.38 Colocación de refuerzo horizontal

- Terminado el apilado de toda la altura, se verifica la correcta verticalidad del plano del muro por sus dos caras. Para efectuarla se debe tener una escuadra de 0.80 m x 2.40 m de perfiles de aluminio pesado con una sección de 3/4" x 2". Certificar la verticalidad del muro, colocando una regla en diagonal. (ver figura No.2.39 y No.2.40)



FIGURA No.2.39 Verificación de verticalidad



FIGURA No.2.40 Verificación de verticalidad

- En el caso que se observe que algunos bloques sobresalgan del plano vertical, se le da un leve golpe con una comba de cabeza de caucho, de manera tal que estos tomen con toda precisión su ubicación.(ver figura No.2.41)



FIGURA No.2.41 Alineamiento de los bloques

2.9.2.6 Llenado de bloques

- Concluido el apilado de los bloques en toda su altura, colocar la armadura vertical en coincidencia con los anclajes dejados en la cimentación.
- Se procede a llenar con lechada de arena cemento todos los alvéolos y canales del muro, comenzando siempre por el alvéolo de un extremo, avanzando de uno en uno hacia el otro extremo, cuando el concreto llegue al nivel superior de cada alvéolo. (ver figura No.2.42)



FIGURA No. 2.42 Llenado de bloques

- La lechada para llenado de bloques, es una mezcla de cemento -arena en proporción de 1:3 a 1:4 según diseño estructural. El revenimiento mínimo es de 11 pulgadas. La cantidad de agua que se agrega, según dosis indicadas, es indispensable para garantizar que, en el proceso constructivo, se llenen íntegramente todas las cavidades del muro.
- El exceso de agua es tomado por la capacidad absorbente de los bloques, conforme la lechada va llegando a su posición definitiva, lográndose así que sólo quede el mínimo de agua necesitada para adquirir la resistencia especificada.

- La lechada deberá prepararse en mezcladora y mantenerla en su mismo estado de fluidez hasta vaciarlo a los muros (retemplándolo si fuere necesario).
- Para tener la seguridad de que se mantenga la composición obtenida en el mezclado de la lechada, se han fabricado unas “mezcladoras finales”, que se colocan en un andamiaje apropiado, en el que discurren paralelamente al muro y de las cuales se vierte la lechada directamente a este; las mezcladoras son alimentadas mediante latas concreteras.

2.9.2.7 Acabados

En muros de mampostería de bloques los acabados pueden ser de varios tipos, estos son:

a) Repellos

- Los repellos, se harán con mortero de cemento y arena con las mismas especificaciones que se usan para pegar ladrillo, pero en las proporciones de una de cemento por tres de arena, o una de cemento por cuatro de arena, según las indicaciones que se presenten en los planos.
- Los repellos, al estar terminados, deben quedar limpios, parejos, a plomo, sin manchas y con las esquinas vivas, y serán mantenidos húmedos por un período de 5 días.

- Antes de repellar deberán limpiarse y mojarse las paredes, y cuando haya que repellar estructuras de concreto deberán picarse previamente para la mejor adherencia del repello.

b) Afinados

- Los afinados se harán con una mezcla de una parte de cemento por una de arena cernida en un tamiz de 1/32" ó 1/64", se realizará con un acabado a llana de metal o madera seguido de un alisado de esponja.
- No se ejecutará ningún trabajo de afinado si no se ha procedido a resanar los repellos defectuosos.
- Cuando se hayan hecho perforaciones en las paredes para colocar tuberías después de afinada la pared, debe de afinarse nuevamente todo el paño completo con el objeto de no dejar manchas o señas de reparación.

c) Azotados

- Las partes que llevarán azotados estarán señaladas en los planos y se usará una mezcla de cemento gris y granilla de 1/8" a 1/4" de diámetro, en la proporción de 1:2 en volumen, las zonas en donde se aplicará el azotado debe estar repellado y húmedo y su colocación será sin interrupciones.

d) Pulido

- Las superficies a pulir, deberán estar previamente repelladas y mojadas hasta la saturación. El pulido se hará con pasta de cemento gris y su acabado final se logrará alisando la superficie con una esponja.

Previo a la ejecución del acabado en los muros de mampostería de bloques de concreto, se debe de hacer una limpieza a la pared limpiándola de manchas y escurrimientos de mezcla con un cepillo áspero y luego realizar el sisado de las juntas. El sisado asegura juntas a prueba de agua y un aspecto nítido en la pared, tapial o muro. El sisado, compacta la mezcla y la fuerza contra los bloques en ambos lados de la junta.

2.9.3 Muros de concreto reforzado

2.9.3.1 Trazo

El trazo para éstos muros, se realiza de la misma forma que para los muros de mampostería de piedra (item 2.9.1.1), con la excepción del trazo en elevación, ya que luego de haber identificado los puntos básicos en las niveletas y la colocación de los hilos se procede a la instalación de los moldes que darán la forma al muro, tal como lo especifican los planos.

2.9.3.2 Excavación

El procedimiento para la excavación en muros de concreto reforzado es similar al de los muros de bloques de concreto, ya que es necesario excavar una área que incluya el ancho de la fundación y el área de trabajo de los obreros.

2.9.3.3 Nivelación

Este procedimiento es importante, ya que éste tipo de muros son elementos monolíticos, por lo que la nivelación determinará la posición de los moldes que darán forma al muro. Los procedimientos para llevar a cabo la nivelación son los mismos descritos para el caso de los muros anteriores.

2.9.3.4 Armado de refuerzo horizontal y vertical

La distribución del hierro de refuerzo está definida en los planos estructurales de acuerdo con el diseño. Para ejecutar correctamente esta actividad se deben respetar los pasos descritos anteriormente (ítem 2.9.2.4.1), los cuales son: corte, doblado y colocación del hierro de refuerzo.

2.9.3.5 Moldeo

Consiste en crear las formaletas de madera u otro material para el colado de los diferentes elementos de la estructura.

Las formaletas o moldes, deberán ajustarse a las formas, líneas y dimensiones de los miembros como se indica en los planos; éstos serán contruidos de manera que las juntas no permitan la salida de los elementos finos como la lechada. Además, se proveerán de cuñas y otros dispositivos que permitan la fácil remoción de los moldes sin dañar la estructura al momento del desenfocado.

Los moldes deberán estar lo suficientemente arriostrados, de manera que puedan soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos y deformaciones. El diseño y construcción* de los moldes, encofrados, cimbras, formaletas, se pueden apegar a las disposiciones establecidas por la norma ACI – 347.

2.9.3.6 Mezcla y transporte del concreto

La mezcla del concreto para este tipo de muros no es recomendable realizarla en la obra, ya que por los volúmenes que se requieren para la construcción del muro, el mezclarlo en el sitio no permitiría un colado continuo y las características de cada mezclado no serían similares, por lo que es mejor adquirir concreto premezclado en una planta. Los requisitos para estas actividades se describen en las especificaciones técnicas (ítem 2.9.2.4.2).

* Ver. Peurifoy, Diseño de encofrados. Ed. Reverté. 1ª Edición. España.

2.9.3.7 Colado del concreto

De manera similar a lo descrito en el ítem 2.9.2.4.3 el procedimiento para realizar el colado de un muro de concreto reforzado debe de llevar las consideraciones. Se busca que el colado se realice de manera continua, por lo que se recomienda hacerlo por medio de bombeo, con el fin de evitar la aparición de juntas frías como de construcción, las cuales pueden generar falla en el muro.

2.9.3.8 Acabados

Para este tipo de muros no se requiere de un acabado especial, a lo sumo, si se desea, se puede efectuar lo siguiente:

a) Repellos

- Los repellos se harán con mortero de cemento y arena con las mismas especificaciones que se usan para pegar ladrillo, pero en las proporciones de una de cemento por tres de arena, o una de cemento por cuatro de arena, según las indicaciones que se presenten en los planos.
- Los repellos al estar terminados deben quedar limpios, parejos, a plomo, sin manchas y con las esquinas vivas, y serán mantenidos húmedos por un período de 5 días.

- Antes de repellar deberán limpiarse y mojarse la superficie y deberá picarse previamente para la mejor adherencia del repello.

b) Afinados

- Los afinados se harán con una mezcla de una parte de cemento por una de arena cernida en un tamiz de 1/32" ó 1/64", se realizará con un acabado a llana de metal o madera seguido de un alisado de esponja.
- No se ejecutará ningún trabajo de afinado si no se ha procedido a resanar los repellos defectuosos.
- Cuando se hayan hecho perforaciones en las paredes del muro para colocar drenajes después de afinada la pared, debe de afinarse nuevamente todo el paño completo con el objeto de no dejar manchas o señas de reparación.

2.9.4 Drenajes

Uno de los problemas más frecuentes en los muros de retención, es mantener seco el relleno, lo cual se logra evitando que el agua penetre al relleno y/o sacando el agua de este a través de drenes o filtros.

Cuando se trata de arcillas expansivas o rellenos difíciles de drenar, hay que evitar que el agua penetre al relleno, localizando primero el lugar de donde proviene el agua y luego desviándola para alejarla del relleno; si el agua se

filtra por la superficie del relleno, este se puede pavimentar con una capa flexible e impermeable de asfalto o arcilla plástica. En todo caso, se debe colocar drenaje superficial y dar atención al agua que penetra por las grietas que se forman por la parte superior entre el muro y el relleno. Si el agua proviene de filtraciones subterráneas, se colocan drenes interceptores para impedir que el agua penetre al relleno.

Para evacuar el agua del relleno se pueden construir drenes de diferente tipo; para muros de mampostería de piedra o concreto reforzado el drenaje se logra dejando simplemente huecos para evacuar el agua a través del muro (ver figura No. 2.43). Estos huecos deberán tener un diámetro mínimo de 4 pulgadas para facilitar su limpieza, separados estos a una distancia entre 1.5m a 2.0m tanto horizontal como verticalmente.

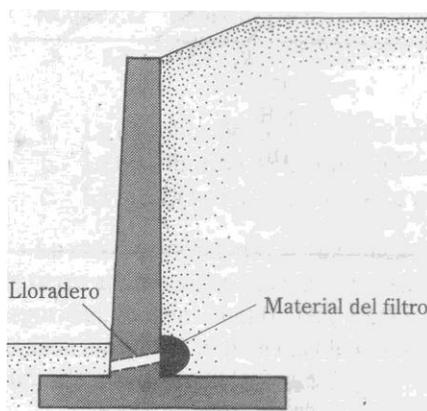


FIGURA No.2.43 Huecos o aliviaderos en los muros

Cuando el relleno es arena gruesa, se pueden colocar pequeños filtros de grava en la entrada del hueco, para impedir que se obstruya con la arena (ver figura No. 2.44). Este sistema tiene la desventaja de descargar el agua en la base del muro, en donde las presiones de la cimentación son mayores.

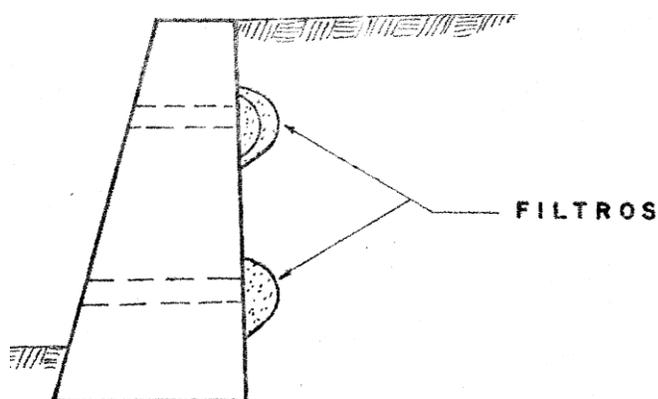


FIGURA No. 2.44 Empaque de grava detrás de los aliviaderos

Otro sistema de drenaje consiste en colocar paralelamente a la base del muro, una zanja de filtración, en cuyo interior se instalan tubos perforados de 8 pulgadas de diámetro con registros en sus extremos para su limpieza (ver figura No. 2.45).

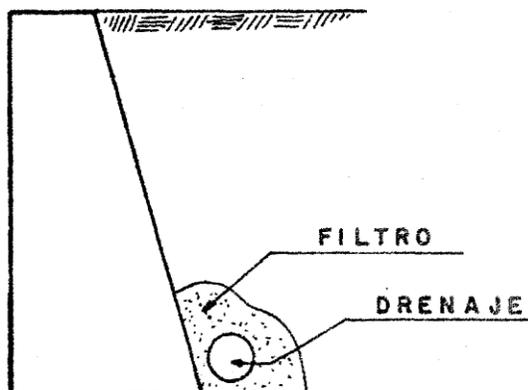


FIGURA No. 2.45 Filtro paralelo al muro

Cuando el relleno esté formado por arenas limosas o limos, que son de baja permeabilidad, podrá mejorarse el sistema de drenaje agregando un filtro inclinado que drene todo el relleno.(ver figura No.2.46)

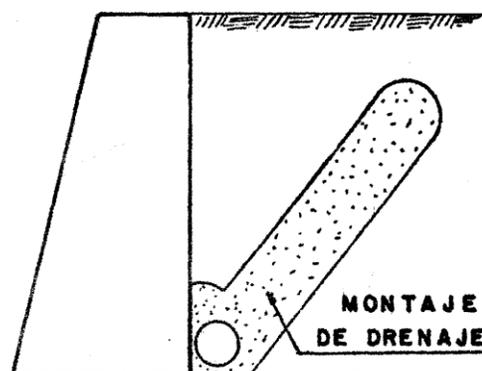


FIGURA No.2.46 Filtro inclinado

Para muros de mampostería de bloques, los huecos en estos se logran dejando un espacio de 1 pulgada entre bloque y bloque. Estos espacios se ubicarán a cada tres bloques en todas las hiladas (ver figura No.2.47)



FIGURA No.2.47 Huecos para drenaje en muros de mampostería de bloques de concreto

Existen también los drenajes verticales creados por medio de la colocación de mallas de geotextil, las cuales irán en la interfase suelo/muro, este sistema está compuesto por tres elementos:

- Impermeabilización

La impermeabilización sólo es eficaz si está protegida contra las acciones mecánicas de instalación o de trabajo y si no está sujeta a presiones hidrostáticas. Por lo tanto es esencial un sistema drenante eficiente.

- Drenaje vertical

El drenaje colocado entre la estructura y el suelo debe desempeñar las funciones de conducción de las aguas de percolación e infiltración hacia el colector longitudinal y proteger la impermeabilización contra daños.

- Sistema colector drenante

Está compuesto por un tubo perforado colocado en la parte inferior de la superficie a ser drenada, envuelto por material filtrante. Su función es conducir hacia la red principal de drenaje las aguas recibidas del dren vertical. El drenaje es un elemento extremadamente importante para las estructuras en contacto con suelos, como edificios, contenciones, túneles, etc., pues tiene la función de aliviar las presiones hidrostáticas que actúan sobre la estructura, contribuyendo por lo tanto a su estabilidad. Cuando la impermeabilización no está especificada en el diseño, el drenaje, también debe proteger la estructura contra infiltraciones. (ver figura No.2.48).

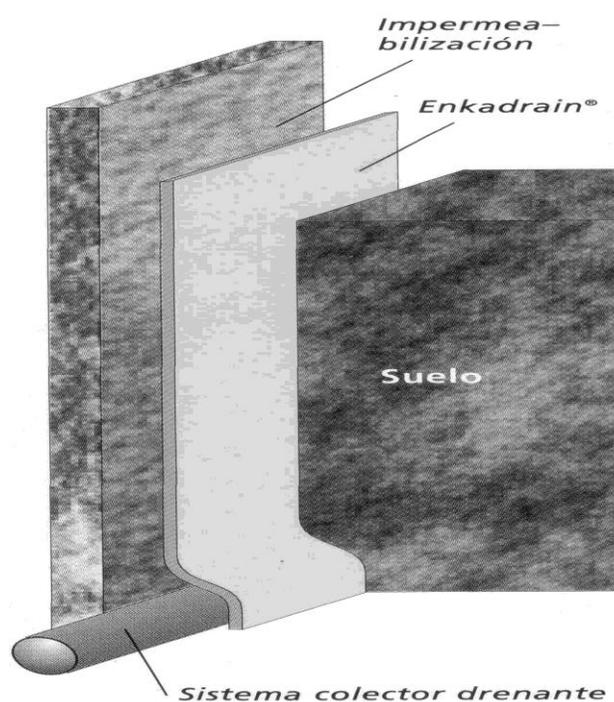


FIGURA No.2.48 Dren vertical con geotextil

2.9.5 Especificaciones para muros de retención tradicionales

Las presentes especificaciones técnicas, corresponden a la construcción de muros de mampostería en general, y están en concordancia con los planos constructivos, los cuales deben considerarse complementarios.

Para el buen desarrollo de la obra se exige el fiel cumplimiento de los planos constructivos como de las presentes especificaciones técnicas o consultarlo con el supervisor antes de ejecutar cualquier cambio.

➤ Trazo y nivelación.

- Materiales

El constructor proporcionará el equipo, material y todo lo necesario para el trazo correcto de toda obra. Los materiales que servirán para dejar marcado el trazo son los siguientes : costanera de pino, regla pacha, clavos de 2 1/2 pulgadas y cordel nylon.

- Ejecución

- El constructor establecerá los bancos de marca necesarios en lugares que no sean afectados por las construcciones, serán niveles provisionales a una altura conveniente que no afecta la nivelación final. El encargado de la obra, trazará las rasantes y dimensiones de la obra de acuerdo con las medidas y niveles

marcados en los planos o los que se ajustan adecuadamente a la obra. Si los planos no indican o detallan el trazo, la obra deberá adecuarse a la mejor condición del terreno natural, tomando en cuenta los drenajes naturales reduciendo la tercería a fin de minimizar los costos. Para realizar el trabajo se deberá utilizar el equipo de topografía y personal idóneo, a menos que el supervisor autorice otros procedimientos.

- Se establecerán los niveles y perfiles indicados, dejando niveles provisionales a una elevación tal que con la adición del concreto se obtengan los niveles finales mostrados en los planos.

- Forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro lineal.

➤ Excavación.

- El Contratista hará toda la excavación necesaria, según se especifique, para las edificaciones y las fundaciones mostradas en los planos.
- La excavación final para las fundaciones se hará a mano.

- No se permitirá tierra suelta bajo las fundaciones, cimientos y otras estructuras, así como tampoco se permitirá el relleno, a menos que se indique lo contrario en los planos o así sea determinado por la Supervisión de campo al verificarse las condiciones existentes del subsuelo. Si la tierra se excava por error a un nivel más bajo que la profundidad requerida, la excavación no se pagará y deberá ser rellenado con material adecuado y compactado correctamente, por cuenta del contratista.
 - Toda capa de tierra vegetal, que se encuentre durante la excavación será almacenada en montones para ser usada únicamente en la nivelación firme de áreas de jardines, y sólo se desalojará con autorización de la supervisión sino existiera el espacio suficiente dentro de los límites del proyecto.
 - Deberá mantenerse en el terreno suficiente tierra para llenado y para nivelación preliminar según sea necesario.
-
- Medida y forma de pago
La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³)

➤ Compactación con suelo cemento

- Descripción.

Para mejorar las condiciones de carga y aumentar el peso volumétrico del suelo, se utilizará suelo-cemento en el sitio donde se desplante para la construcción de estructuras y siempre que el supervisor lo considere necesario.

- Materiales.

Los materiales utilizados para el relleno compactado será la tierra blanca, cemento portland y agua, utilizando el porcentaje de humedad óptimo para lograr la compactación.

- Proporción

La proporción que se utilizará para la preparación del suelo cemento será 1:30, es decir 1 bolsa de cemento más 30 cantidades iguales de tierra blanca.

- Pruebas del laboratorio

Se podrán utilizar distintos métodos de compactación en el laboratorio para conocer y mejorar las propiedades mecánicas del

suelo, entre ellos el Proctor T-99 o el Proctor T-180. El laboratorio deberá indicar el grado de compactación y porcentaje óptimo para alcanzar tales compactaciones.

- Grado de compactación

Toda compactación deberá alcanzar un valor no menor que 85% de la densidad máxima absoluta obtenida en el laboratorio, siguiendo con los procedimientos específicos en la norma de la AASHTO T-180.

El contenido de humedad de todos los materiales en el momento de la compactación, será el necesario para obtener la densidad requerida para alcanzar esta compactación, se podrán utilizar métodos de compactación mecánica o manual.

- Preparación

Se preparará el suelo cemento con la proporción antes indicada; la mezcla preparada se revolverá con pala, de manera que la mezcla de suelo cemento quede homogénea, se añadirá agua por rociado, de manera que se alcance el porcentaje de humedad óptima y el grado de compactación requerido. Se evitará que el suelo cemento quede reseco o muy saturado, debido a que en ambos casos no se puede compactar bien.

- Control de densidad

El grado de compactación requerido, deberá ser realizado con pruebas de densidad de campo, utilizando el método del cono de arena. Un grado de compactación mayor que 100% obtenidas en el campo, indicará que se ha mejorado la compactación de laboratorio.

- Ejecución

Las zonas excavadas en la base de los muros, deberán ser compactadas con suelo cemento con la proporción y espesores indicados en los planos deberán.

Cuando los estudios de suelos indiquen que el suelo que soportara la zapata no tiene suficiente capacidad de cargar, el ejecutor, deberá tomar las medidas necesarias para asegurarse que estos no sufrirán ningún tipo de asentamiento diferenciales que puedan dañar la estructura.

- Forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³)

➤ Compactación con material selecto

- Descripción

La compactación con material selecto, será utilizado para compactar en zapatas, muros de retención, estribos, aletones, zanjas, guarda niveles, etc.

- Materiales

El material utilizado para el relleno será del sitio o material granular no plástico, transportado de bancos fuera de la obra, aprobados por el supervisor. Deberá retirarse del material las piedras mayores de 2 centímetros de diámetro, materiales de escombros, sobrantes de concreto, basura, raíces y restos de plantas. El material de relleno deberá ser un suelo de buena calidad, que mantenga sus características a lo largo del tiempo.

- Ejecución

El material de relleno, deberá ser volcado y compactado en capas sucesivas con espesores no mayores que 20 centímetros.

La compactación del relleno junto a parámetros o en las áreas cercanas a la obra construida, deberán ser efectuadas con

compactadores manuales, de manera que se eviten daños a la estructura.

- Forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³)

➤ Hierro de refuerzo

- Descripción

Este trabajo consistirá en el aprovisionamiento y colocación de las varillas de hierro de refuerzo, de acuerdo con las siguientes especificaciones y detalles que se muestran en los planos.

- Calidad del hierro de refuerzo a colocar.

Este cumple con una resistencia mínima a la tracción de 2800 Kg/cm² (grado 40) o una resistencia de 4200 Kg/cm² (grado 60), según se detalle en los planos. Cumplirá con los requisitos de las especificaciones estándar para varillas de acero corrugada para refuerzo de concreto armado de la ASTM A-615, en todos los miembros estructurales, las barras serán de tipo corrugadas exceptuando las de 1/4 pulgadas.

- Pruebas de laboratorio.

De cada partida de diferentes diámetro del hierro de refuerzo entregado en la obra, se tomarán 3 probetas que deberán ser sometidas a pruebas indicadas al hierro de refuerzo, de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A-615.

No deberá utilizarse el hierro hasta que los resultados de las pruebas sean reportados a la supervisión. El costo de la obtención y pruebas de probetas de hierro de refuerzo será por cuenta del propietario.

- Almacenaje

Inmediatamente después de ser entregado el hierro de refuerzo, deberá guardarse en bodega, preferiblemente en estantes de madera, se protegerá en todo momento que no toque el suelo y que no se encuentre a la intemperie. El hierro será clasificado por tamaño, forma, longitud, resistencia o por uso final.

- Limpieza y colocación del hierro de refuerzo.

El constructor cortará, doblará y colocará todo el hierro de refuerzo, de acuerdo con lo indicado en los planos y las especificaciones, o como lo ordene la supervisión. El hierro de refuerzo deberá estar libre de óxidos, costras de concreto, aceite, grasa, tierra,

todo o cualquier otro elemento extraño que puedan reducir la adherencia con el concreto. En caso contrario, el hierro deberá limpiarse con un cepillo de alambre o con algún disolvente cuando se trate de materias grasosas. Todas las barras deberán colocarse y sujetarse firmemente a manera de evitar desplazamientos de las posiciones correctas mostradas en el dibujo.

- Empalmes o traslapes

Cuando no hayan disponible varillas de una longitud completa, pueden usarse varillas con empalmes, dejándose estos en los puntos de menor esfuerzo. Los empalmes de los elementos estructurales deberán efectuarse como se especifica en los planos. Si los planos no indican la longitud del traslape, se entiende que el hierro de refuerzo tendrá una longitud de desarrollo mínima y traslape mínimo, de acuerdo con las fórmulas que se presenten en el Artículo 8.25.1 de las Normas de la AASHTO.

Para concreto con resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y acero con resistencia a la tracción $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ tenemos:

CUADRO No. 2.8 Valores típicos de traslapes para diferente diámetro de varillas y concreto con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

VARILLA	LD	TRASLAPE TIPO A	TRASLAPE TIPO B	TRASLAPE TIPO C
No	cm	cm	cm	cm
2	10.1	30.5	30.5	30.5
3	15.2	30.5	30.5	30.5
4	20.2	30.5	30.5	34.4
5	25.3	30.5	32.9	43
6	32.7	32.7	42.5	55.6
7	44.5	44.5	57.9	75.7
8	58.1	58.1	75.6	98.9

Para concreto con resistencia a la compresión $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ y hierro de refuerzo con resistencia a la tracción $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ tenemos:

CUADRO No. 2.9 Valores típicos de traslapes para diferente diámetro de varillas y concreto con $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

VARILLA	LD	TRASLAPE TIPO A	TRASLAPE TIPO B	TRASLAPE TIPO C
No	cm	cm	cm	cm
2	15.2	30.5	30.5	30.5
3	22.8	30.5	30.5	38.7
4	30.3	30.5	39.5	51.6
5	37.9	37.9	49.3	64.5
6	45.5	45.5	59.2	77.4
7	57.8	57.8	75.2	98.3
8	75.5	75.5	98.2	128.4

- Doblado del hierro de refuerzo.

Todas las varillas deberán ser rectas, excepto donde se indique en los planos, los dobleces en el refuerzo longitudinal y en los estribos (coronas) se construirán estrictamente en la forma en que se indiquen en los planos, no se permitirá calentar las barras antes de doblarlas, se harán en frío alrededor de un perno de doblaje, de tal forma que no se agriete su radio exterior al efectuar el doblaje. Cada pieza se construirá como se detalle en los planos. El doblado de las barras de refuerzo se hará de acuerdo con las especificaciones del Art. 8.29.4 de las Normas de la AASHTO.

- Estribos.

Los estribos se construirán estrictamente en la forma en que están indicados en los planos. No se permitirá calentar las barras antes de doblarlas para formar los estribos; para ejecutar estos dobleces deberán utilizarse dobladores especiales, que no dañen el acero.

- Recubrimiento del hierro de refuerzo.

El recubrimiento del hierro de refuerzo para protegerlo contra la corrosión, se hará de acuerdo con las especificaciones del Art.8.22.1 de las normas de la AASHTO, deberá tener recubrimiento de concreto, como se indica en la tabla 2.10.

CUADRO No.2.10 Valores típicos de recubrimientos en estructuras de concreto reforzado

RECUBRIMIENTOS	pulg	cm
Concreto en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él.	3	7.5
Concreto expuesto al suelo o a la interperie:		
a) Refuerzo principal	2	5
b) Estribos, grapas, alacranes y espirales	1 1/2	4
Concretos para losas:		
a) Refuerzo superior	2	5
b) Refuerzo inferior	1	2.5
Concreto no expuesto a la interperie ni en contacto con el suelo:		
a) Refuerzo principal	1 1/2	4
b) Estribos, grapas, alacranes y espirales	1 1/2	4

- Medida y forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³).

➤ Encofrado

Consiste en hacer las formaletas de madera con la geometría del prismoide a colar en cada uno de los diferentes elementos horizontales, verticales o inclinados de la estructura principal.

Las formaletas o moldes de madera, se ajustan a las formas, líneas y dimensiones de los miembros, tal como se indica en los planos; éstos serán contruidos de manera que las juntas no permitan la salida de los agregados

finos con la lechada. Además, se proveerán de cuñas y otros dispositivos que permitan la fácil remoción de los moldes sin dañar la estructura durante el desencofrado.

El diseño y construcción de los moldes, encofrados, cimbras, formaletas y cualquier otra estructura provisional seguirá las disposiciones establecidas por la norma del ACI - 347. Estarán bajo la responsabilidad del contratista y no obstante, deberán ser aprobados por la supervisión.

Los moldes de madera serán diseñados y contruidos con suficiente resistencia para soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos y lograr la seguridad de los trabajadores y el público, además deberá tener los alineamientos correctos del concreto. El supervisor autorizará los planos de taller que contengan los detalles para encofrados.

Los moldes se colocarán firmemente y sus uniones cerradas, de tal modo que no permita el paso de filtraciones ni escurrimientos y se obtenga el mínimo de rebabas al acabado.

Deberán ser previstas aberturas temporales en la base de los moldes de las columnas, paredes o muros y en otros puntos donde sea necesario, para facilitar la limpieza e inspección inmediata antes de depositar el concreto. El contratista será el responsable por los daños o perjuicios causado por cualquier encofrado defectuoso.

Al momento de colocar el concreto en los encofrados las superficies de estos, estarán libres de incrustaciones de mortero, aserrín, tierra u otro material

extraño que pueda deteriorar el concreto o que interfiera con el total cumplimiento de las especificaciones relativas al acabado de las superficies encofradas. Cuando se usen moldes metálicos o con recubrimiento plástico, no se aceitarán los moldes ni se mojarán, debiendo únicamente limpiarse de cualquier materia extraña al concreto.

Cuando se requiera una estructura de concreto visto, se usarán moldes de metal, madera, lamina, madera cepillada u otros que cuenten con la aprobación del supervisor.

➤ Morteros.

- Descripción

El trabajo consiste en el suministro de materiales, mano de obra, herramientas, equipo y servicios necesarios para ejecutar las obras de albañilería que se indiquen en los planos y especificaciones.

- Materiales

Los materiales a usar en los morteros, llenarán los siguientes requisitos:

- Cemento Portland, Tipo I, deberá cumplir con los requisitos de la norma de la ASTM C 150-77 estándar.
- Agregado fino para el mortero : será arena natural o manufacturada, conforme a la norma de la ASTM designación

C 144-66T y C-40, debe ser de buena calidad, de granos duros y libres de impurezas.

- Agua : deberá ser clara, limpia, potable, libre de aceite, ácidos, sales de álcalis, materia orgánica.

- Proporciones del mortero :

Los morteros, tendrán las siguientes proporciones en volumen según el uso que le dará :

CUADRO No. 2.11 Proporciones para la hechura de mortero para diferentes fines

TABLA DE PROPORCIONES	CEMENTO	ARENA
Mampostería de piedra (fundaciones, muros, guardaniveles)	1	5
Mampostería de piedra (estribos, aletones, obras en cauces)	1	4
Mampostería de ladrillo de barro	1	3
Pegamento de tubería de cemento	1	3
Enladrillados	1	4
Repellos	1	4
Afinados	1	2
Pulidos	Pasta de cemento	

- Procedimientos de ejecución.

El mortero consistirá en una mezcla de una parte de cemento Portland y otra parte de agregado fino en volumen (como se indica en la tabla anterior). La cantidad de agua que se usará en la mezcla, será

la mínima necesaria para obtener una mezcla plástica y trabajable. A menos que se use una mezcladora aprobada, el agregado fino y el cemento deberán mezclarse en un cajón o tarima hasta que el conjunto tenga un color uniforme, después de lo cual se le agregará suficiente agua para producir la consistencia deseada. El mortero o la pasta, deberá mezclarse sólo en las cantidades necesarias para el uso inmediato, estos deberán usarse dentro de los 30 minutos de haber agregado el agua; después de este período será descartado. No se permitirá el retemple del mortero.

- Forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro cuadrado (m²).

➤ Mezclado del concreto

Todo concreto fabricado en la obra se hará a máquina, utilizando una mezcladora aprobada y aceptada por la Supervisión, no se admitirá mezcladora cuya capacidad se menor de una bolsa. La mezcladora se hará girar a la velocidad y tiempos recomendados por el fabricante.

El tiempo de mezclado para cada bacheada no será menor de 1.5 minutos después de que todos los materiales, incluyendo el agua, estén dentro del tambor. El tiempo de mezclado se prolongará hasta un máximo de cuatro minutos cuando las operaciones de carga y mezclado no

reduzcan la uniformidad de composición y consistencia requerida para el concreto.

Las mezcladoras no se cargarán en exceso ni se les dará velocidad mayor que la que recomiendan los fabricantes. El concreto deberá fabricarse siguiendo las proporciones de diseño de las mezclas, a manera de obtener la resistencia especificada con su adecuación al campo. Las mezclas obtenidas deberán ser plásticas y uniformes, con un revenimiento que esté de acuerdo al tipo de elemento a colar, no se deberá por ningún motivo agregar más agua de la especificada, sin autorización de la supervisión.

No se permitirá hacer sobre-mezclados excesivos que necesiten mayor cantidad de agua para preservar la consistencia requerida; así mismo, únicamente se preparará el concreto en la cantidad para su uso inmediato. No se utilizará concreto retemplado que haya desarrollado un fraguado inicial. Cuando cualquiera de las mezcladoras produzca resultados insatisfactorios, se dejará de usar inmediatamente hasta que se repare o sustituya por otra.

El concreto premezclado que sea usado en la obra, se preparará, transportará y entregará de acuerdo con los requisitos establecidos en las especificaciones para concreto pre-mezclado de la ASTM C-94. Además se le exigirá a la hormigonera o agitadoras de camión que tengan adosada una placa metálica con la siguiente información como mínimo: volumen

bruto del tambor, capacidad de amasado del hormigón, velocidades rotatorias mínimas y máximas del tambor y de las cuchillas o paletas. Cuando el amasado se efectúa en tránsito, el volumen de amasado no debe exceder el 63% del volumen total del tambor o recipiente.

El concreto premezclado entregado en la obra en camiones mezcladores, deberá ser colocado en el término de 60 minutos calculados desde el momento en que se añadió el agua al cemento. En el caso de la mezcla elaborada en la obra, no se podrá usar el concreto que no haya sido colocado en su sitio a los 30 minutos de haber añadido el agua al cemento para la mezcla.

Solamente la supervisión podrá autorizar, en casos de emergencia, la utilización de concreto fabricado a mano. En tal caso, se hará en una plataforma sin fugas de agua y cada revoltura no será mayor de 0.25 m³. El grado de fluidez del concreto, necesario en los diferentes usos, se obtendrá manteniendo siempre la relación agua-cemento. La fluidez será comprobada midiendo su revenimiento con el método standard establecido por la norma de la ASTM C-143.

Antes de todo colado, deberá estar completo el encofrado y aprobado por la supervisión el refuerzo o cualquier dispositivo que debe quedar ahogado en el concreto. Tanto el encofrado como el equipo de conducción deberá estar libre de concreto endurecido y materias extrañas, inmediatamente antes del colado. La colocación de cualquier conducto o

dispositivo dentro del concreto no debe menoscabar la resistencia del miembro y su ubicación deberá ser siempre aprobada expresamente por la supervisión. En ningún caso, deberán ahogarse dispositivos de aluminio, a menos que estén debidamente pintados o recubiertos. Los conductos a presión embebidos en concreto, estarán diseñados para resistir la presión y la temperatura a que van a estar sometidos, pero en ningún caso se admitirán temperaturas superiores a los 65 grados centígrados, ni presiones manométricas superiores a los 14 Kg/cm².

La protección de concreto para los conductores ahogados será de 4 cm. En miembros a la intemperie y de 2 cm en miembros no expuestos a la intemperie.

➤ Transporte del concreto

El concreto se transportará al sitio de depósito, empleando métodos que prevengan la segregación o pérdida de materiales. Los equipos para conducir, bombear y transportar neumáticamente el concreto deberán ser del tamaño, calidad y diseño que asegure un flujo prácticamente continuo del concreto al sitio de colocación sin segregación de materiales que ocasionen la pérdida de plasticidad y/o uniformidad del mismo, entre colados sucesivos. Todas las prácticas de bombeo utilizadas en la obra deberán estar de acuerdo a lo que dictan las normas del ACI - 304.

El concreto se transportará al lugar final de depósito por métodos que prevengan la segregación o pérdida de materiales. Los equipos para conducir, bombear y transportar neumáticamente el concreto, serán del tamaño y diseño que aseguran el flujo prácticamente continuo del concreto, sin segregación de materiales.

➤ Concreteado o colado

Un día antes del concreteado, el supervisor revisará los niveles correctos de la estructura a llenar, según lo indiquen los planos, el concreteado será en tiempos normales, sin lluvias y quedará bajo la aprobación del supervisor cuando esté lloviendo.

Cuando la colocación del concreto sea sobre superficies de tierra, éstas deberán estar limpias, compactadas, humedecidas y sin aguas estancadas. La superficie de concreto existente sobre las cuales se colocará concreto fresco, deberán ser picadas y estar limpias, sin aceites, agua estancada, lodo, desecho, etc., todas las superficies se trataran con aditivos recomendados por la supervisión antes de colar el concreto nuevo. No se usará ningún tipo de lechada previa.

Para evitar la segregación del concreto en colados profundos, se podrán usar formaletas, la cuales tendrán en su parte superior embudos o mangas de metal o de hule, o bien se podrán hacer ventanas en el molde con una separación máxima de 1.50 metros. En ningún caso se apilarán

cantidades de concreto para luego manipularlo a lo largo de formaletas. En el caso del uso de canales metálicos, éstos tendrán una pendiente que no exceda la relación 1:2 (Vertical - Horizontal). La altura máxima que se permitirá dejar caer el concreto por gravedad será de dos metros.

El colado se hará a tal velocidad que permita que el concreto se conserve todo el tiempo en estado plástico y fluya fácilmente en los espacios entre moldes y varillas. No se depositará en la estructura, concreto que haya endurecido parcialmente o que esté contaminado con sustancias extrañas, ni se deberá revolver nuevamente dicho concreto.

Si el proceso de mezclado en la obra se detuviera por un período mayor de 25 minutos, la mezcladora deberá limpiarse, removiendo los materiales remanentes, antes de renovar su funcionamiento.

Una vez que se empiece el colado, éste se llevará a cabo como una operación continua hasta que se complete el colado de un tablero o sección, a menos que específicamente se autorice de otra manera. En caso de ser necesarias juntas de colado, éstas deberán ser autorizadas por la supervisión.

Todo concreto se consolidará cuidadosamente, por medio de vibradores adecuados, debiendo tener especial cuidado en que cubra enteramente el refuerzo, las instalaciones ahogadas, y que penetren en las esquinas de los encofrados.

La consolidación del concreto se hará por medio de vibradores de

bastón capaces de transmitir 3500 impulsos por minuto. Los vibradores serán de inmersión y con bastón hasta 1 1/4" de diámetro. La vibración deberá ser lo suficientemente intensa para afectar visiblemente el concreto alrededor del punto de aplicación, y no deberá prolongarse mucho tiempo para evitar la segregación de los agregados; además se tendrá el cuidado que los vibradores no golpeen el acero y que, a la vez, el concreto logre cubrir el refuerzo y penetrar en las esquinas de las cimbras.

No se admitirá el vibrado a mano, a menos que la supervisión lo autorice en casos especiales o de emergencia. El contratista tendrá por lo menos un vibrador extra y tendrá en la obra por lo menos un vibrador accionado con motor de gasolina. Cualquier sección de concreto, que después de colada se encuentre porosa o defectuosa, deberá removerse y reemplazarse enteramente a costo del contratista según lo ordene la supervisión.

➤ Materiales.

- Dimensiones de los bloques de concreto

Los bloques de concreto tienen, para efectos de modular, dimensiones uniformes alto, 20 centímetros y largo, 40 centímetros, variando únicamente el ancho de 10, 15 ó 20 centímetros. Las dimensiones del bloque son primero el ancho, después el alto y finalmente el largo, como lo indica el cuadro No.2.12

CUADRO No.2.12 Dimensiones convencionales de bloque estructural.

MEDIDAS	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LARGO (cm)
Bloques de concreto de	10	20	40
Bloques de concreto de	15	20	40
Bloques de concreto de	20	20	40

Debe tenerse presente que existe diferencia entre las dimensiones nominales o modulares de los bloques, que sirven justamente para diseñar y las dimensiones estándar o de fabricación, que son menores, tomando en cuenta el espesor de la junta , de 1 cm, como lo indica el cuadro No.2.13:

CUADRO No.2.13 Dimensiones estándar para diseño de muros usando bloque estructural

MEDIDAS	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LARGO (cm)
Bloques de concreto de	9.4	19	39
Bloques de concreto de	14.9	19	39
Bloques de concreto de	19.2	19	39

Ninguna dimensión, ancho, alto o largo, tendrá diferencia mayor que 1/8" (3.18 mm.), de las dimensiones estándar o de fabricación especificadas, según la norma de la ASTM C 90-85.

- Calidad de los bloques de concreto

La principal característica que determina la calidad de los bloques de concreto son: la resistencia de ruptura a la compresión. Estas características están reguladas por la norma de la ASTM C 90-85.

- Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión representa el valor del esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de concreto. La resistencia mínima de ruptura a la compresión para bloques grado N, es decir para uso general en paredes exteriores o interiores, debe ser 70.42 Kg/cm² como promedio de tres unidades individuales que la resistencia mínima de las unidades individuales debe ser 56.3 Kg/cm².

- Cemento Pórtland

El cemento deberá cumplir con los requisitos de las normas de la ASTM C-150-67 Tipo I y deberá ser probado por el laboratorio, seleccionados por el contratista.

- Agregado fino

Será arena natural o manufacturada, estará formada por partículas sanas, libres de impurezas, exentas de polvo, grasas, álcalis, sustancias orgánicas y otras perjudiciales para concreto. Se densidad, no será menor de 2,45. Al efectuar el ensayo colorimétrico, no se aceptarán resultados mas oscuros que el ámbar claro o color No. 3 de la norma de la ASTM C-40. La granulometría del agregado

fino deberá estar dentro de los límites indicados en la norma C-99-67 de la ASTM.

- Agregado grueso

La grava o piedra triturada deberá ser de roca dura, limpia, libre de pizarra, laja o piezas en descomposición, será sin materiales adherido, libre de impurezas, provenientes de la fragmentación de la roca sana. El tamaño del agregado no será mayor de 2 cm.

- Agua

El agua debe ser en el momento de usarse, limpia, libre de aceites, ácidos, sales, álcalis, cloruros, materiales orgánicos y otras sustancias extrañas.

- Aditivos

El contratista podrá usar aditivos para mejorar la resistencia y colocación del concreto con el consentimiento del supervisor, y conforme a las especificaciones para aditivos químicos para concreto de la ASTM C-494-67 T.

- Mampostería de piedra.

La piedra debe de ser sólida y resistente, extraída de cantera por métodos aprobados, limpia, dura y libre de grietas y otros defectos

estructurales que tiendan a reducir su resistencia o evitar que queden debidamente asentadas, de clase o tipo de reconocida durabilidad. Su dureza será tal que no dé un desgaste mayor que el 50% al ser sometida a la prueba de Los Angeles, de la AASHTO designación T-96 y de la ASTM C-131.

➤ Acabados.

- Sisado de las juntas de muros de bloque de concreto

Las juntas deben sisarse cuando se haya iniciado el fraguado inicial de la mezcla, o sea cuando esta se ha endurecido lo suficiente para resistir la presión del dedo pulgar. El sisado asegura juntas a prueba de agua y un aspecto nítido en la pared del muro. El sisado compacta la mezcla y la fuerza contra los bloques en ambos lados de la junta.

- Limpieza de la muros de bloques de concreto

Debe evitarse manchar con mezcla las paredes de los bloques, porque esas manchas son difíciles de eliminar. Cualquier escurrimiento de mezcla sobre la superficie de la pared del muro, debe dejarse secar antes de quitarla. La limpieza se hará con un cepillo áspero, el cual eliminara casi toda la mezcla adherida a la superficie.

- Repellos
 - a. Los repellos se harán con mortero de cemento y arena con las mismas especificaciones que se usan para pegar bloque, pero en las proporciones de una de cemento por tres de arena, o una de cemento por cuatro de arena, según las indicaciones que se presenten en los planos.
 - b. Los repellos al estar terminados deben quedar limpios, parejos, a plomo, sin manchas y con las esquinas vivas, y serán mantenidos húmedos por un período de 5 días.
 - c. Antes de repellar deberán limpiarse y mojarse las paredes, y cuando haya que repellar estructuras de concreto deberán picarse previamente para la mejor adherencia del repello. No se permitirá la aplicación de repellos sobre superficies de concreto sin la previa inspección de la Supervisión.

- Afinados
 - a. Los afinados se harán con una mezcla de una parte de cemento por una de arena cernida en un tamiz de 1/32"o 1/64", se realizará con un acabado a llana de metal o madera seguido de un alisado de esponja.
 - b. No se ejecutará ningún trabajo de afinado si no se ha procedido a resanar los repellos defectuosos.

c. Cuando se haya hecho perforaciones en las paredes para colocar tuberías después de afinada la pared, debe de afinarse nuevamente todo el paño completo con el objeto de no dejar manchas o señas de reparación.

- Azotados

Las partes que llevarán azotados estarán señaladas en los planos y se usará una mezcla de cemento gris y granilla de 1/8" a 1/4" de diámetro, en la proporción de 1:2 en volumen, las zonas en donde se aplicará el azotado debe estar repellido y húmedo y su colocación será sin interrupciones.

- Pulido

Las superficies a pulir, deberán estar previamente repelladas y mojadas hasta la saturación. El pulido se hará con pasta de cemento gris y su acabado final se logrará alisando la superficie con una esponja. No se ejecutará ningún trabajo de pulido hasta que los repellos hayan sido resanados.

2.10 PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS NO TRADICIONALES

2.10.1 Gaviones

Los gaviones son estructuras que se arman in situ, se debe garantizar que previo al inicio del armado y colocación de los módulos, se disponga de la topografía necesaria. Así mismo la ubicación de los gaviones de fundación y su emplazamiento en planta. Antes de iniciar el montaje y relleno de los gaviones, se deberán excavar las fundaciones de las estructuras de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y cotas definidas en el proyecto. Salvo indicación contraria en el proyecto, el sello de toda excavación fuera de las zonas con exceso de humedad, se compacta hasta alcanzar como mínimo el 90% del grado de compactación del suelo restituido. Los gaviones se armarán y colocarán siguiendo el procedimiento ordenado de la siguiente manera:

2.10.1.1 Armado de los Módulos

Los módulos de gaviones son proporcionados plegados, de fábrica.

Para su armado deberá seguirse el siguiente procedimiento:

- El módulo se desplegará y abatirá en el suelo
- Se levantarán sus paredes hasta hacer coincidir las aristas contiguas, formando una caja con la tapa abierta
- Se amarrarán las aristas con regular fuerza, cuidando de no dañar los recubrimientos galvanizados o plastificados de la malla

- Se colocarán divisiones interiores de malla, a modo de diafragmas o tabiques transversales, dejando compartimientos independientes a cada metro. Estos diafragmas deberán amarrarse en todas sus aristas, dejando libre solamente la arista superior que irá en contacto con la tapa del gavión.(ver figura No.2.49)



FIGURA No.2.49 Amarrado de diafragmas para Gaviones

2.10.1.2 Colocación de los Módulos de la Estructura

Una vez armada la caja, se procederá a ubicarla en el sitio señalado en los planos (ver figura No.2.50), cosiéndola sólidamente a las cajas inmediatamente adyacentes a lo largo de todas las aristas de contacto, tanto en la dirección horizontal como vertical, incluyendo aquella de los tabiques interiores. El amarre de los gaviones con sus vecinos se efectuará con alambre que pase por todos los hexágonos de

las dos mallas en contacto, haciendo una doble vuelta o lazo cada dos hexágonos, en costura continua.



FIGURA No.2.50 Colocación de diafragmas según planos

2.10.1.3 Encoframiento

Con el objeto de impedir que las paredes de la estructura se deformen durante el proceso de llenado de los gaviones, se utilizarán moldajes, consistentes en un tablado o bastidores metálicos sostenidos por puntales. Estos moldajes deberán ser verticales y seguir el alineamiento de la obra. (ver figura No.2.51)



FIGURA No.2.51 Encofrado para Gaviones

2.10.1.4 Relleno y Colocación de Tirantes

Rellenar los gaviones en forma manual o mecánica; colocando las piedras de mayor tamaño y de caras planas en contacto con la malla, cuidando que las paredes laterales y los diafragmas interiores no se deformen ni dañen. A medida que avanza el llenado, colocar tirantes entre las paredes opuestas de la estructura, para hacerlas solidarias y evitar deformaciones. La colocación en sentido horizontal se hará cada 0.33m. de altura, e intercaladas aproximadamente cada 0.50m. entre sí. También deberán ponerse tirantes de alambres verticales o diagonales.

2.10.1.5 Cierre de módulos

Una vez terminado completamente el relleno de los gaviones, se procederá a cerrarlos bajando su cubierta y amarrando las tapas (ver figura No.2.52). Esta amarra deberá abarcar todas las aristas superiores, incluyendo la de los diafragmas. En la zona de contacto, entre dos gaviones contiguos, la costura de la tapa deberá amarrar las aristas de ambos gaviones.



FIGURA No.2.52 Cerrado de Gaviones

2.10.1.6 Tela Geotextil

Se deberá disponer de tela geotextil entre la estructura gavionada y toda superficie de apoyo, incluso las superficies verticales de sostenimiento.

2.10.1.7 Revestimiento con concreto lanzado

Si se desea se puede ejecutar el siguiente procedimiento para revestir el muro gavión con concreto lanzado, con el fin de darle una capa de protección contra la acción del intemperismo, aunque este procedimiento muchas veces no se realiza por no considerarlo necesario.

- **Preparación de las Superficies**

La superficie donde deba aplicarse el concreto lanzado deberá limpiarse mediante chorro de aire o de agua, eliminando todos los materiales sueltos o partidos, inclusive el material de rebote de aplicaciones previas. Asimismo, si estuviere escurriendo agua a través del gavión, ésta deberá eliminarse con chorro de aire u otro procedimiento, inmediatamente antes de aplicar el concreto lanzado.

- **Curado**

Tan pronto se termine la aplicación del concreto lanzado se deberá proceder al curado.

2.10.1.8 Especificaciones para muros de gaviones

➤ Malla de Alambre

La malla deberá consistir de un tejido de alambre, con triple torsión dejando aberturas de forma hexagonal alargada en el sentido de una de sus diagonales. Las mallas se clasificarán de acuerdo con las dimensiones del hexágono, tomando primeramente la cifra que señala la distancia, en centímetros, entre los lados donde se realizan las torsiones y, seguidamente, la cifra correspondiente a la distancia, en centímetros, entre los vértices del hexágono pertenecientes a la diagonal mayor. En general las mallas serán de 8 x 10 cm u 8 x 12 cm, salvo que se señale una escuadría diferente. Se retorcerá o soldará la malla fabricada con alambre de acero galvanizado que cumpla con la norma de la ASTM A 641 M, clase 3 ó con alambre de acero aluminizado que cumpla con la norma de la ASTM A 809. Se usará alambre que tenga una resistencia media a la ruptura por tracción comprendida entre 370 MPa y 490 MPa, cuando se le ensaya de acuerdo con la norma de la ASTM A 370. La galvanización o la aluminización podrá aplicarse después de fabricada la canasta. Ambas mallas deberán estar confeccionadas con alambre de 2.4 mm de diámetro, aceptándose una tolerancia máxima de hasta el 3% en el diámetro.

➤ Alambre de Aristas

Las aristas o bordes de los gaviones deberán ser reforzados para impedir que la malla se deshile. El alambre a usar en estos refuerzos deberá tener un diámetro al menos un 20% mayor que el de la malla.

➤ Alambre para Amarre y para Tirantes

Deberá ser similar al de la malla tanto en lo concerniente a diámetro como a calidad del acero y del recubrimiento de protección.

Los diámetros especificados para los diferentes alambres utilizados en la construcción de gaviones se resumen en el siguiente cuadro:

CUADRO No.2.14 Especificaciones para el diámetro del alambre utilizado en los gaviones

F

ESPECIFICACIONES DEL ALAMBRE UTILIZADO EN LOS GAVIONES		
	Galvanizado	Revestido con PVC
Apertura de la malla	3 1/4" x 4 1/2" (tipo 8 x 10)	3 1/4" x 4 1/2" (tipo 8 x 10)
Alambre para la malla	2.4 mm	.1063 alma/ .146 acabado
Alambre para las aristas y esquinas	2.88mm (20% mayor que el alambre para la malla)	.133 alma/ .173 acabado
Alambre de amarre	2.4 mm	.087 alma/ .127 acabado

Fuente: Manual de carreteras, Volumen No.5 , Chile, 2002

➤ Recubrimiento de Protección de los Alambres

Todos los alambres empleados en el tejido de las mallas, aristas, tirantes y amarre de los módulos, deberán ser galvanizados o aluminizados. Cuando lo indique el proyecto, deberán ser además recubiertos con una capa de PVC. El PVC de recubrimiento, cuando se especifique, deberá cumplir con lo dispuesto en la cuadro No.2.15

CUADRO No.2.15 Características requeridas para el recubrimiento con PVC

CARACTERÍSTICAS DEL RECUBRIMIENTO DEL PVC		
CARACTERÍSTICAS	NORMA	REQUISITOS
Color	-	Gris o verde
Espesor (mínimo)	-	0.4 mm
Resistencia a la Tensión	ASTM D 638M	15.7 Mpa (mín)
Resistencia media a la Tracción	ASTM A 370	370MPa a 490 MPa
Módulo de elasticidad	ASTM D 638M	13.7 MPa(mín)
Dureza	ASTM D 2240	75 mínimo
Densidad	ASTM D 792	1.360 ± 5% Kg/m ³
Temperatura de Fragilidad	ASTM D 746	-9° C máxima

FUENTE: Manual de carreteras, Volumen No.5 , Chile, 2002

➤ Canasta de gavión con dimensión vertical de 30 cm o más.

Se fabricará la canasta con malla de alambre galvanizado o revestido con aluminio, de 2.4 mm de diámetro nominal o más.

- a) Mallas con alambre retorcido. Se formará la malla según un patrón exagonal uniforme, triplemente retorcida para que no se suelten de los bordes de remate. Para canastas galvanizadas o revestidas con aluminio se amarrará el borde del perímetro de cada panel, con

alambre de 3.9 mm de diámetro o mayor. Para canastas revestidas con PVC, se atarán los bordes del perímetro de la malla a cada panel con alambre de 3.4 mm de diámetro. El alambre para orillas, deberá ser del mismo tipo del material usado en la malla y de la misma resistencia.

- b) Malla de alambre soldado. Para canastas galvanizadas o recubiertas con aluminio, se soldará cada conexión, de tal manera que se obtenga como mínimo una resistencia promedio al cortante en la soldadura de 2600 N, sin que hayan valores menores que 2000 N. Para canastas revestidas con PVC, se soldará cada conexión en tal forma que se obtenga una resistencia mínima promedio al cortante en la soldadura de 2100 N, sin que haya valores de menores que 1600 N. Las canastas de los gaviones se fabricarán de las dimensiones requeridas, con una tolerancia, de $\pm 5 \%$. Cuando la longitud de la canasta exceda 1.5 veces su ancho, se dividirá en celdas de igual largo, igual o menor que el ancho de la canasta, usando diafragmas de malla del mismo material y del mismo tipo y tamaño que el de los paneles de la canasta. Cada canasta deberá ser prefabricada con los paneles y diafragmas necesarios, asegurados de tal manera que puedan rotar en su lugar.

- Canasta de gavión con dimensión vertical menor que 30 cm.

La malla será fabricada con alambre de diámetro nominal no menor que 2.2 mm.

- a) Mallas de Alambre Retorcido. Para canastas con ésta dimensión vertical y malla de alambre retorcido las especificaciones serán las mismas que para las de canastas con dimensión vertical de 30cm. o más, anteriormente definidas.
- b) Malla de Alambre Soldado. Para canastas galvanizadas o recubiertas con aluminio. Se soldará cada conexión de tal manera que se obtenga como mínimo una resistencia promedio al cortante en la soldadura de 1300 N, sin que haya valores de menores que 1000 N. Las canastas de los gaviones se fabricarán con las dimensiones requeridas, con una tolerancia en dichas dimensiones de $\pm 5 \%$, en la longitud y el ancho, y $\pm 10 \%$ en la altura. Cuando la longitud de la canasta exceda 0.5 veces su ancho, se dividirá en partes iguales formando celdas iguales o menores que el ancho de la canasta, usando diafragmas de malla del mismo material del mismo tipo y tamaño que los de los paneles de la canasta. Cada canasta deberá ser prefabricada con los paneles y diafragmas necesarios, asegurados de tal manera que roten en su lugar.

➤ Rocas

Se deberá suministrar roca dura y durable que sea resistente al intemperismo y razonablemente libre de material orgánico y de desecho, serán piedras o bolones de ríos, redondeadas (sin aristas vivas), sanas,

duras y no alterables por el agua y agentes atmosféricos. No deberán utilizarse piedras laminadas, porosas, fracturadas o con otras fallas físicas.

Deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

- a) Peso Especifico :Mínimo 2,5 t/m³ (AASHTO T-85)
- b) Absorción de Agua :Máximo 2%(AASHTO T-85)
- c) Tamaño Máximo :3 veces la abertura máxima del hexágono e inferior a 0,4 m.
- d) Tamaño Mínimo :1,2 veces la abertura máxima del hexágono de la malla.
- e) Índice de durabilidad del material grueso, AASHTO T-210 52, mín.
- f) Peso unitario de una canasta de gavión llena 1600 Kg/m³, mín.
- g) Granulometría
 - (g.1) Canastas de 0.3 m o mayores en la dimensión vertical
 - (g.1.a) Dimensión máxima 200 mm.
 - (g.1.b) Dimensión mínima 100 mm.
 - (g.2) Canastas menores de 0.3 m en la dimensión vertical
 - (g.2.a) Dimensión máxima 150 mm.
 - (g.2.b) Dimensión mínima 75 mm.

➤ Ensayes de Control de Calidad y Certificación

El Contratista deberá efectuar los ensayes necesarios para verificar la calidad del material de los gaviones. Las muestras para los ensayes

deberán extraerse del material almacenado en terreno, y ajustándose a instrucciones del inspector de campo. Las muestras a tomar deberán ser del orden al 0,5% del material destinado a la ejecución de la obra. Los ensayos se realizarán una vez que se encuentre en la faena todo el material requerido, salvo que el suministro se realice por parcialidades, en cuyo caso se ejecutarán tantos muestreos y ensayos como entregas de material se efectúen.

➤ Revestimiento de Gaviones

La cara de los gaviones expuesta a la acción del escurrimiento podrá incluir una capa de protección con concreto lanzado o concreto armado, según señale el Proyecto.

➤ Replanteo

Los ejes principales de las estructuras de defensas proyectadas deberán replantearse según los alineamientos señalados en el Proyecto. Los alineamientos horizontales, tanto rectos como curvos, no deberán desviarse más de 4 cm respecto a lo señalado en el Proyecto; en tanto que las cotas de coronamiento, no deberán desviarse en más de 6 cm.

2.10.2 Tierra Armada

2.10.2.1 Preparación del terreno

Para la puesta en marcha de cualquier proyecto de construcción, es indispensable la preparación adecuada del área de trabajo en el terreno. Esta consiste en dejar a la superficie del terreno libre de cualquier escombro, e incluso, de la capa orgánica vegetal. Esta actividad, dependiendo de las condiciones en que se encuentre la superficie del terreno se puede realizar labrando con herramientas manuales simples como azadón, pala, piocha, pala, carretilla y otros; en capas delgadas por pequeños volúmenes a remover. Se utiliza maquinaria pesada tal como pala mecánica, tractor, etc. en la preparación del terreno al remover grandes volúmenes de suelo, de acuerdo con los siguientes pasos: quitar toda vegetación de la superficie del terreno; quitar todos los escombros de la superficie del terreno; almacenar lo recolectado en el área de desechos de construcción.

2.10.2.2 Trazo

Después de la preparación del terreno, es necesario trazar sobre éste, la línea sobre la cual se construirá la primera hilada por consiguiente, las posteriores. De un buen trazo depende la correcta colocación de las cotas planimétricas y altimétricas.

Inicialmente se establece una línea de referencia en el terreno, ésta usualmente de traza auxiliándose de una línea límite que puede ser una construcción vecina o una línea paralela al cordón. En base a ésta línea guía se trazan los ejes detallados en los planos, de la manera siguiente:

- Se colocan niveletas, perpendiculares a la línea guía, en el lugar donde aproximadamente pasará el eje, una en cada extremo. Estas niveletas consisten en 2 estacas de unos 50cm de longitud, hechas de cuartón o costanera unidas por medio de una regla pacha canteada y nivelada. Véase Fig. 2.22.
- En cada niveleta se mide la distancia que existe entre la línea guía y el eje, utilizando una plomada y una cinta.
- En estos puntos colocar un cordel y verificar que el nuevo eje sea paralelo y que tenga la distancia correcta.
- Hecha esta inspección fijar el cordel con dos clavos en "V" como se puede ver en la Fig. 2.22.
- Este proceso se repite para todos los ejes paralelos a la línea de referencia.

2.10.2.3 Excavación

Consiste en la remoción de una capa de suelo bajo la superficie del terreno, creando una cavidad en él , necesaria para la colocación de

las unidades que quedarán bajo el nivel de desplante, con la finalidad de evitar deslizamientos horizontales del macizo. Estas unidades se empotrarán en el terreno a una profundidad aproximada de 10% de su altura cuando se construye sobre terreno plano y un 20% en un talud. Antes de comenzar a excavar, ubicar correctamente las obras a ejecutar por medio del trazo. Tratándose de zanjas para cimientos, las dimensiones vienen marcadas desde el trazo, y en el control de la obra deberá cuidarse que la profundidad de la excavación sea la señalada en los planos. Esto puede verificarse midiendo profundidades de excavación con un escantillón, desde un nivel específico marcado en niveletas que circundan el trazo de la fundación a medida que se profundiza y el fondo hasta donde se este definiendo una cota o la que este establecida como cota de fondo. Cuidará no sobreexcavar, sobrepasar la cota de fundación, solo se hará cuando las especificaciones técnicas lo requieran para algún proceso de compactación.

2.10.2.4 Colocación de escamas

El montaje de las unidades se efectúa por capas horizontales sucesivas, generalmente sobre toda la longitud de la obra. Estas capas horizontales están espaciadas entre sí; el relleno entre los límites de las escamas se efectúa también por capas horizontales paralelas a la solera de desplante, en secuencia tal que la capa siguiente no se empieza si la

capa inferior no está terminada en todo su espesor. Las escamas de la primera fila (ver figura No.2.53) se apoyan directamente sobre el concreto de la solera. Su colocación empieza con las medias escamas (tipo "C") entre las cuales se machihembran las escamas enteras tipo "A", como se muestra en la figura No.2.53.

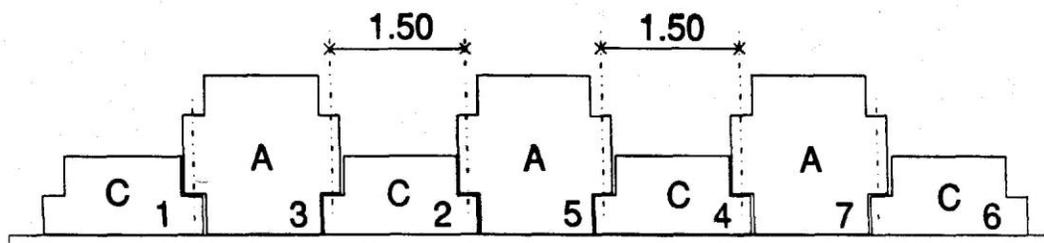


FIGURA No.2.53 Secuencia de colocación de escamas.

Después de la colocación de cada escama, conviene verificar con un escantillón (4.5 m) la distancia entre barra tubo de las escamas contiguas, a la izquierda y a la derecha. Así como también, dar un desplome hacia adentro de 4 cm a las escamas enteras y $\frac{1}{2}$ cm a las escamas medias (mitades). Mientras se espera la colocación de las armaduras, las escamas se sujetan por medio de unos sargentos colocados en la parte alta de la escama, como se muestra en la figura No.2.54.

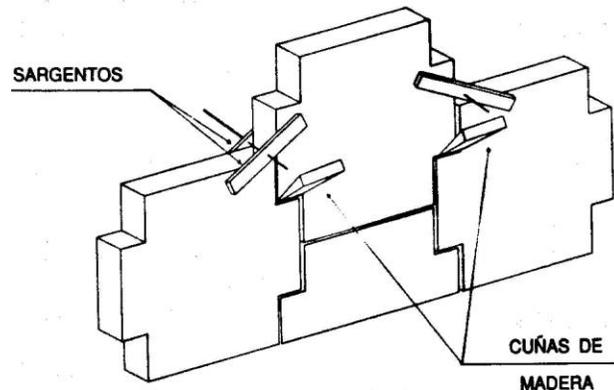


FIGURA No. 2.54 Colocación de “sargentos”

Los sargentos se quitan cuando se haya llegado con el relleno a la parte alta de las escamas “C”. Si se desea, se pueden dejar apuntaladas las escamas hasta llegar a este nivel.

2.10.2.5 Nivelación y plomeo de escamas

Después de la colocación de la primera fila de escamas, se procede a la colocación de la siguiente fila de escamas, siempre que se haya procedido a compactar el terreno detrás de las escamas ya colocadas, hasta la altura de estas.

Luego de la colocación de cada escama, es necesario nivelarla y plomearla con la ayuda de pequeñas cuñas de madera (ver figura No.2.54); la verificación de ésta operación es de vital importancia, ya que una vez puesta la siguiente fila de escamas es difícil o casi imposible rectificar el plomo de éstas piezas. Las escamas irán separadas entre sí

por aglomerado de corcho en las juntas horizontales y poliuretano en las verticales. Si el paramento queda sumergido en agua, la junta debe tener un filtro que evite la posible salida de partículas finas, erosionadas.

Conforme se va avanzando en altura, colocando las escamas, las cuñas y los sargentos son utilizados sucesivamente.

2.10.2.6 Colocación de armaduras

Para el funcionamiento del sistema de tierra armada se puede utilizar cualquier tipo de armadura resistente, tal como una capa de tejido interno, resistente, hecha de alambre, soleras metálicas o no metálicas. Lo que actualmente se utiliza como armadura en las construcciones realizadas con tierra armada es una barra, de acero galvanizado de alta resistencia, de 5 milímetros de espesor y 40 ó 60 centímetros de ancho, dentada a intervalos. El largo de esta pieza, ahogada en la tierra del macizo armado, está definido por la altura del bloque, siendo, en relación a ella, variable entre el 70% y 80% regularmente. Cuando el terreno es rocoso, las barras van afianzadas en la misma roca.

Las armaduras se colocan perpendicularmente al paramento en capas horizontales. Cada armadura está sujeta al arranque correspondiente con un tornillo generalmente de $\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{4}$ ".

El reglaje del relleno se hace con cuidado para que la armadura se apoye completamente en el terreno.

2.10.2.7 Relleno y compactación

El relleno se hace en capas cuyos niveles correspondan al nivel de los arranques, consecuente con el de las armaduras y con las partes altas de las escamas. La nivelación de las capas debe de ser hecha paralelamente al paramento, para que el empuje de la máquina y el movimiento de la tierra no lo transmita a las escamas.

Los camiones con el material de relleno no deben circular a menos de 2.0m del paramento para evitar cualquier desplazamiento de las escamas no terraplenadas del todo. No es recomendable el empleo de maquinaria de orugas en contacto directo con las armaduras.

El compactado necesario está determinado por la utilización futura de la obra. Si los asentamientos anteriores del relleno pueden ser admitidos sin daño, basta un leve compactado del terreno; en cambio, en todas las obras en las cuales estos asentamientos deben evitarse, el grado de compactado debe de ser igual al del relleno tradicional correspondiente para que las escamas no se desplacen en el curso del relleno. Conviene limitar los compactadores pesados a una distancia de 4m del paramento. El complemento del compactado será efectuado con máquinas manuales eventualmente vibratorias, para compactado ligero.

Muchas veces, en un bloque de tierra armada la compactación del mismo puede dejarse a los medios naturales, si el espacio formado por el terraplén será utilizado como jardín. Pero si lo que va a soportar es una

carretera, por ejemplo, entonces habrá necesidad de utilizar maquinaria pesada.

2.10.2.8 Drenajes

Los drenajes en muros que usan la tecnología de la tierra armada, se construyen conforme avanza el paramento en su altura, ya que entre escamas continuas se van creando juntas, de las cuales algunas no son selladas con el fin de utilizarlas como drenajes, estas juntas son las de las caras laterales de cada escama ya que la junta superior e inferior llamadas comúnmente “juntas de apoyo” son selladas con aditivo epóxico. (ver figura No. 2.55)

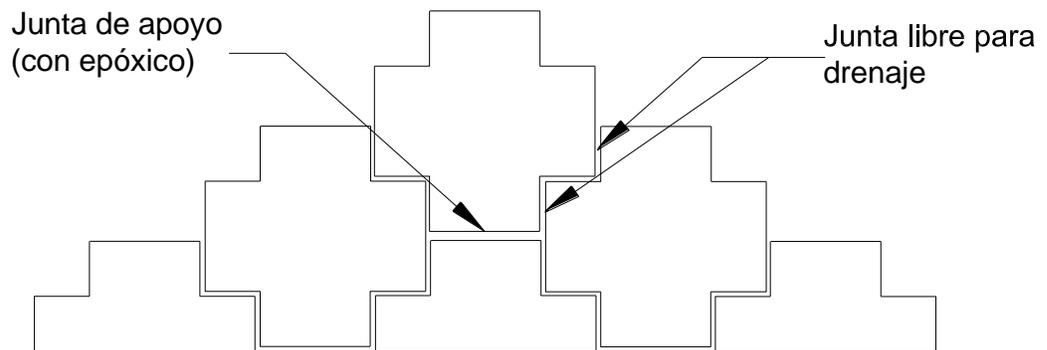


FIGURA No.2.55 Ubicación de las juntas para drenaje en muros de Tierra armada

2.10.2.9 Especificaciones técnicas para tierra armada

Este trabajo consiste en la construcción de muros de tierra estabilizada por medios mecánicos (tierra armada).

- Todas las basuras , despojos, malezas, raíces y otros materiales combustibles, se apilarán en las áreas de desperdicios indicados por el supervisor.
- Los árboles y arbustos se eliminarán cuando lo indique el supervisor. Se sugiere como norma el criterio de apilar o disponer de la madera resultante según sea utilizable como madera aserrada o como leña. Solamente con autorización del supervisor se podrán talar árboles marcados en el terreno.
- Se demolerá y desalojarán los escombros de las construcciones que indiquen los planos y se eliminará de toda la vegetación del área comprendida dentro de los límites de la terracería a efectuarse. Los escombros provenientes del anterior trabajo deberán ser depositados en sitios aprobados por la supervisión dentro del terreno y en tal forma que no originen focos de insalubridad.
- La vegetación obtenida del chapeo así como los desperdicios de madera seca de la demolición no se podrán quemar en el terreno, esta deberá ser desalojada del lugar de trabajo.

- Según indiquen los planos y/o se cuantifiquen en el plan de propuesta, se descapotarán áreas descubiertas que vayan a ser objeto de reconstrucción con el objeto de remover escombros, humus y material vegetal perjudicial.
- Se removerá toda la capa con residuo orgánico indicada en el estudio de suelos o como lo indique la supervisión, en el área que será ocupada por las obras a ejecutar, los accesos y las zonas de circulación un margen mínimo de 3.0 m; alrededor de éstas o de acuerdo a lo que se establezca en los planos.
- La profundidad del descapote ha sido considerada de 0.30 m, el descapote que exceda esta profundidad se considerará como excavación.
- Se deberá hacer el levantamiento topográfico del sitio de las obras y se verificarán los linderos del muro a construir.
- Los muros serán contruidos de acuerdo con los planos constructivos y las recomendaciones técnicas aprobadas por el Contratante. Cuando el contratante lo disponga en el contrato, se requerirá la supervisión de un profesional con una amplia experiencia en la construcción de muros de tierra armada.
- Se colocarán las escamas a través de los medios aprobados por el contratante. Las escamas serán alineadas en el sentido vertical y horizontal con una precisión de 19 mm y por medio de un codal

recto. Los anchos de junta serán de 19 ± 6 mm. Las juntas serán preparadas e instaladas de acuerdo con los planos constructivos. Las juntas en los reversos de las escamas deberán ser selladas por medio de aditivos aprobados por la supervisión. Las escamas serán mantenidas en su posición, durante las operaciones de relleno y nivelación, mediante cuñas o riostras temporales autorizados por el contratante.

- Se colocarán armaduras de alambre en colocaciones sucesivas horizontales, conforme avanzan los trabajos de relleno. Estas se conectarán, tensarán y anclarán en las caras del muro, antes del relleno. No deberán excederse las tolerancias verticales para la colocación de incrementos individuales que defina el Contratante. No podrán haber desviaciones en ningún punto sobre el muro de más de 50 mm respecto a un cordal recto de 3 m colocado de forma horizontal sobre el plano teórico de diseño para las caras de las paredes.
- El volumen estabilizado será ocupado por un relleno de material granular selecto. Deberá asegurarse que no existan cavidades por debajo del refuerzo. Cada capa será compactada utilizando el equipo requerido, el cual deberá ser aceptado de previo por el contratante, y deberá ser un compactador liviano mecánico o vibratorio, el cual será operado hasta una distancia de 1 m de la

cara de la pared. En zonas donde el volumen estabilizado soporte elementos estructurales, deberá compactarse el espesor superior, hasta 1.5 m, al 100 % de la densidad máxima correspondiente. No deberán aplicarse operaciones constructivas que puedan dañar o disturbar los elementos de paredes o del refuerzo. No deberá operarse ningún equipo directamente sobre la superficie del refuerzo. Se deberán corregir todos los elementos del muro que sufran algún daño, distorsión o con un incorrecto alineamiento.

- Al final de cada día de labores, el material adyacente a las paredes del muro correspondiente a la última capa de relleno colocada deberá dejarse con una inclinación hacia afuera, a fin de que el agua superficial se aleje del muro en dirección opuesta a las paredes, con el propósito de protegerlas de la contaminación con material del relleno. No deberá permitirse, bajo ninguna circunstancia, la contaminación del área de construcción de las paredes del muro con material de relleno por escorrentía superficial.
- Se medirán los muros de tierra armada por metro cuadrado en la pared frontal. Se medirá el material de relleno granular selecto en el volumen estabilizado por metro cúbico colocado y compactado.

➤ Materiales

Las unidades deberán fabricarse dentro de las siguientes tolerancias:

- Dimensiones del panel. La posición de los dispositivos de conexión del panel, dentro de los 25 mm. Todas las otras dimensiones, dentro de los 5 mm.
- Acabado superficial del panel. Los defectos en superficies lisas de 1.5 metros de longitud o más, no excederán de 3 mm. Los defectos en superficies con acabado texturizado de 1.5 metros de longitud o más, no excederán de 8 mm.
- Serán rechazados los paneles de concreto que muestren los siguientes defectos: Indicaciones de moldeo imperfecto; indicaciones de hormigueros; grietas y roturas.
- Variación de color en su cara frontal debido a exceso de aceite en los moldes o a otras razones.
- Malla de refuerzo. Será fabricada con alambre de acero laminado o extruído en frío, que cumpla con la norma de la AASHTO M-32. Se debe reparar todo daño en el revestimiento galvanizado, antes de ser instalado.

- Pernos fijadores o sujetadores. Los pernos tendrán 13 milímetros de diámetro ($\frac{1}{2}$ "), cabeza hexagonal, tuercas, y arandelas que cumplan con la AASHTO M 164. Serán galvanizados de acuerdo con la AASHTO M 232.
- Cintas o tiras de refuerzo. Serán fabricadas con acero estructural de alta resistencia, de aleación pobre que cumpla con la AASHTO M 223M de grado 450, tipo 3. Después de fabricado, el acero será galvanizado de acuerdo con la AASHTO M 111.

2.10.3 Muros Alternativos o artesanales

2.10.3.1 Muros hechos de bloques sobrepuestos

- Previo a la colocación de los bloques limpiar el terreno, libre de maleza y de cualquier otro elemento que ocasione irregularidad en el terreno.
- Si existen en el terreno zonas a nivelar, se coloca tierra blanca para compactarla y dejar la superficie del terreno uniforme. Lo mejor es hacer el relleno de 15cm a 20cm con una mezcla de tierra blanca con cemento preferiblemente en una proporción 1:20.

- Teniendo el terreno limpio y parejo, se procede a colocar los bloques, procurando que los de mayor dimensión queden en la parte baja del muro, que será la que conformará la base de este.
- En la colocación de los bloques, se deja el menor espacio entre uno y otro, procurando siempre que al colocarlos queden en una posición estable.
- A medida que se va formando el muro se procede a rellenar detrás de éste, sólo manualmente, teniendo el cuidado de no golpear los bloques del muro ya colocados, para que no se debilite la estructura, debido a un cambio de posición de uno de los bloques, ya que la estabilidad de estos depende únicamente del peso propio y de la posición en la cual fueron colocados con el fin de que haya una trabazón entre una y otra unidad, ya que no llevan ningún material entre ellos que sirva de pegamento.
- A medida que se va compactando se van colocando más bloques y dando más altura al muro, y se procede nuevamente a rellenar siguiendo las mismas indicaciones descritas.(ver figuras No.2.56, 2.57 y 2.58)



FIGURA No.2.56 Muro de bloques sobrepuestos



FIGURA No.2.57 Muro de bloques sobrepuestos



FIGURA No.2.58 Muro de bloques sobrepuestos

2.10.3.2 Muros hechos de llantas de hule, entramadas o ligadas

Estos muros consisten en una la colocación de hiladas continuas de llantas de hule rellenas de tierra, preferiblemente tierra blanca selecta, relativamente compactada puestas una sobre otra entrelazadas.

El proceso constructivo para la construcción de muros con llantas entramadas o ligadas es el siguiente:

- Preparar el terreno donde se ubicará la construcción, dejándolo libre de material vegetal u orgánico o de cualquier desecho.

- Excavar una zanja con una profundidad no menor que la necesaria para dejar bajo el nivel de desplante, tres hiladas de llantas (aproximadamente 80cm) a la largo de todo el muro.
- Si el suelo encontrado en la excavación es de mala calidad se sobreexcava después de los 80cm a profundidad no menor que 50cm. y luego rellenarla con suelo granular selecto.
- Seleccionar las llantas para su colocación, preferiblemente que no estén rotas o rasgadas, las llantas de mayor diámetro irán en la parte inferior, disminuyendo su diámetro conforme avanza el muro en su altura.
- La colocación de las llantas se hará en hiladas sucesivas, una después de la otra y amarrándolas por medio de un gancho o grapa de varilla de 1/8" en su cara superior e inferior.
- Una vez colocada una hilada de llantas se procede al llenado de éstas con suelo selecto, éste se realiza en cada llanta por medio de capas con espesor máximo de 10cm compactándolo por medio de pisones hechizos del tamaño necesario para realizar el llenado de las llantas con el suelo (ver figura No.2.59). Durante el llenado de las llantas hay que procurar dejar en ellas un espacio libre en la parte superior, con el fin de permitir el reacomodo de éstas cuando se colocan una sobre la otra.



FIGURA No.2.59 Compactación de suelo en llantas

- Luego se procede a limpiar la parte exterior de cada llanta para lograr que exista fricción entre una y otra ayudando a la estabilidad del muro.
- Una vez se han llenado todas las llantas de una hilada, se comienzan a colocar las llantas de la siguiente hilada, cada una de éstas llantas se colocará de manera que su centro quede sobre la unión de dos llantas de la hilada inferior.
- Conforme se avanza en la altura del muro, es necesario ir dándole a éste una leve inclinación hacia adentro (aproximadamente de 1° a 5°), con el fin de darle una mayor estabilidad y que resista al volteo (ver figura No.2.60).



FIGURA No.2.60 Muro de llantas entramadas

- Para aumentar la resistencia al volteo del muro, se colocan en él unas estructuras de anclaje horizontal que cumplen la función de un muerto. Estas estructuras pueden ser de concreto reforzado (ver figura No.2.61), de cables de acero amarrados a un “palo pique”, etc.



FIGURA No.2.61 Detalle de tensor en muro de llantas

- El suelo de relleno detrás del muro de retención deberá de ser de buena calidad, es decir, libre de orgánicos y de suelo contaminado, compactándolo por medio de métodos manuales y siguiendo los métodos de compactación evitando que queden zonas con bolsas y zonas mal compactadas.

2.10.3.3 Muros hechos de llantas armadas

Estos muros consisten en una serie de hiladas de llantas puestas una sobre otras y reforzadas tanto longitudinal como transversalmente. Se construyen columnas de concreto armado cuando estos sean muy verticales a una distancia aproximada de 2 metros para darle mayor resistencia al volteo.

El proceso constructivo para la construcción de muros con llantas entramadas o ligadas es el siguiente:

- Preparar el terreno donde se ubicará la construcción, dejándolo libre de tierra vegetal u orgánica o de cualquier desecho.
- Excavar una zanja con profundidad no menor que la necesaria para dejar bajo el nivel de desplante, tres hiladas de llantas (aproximadamente 80cm) a la largo de todo el muro.
- Si el material encontrado en la excavación es de mala calidad se sobreexcava después de los 80cm, a profundidad no menor que 50cm. y luego se rellena con suelo granular selecto.
- Seleccionar las llantas para su colocación, las llantas de mayor diámetro irán en la parte inferior, disminuyendo su diámetro conforme avanza el muro hasta alcanzar su altura.
- La colocación de las llantas se hará en hiladas sucesivas, una después de la otra, amarrándolas por medio de un gancho o grapa de varilla de 1/8" en su cara superior e inferior.
- Se colocará refuerzo vertical por medio de hierro de 3/8" a 1/2", en distancias que corresponden al centro de las columnas de llantas (ver figura No.2.62). Dependerá de la disposición económica, la colocación de éstos refuerzos en cada una de las columnas de llantas, ya que algunas veces se alternan dejando columnas sin refuerzo después de una con refuerzo.



FIGURA No. 2.62 Colocación de refuerzo vertical en llantas

- A cada cinco hiladas de llantas se colocará un refuerzo horizontal por medio de varillas de 3/8" de diámetro como mínimo, uniéndolas a cada uno de los refuerzos verticales antes mencionados por medio de alambre de amarre.
- Una vez colocada una hilada de llantas se procede al llenado de éstas con suelo selecto, éste se realiza en cada llanta por medio de capas con espesor máximo de 10cm. compactándolo por medio de pisones hechizos del tamaño necesario para realizar el llenado de las llantas con el suelo (ver figura No.2.59). Durante el llenado de las llantas se procura dejar en ellas un espacio libre en la parte superior, con el fin de permitir el reacomodo de éstas cuando se colocan una sobre la otra.

- Luego se procede a limpiar la parte exterior de cada llanta para lograr que exista fricción entre una y otra ayudando a la estabilidad del muro.
- Para evitar que con las lluvias el material de relleno detrás del muro se lave a través del espacio entre llantas, se colocan en la unión de éstas dos ladrillos que cumplen la función de filtro, reteniendo el material que pueda salir. (ver figura No. 2.63)



FIGURA No.2.63 Ubicación de ladrillos entre llantas sucesivas

- Se colocan tensores en forma de “L” o amarrados a un muerto, con el fin de evitar el volteo del muro. Estos irán ubicados en la parte superior de éste (ver figura No.2.64). Dependiendo de la altura del muro, se considerará si es necesario colocar éstos tensores a la altura intermedia, con un espaciado aproximado de 2.0m.



FIGURA No.2.64 Tensores amarrados a columnas de concreto reforzado

- Los tensores se amarrarán a la armadura de las columnas de concreto reforzado (ver figura No.2.64).
- Las columnas se construirán de concreto reforzado con dimensiones aproximadas de 30cm x 30cm y altura igual a la del muro, a distancias no mayores que 3.0m ni menores que 1.5m, aunque esto dependerá de la disponibilidad económica (ver figura No.2.65 y 2.66). Las columnas servirán para dar al muro mayor resistencia al desplazamiento y para amarrar los tensores.



FIGURA No.2.65 Estructura de concreto reforzado tipo marco



FIGURA No.2.66 Estructura de columnas independientes

2.10.3.4 Muros hechos de material misceláneo

- Limpiar el terreno de malezas y materiales que impidan o estorben la colocación de los elementos que conforman el muro.
- Excavar una zanja de aproximadamente 15cm de profundidad tomada desde el nivel del terreno. Esta zanja servirá para colocar en ella el material que formará la base del muro.
- Si es necesario, compactar con suelo cemento sobre dicha zanja o en su defecto con tierra blanca libre de material orgánico.
- Teniendo el terreno listo, se procede a colocar el material de mayor tamaño primero, para conformar la base del muro. Si las unidades tienen forma irregular, buscar la posición que más convenga a cada pieza al colocarla, ya sea ésta piedra, bloque, o cualquier otro material que se haya buscado para conformar el muro.
- Una vez que se ha encontrado el lado más conveniente a cada pieza o elemento, se procede a asegurarla y ligarla colocándole mortero, generalmente en proporción 1:7 . El espesor de las juntas de mortero entre pieza y pieza no se logra que sea el mismo, debido

a la irregularidad de los elementos que conformarán el muro, pero se procura que estas juntas no lleguen a espesores mayores que 2”.

- Conforme el muro avanza su construcción en altura, se coloca material de relleno detrás de este en capas sucesivas no mayores que 10cm de espesor. La compactación de cada capa se hace por medios manuales, teniendo el cuidado de no dañar el muro.
- Las actividades de conformación y relleno detrás del muro se alternarán hasta concluir con la altura deseada de este.

CONCLUSIONES

- Durante el proceso constructivo de cualquier tipo de muro existe una serie de pasos lógicos y ordenados de los cuales depende la correcta ejecución de la obra. Estos son: trazo, excavación, nivelación, construcción de las fundaciones, construcción del cuerpo del muro, construcción de drenajes y acabados.
- Las especificaciones técnicas en obras de construcción son las que determinan paso a paso los procedimientos requeridos para la ejecución de las actividades más importantes del proyecto y la calidad requerida de los materiales. Es responsabilidad de la supervisión que el contratista se apegue fielmente a las especificaciones técnicas.
- Los muros artesanales hechos de llantas de hule entramadas o ligadas, son una solución cuando se busca resolver problemas de protección de riveras de ríos o quebradas o para el escalonamiento de taludes.

CAPITULO III

ELABORACION DE AYUDAS

INTRODUCCION

El capítulo III contiene algunas ayudas para diseñar muros. Se recopilan tablas de datos con valores típicos de los parámetros utilizados, en diferentes textos, para el diseño de muros de retención, relacionados con la clasificación de los suelos. Contiene la descripción y un caso de aplicación de cinco nomogramas que sirven para el cálculo rápido del factor de seguridad al deslizamiento de un muro, pudiendo escoger sus características como el tipo de material de construcción, el tipo de suelo en la cimentación y en el terreno a retener así como la altura del muro, la cual puede estar entre los valores de dos a dieciocho metros.

Describe las posibles soluciones a casos particulares y que se pueden solucionar con la construcción de un muro de retención. Contiene cuadros que poseen los problemas más comunes y posibles soluciones a éstos; soluciones según el tipo de suelo, diferentes tipos de drenajes que se pueden utilizar en los diferentes tipos de muros y los diferentes tipos de juntas que se utilizan. Otras ayudas que complementan la buena ejecución en la construcción de un muro tales como planos, el trazo, especificaciones, administración, costos y presupuestos.

3.0 ELABORACION DE AYUDAS

3.1 AYUDAS PARA DISEÑAR MUROS

3.1.1 Tablas de criterios y parámetros útiles

El avance en la mecánica de los suelos, estudios y pruebas realizadas, ha permitido tipificar los tipos de suelo. De la recopilación de estos datos, se han obtenido tablas con valores típicos de los parámetros utilizados en el diseño de muros de retención, con el fin de disponer de un apoyo para este propósito. Así como también sirve para identificar y clasificar a los diferentes tipos de suelos por medio de la realización de pruebas de laboratorio obteniendo valores, para que luego sean comparados con los parámetros típicos de las siguientes tablas (ver tablas 3.1 a 3.7)

TABLA 3.1 Grados de plasticidad

GRADO DE PLASTICIDAD	INDICE PLASTICO	RESISTENCIA EN ESTADO SECO	ENSAYOS DE CAMPO
No plástico	0	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente
Ligeramente Plástico	0-7	Ligera	Se tritura con los dedos fácilmente
Medianamente Plástico	7-17	Mediana	Difícil de triturar con los dedos
Muy Plástico	>17	Alta	Imposible triturar con los dedos

Fuente: Muros de varios tipos, Guandique Menjivar Salvador, TBJ UES 1994

TABLA 3.2 Consistencia de los suelos cohesivos a partir de la prueba STP

CONSISTENCIA DEL SUELO	IDENTIFICACION DEL SUELO EN EL CAMPO	RESISTENCIA DEL SUELO QU (t/m ²)
Muy blanda	El puño puede penetrar fácilmente varios cm	Menor que 0.25
Blanda	El dedo pulgar penetra fácilmente varios cm	0.25 a 0.5
Media	El dedo pulgar penetra con esfuerzo moderado varios cm	0.5 a 1.0
Firme	El dedo pulgar se encaja fácilmente pero sólo penetra con gran esfuerzo	1.0 a 2.0
Muy firme	La uña del dedo pulgar se encaja fácilmente	2.0 a 4.0
Dura	La uña del dedo pulgar se encaja con dificultad	Mayor que 4.0

Fuente: Muros de varios tipos, Guandique Menjivar Salvador, TBJ UES, 1994.

TABLA 3.3 Clasificación de los suelos de acuerdo al coeficiente de permeabilidad

SUELOS	CLASIFICACION	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K)
Muy permeables	Grava gruesa	Mayor que 1.0×10^{-1} cm/seg
Permeables	Arenas, arena fina	1.0×10^{-1} a 1.0×10^{-3} cm/seg
Poco permeables	Arenas limosas, arena sucia	1.0×10^{-3} a 1.0×10^{-5} cm/seg
Muy poco permeables	Limo, arenisca fina	1.0×10^{-5} a 1.0×10^{-7} cm/seg
Muy permeable	Arcillas y arcillas limosas	Menor que 1.0×10^{-7} cm/seg

Fuente: Adaptada de Sower y Sower, Mecánica de Suelos, 1983

TABLA 3.4 Potencialidad de drenaje en base al tipo de suelo

CLASE DE SUELO	CARACTERISTICAS DE DRENAJE
GW	Excelente
GP	Excelente
GM	Regular a impermeable
GC	Pobre a impermeable
SW	Excelente
SP	Excelente
SM	Regular a impermeable
SC	Pobre a impermeable
ML	Regular a pobre
CL	Impermeable
OL	Pobre
MH	Regular a pobre
CH	Muy impermeable
OH	Impermeable
Pt	Pobre

Fuente: Criterios básicos para el análisis y diseño de obras de protección en proyectos de urbanización, Córdoba Velásquez Carlos Atilio, TBG UES, 1992.

TABLA 3.5 Propiedades según tipo de suelo

TIPO DE SUELO	NUMERO DE GOLPES N	COHESIÓN (Kg/cm ²)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (Ø)
Cohesivos			
Muy blando	<2	1.10	0°
Blando	2-4	1.10-2.76	0°-2°
Plástico	4-8	2.76-5.51	4°-6°
Duro	8-15	5.51-11.02	6°-12°
Muy duro	15-30	11.02-22.05	>14°
Compacto	>30	>22.05	
Granulares			
Suelto	<10		28°-30°
Medio	10-30		30°-36°
Compacto	>30		36°-41°

Fuente: Adaptada de Sower y Sower, Mecánica de Suelos, 1983.

3.1.2 Nomogramas para el cálculo de la estabilidad al deslizamiento

El principio fundamental implicado en la construcción de un nomograma consiste en la representación de una ecuación que relaciona tres variables, $f(u,v,w)=0$, por medio de tres escalas a lo largo de tres curvas (o rectas) de tal modo que una recta corta las tres escalas en los valores de u , v , y w que satisfacen la ecuación. (Fig. 3.1)

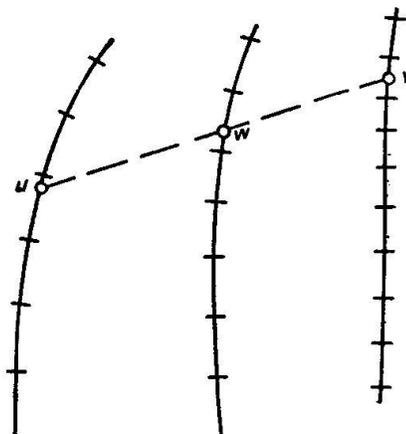


Figura 3.1 Representación de un nomograma

Las cinco ecuaciones ocupadas para elaborar los cinco nomogramas se pueden distribuir en dos grupos:

- a. Ecuación de la forma $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$ o $f_1(u) \cdot f_2(v) = f_3(w)$.

Tres escalas paralelas.

- b. Ecuación de la forma $f_1(u) + f_2(v) + f_3(w) = f_4(t)$ o

$f_1(u) \cdot f_2(v) \cdot f_3(w) = f_4(t)$. Cuatro o más escalas paralelas.

Para elaborar nomogramas de ecuaciones de la forma

$f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$ o $f_1(u) \cdot f_2(v) = f_3(w)$ se procede de la siguiente manera:

Sean AX , BY , CZ tres ejes paralelos y ABC cualquier transversal o línea básica. (Figs. 3.2 y 3.3). Trácese cualquier transversal que corte los ejes en los puntos u , v , w respectivamente, de modo que $Au=x$, $By=y$, $Cw=z$. ¿Cómo están relacionadas x , y , z ?

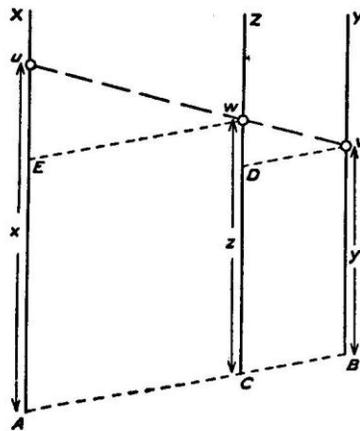


Figura 3.2 Nomograma de la forma $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$

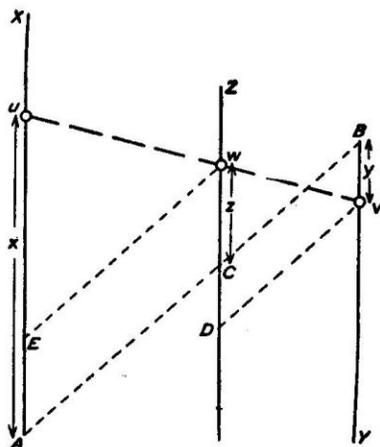


Figura 3.3 Nomograma de la forma $f_1(u) - f_2(v) = f_3(w)$

Si $AC : CB = m_1 : m_2$ y si por v y w trazamos líneas paralelas a AB , entonces los triángulos uEw y wDv son semejantes, y $Eu : Dw = Ew : Dv = AC : CB$ o $(x-y) : (z-y) = m_1 : m_2$.

$$m_2x + m_1y = (m_1 + m_2)z \quad \text{o} \quad \frac{x}{m_1} + \frac{y}{m_2} = \frac{z}{\frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}}$$

Si ahora AX , BY , CZ llevan las escalas $x = m_1f_1(u)$, $y = m_2f_2(v)$,

$z = \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}f_3(w)$, respectivamente, la última ecuación se convierte en

$f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$, y cualquier transversal cortará los ejes en tres puntos

cuyos valores correspondientes u , v , w satisfacen esta ecuación.

Por tanto, para hacer un nomograma de una ecuación de la forma $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$ o $f_1(u) \cdot f_2(v) = f_3(w)$, se procede como sigue:

1. Trácese dos rectas paralelas (los ejes x y y) separados en cualquier distancia, y sobre ellos constrúyanse las escalas $x = m_1 f_1(u)$ y $y = m_2 f_2(v)$, donde m_1 y m_2 son módulos arbitrarios. Las graduaciones de las escalas u y v pueden comenzar en cualesquiera puntos de los ejes.
2. Trácese una tercera recta (eje z) paralela a los ejes x y y , de modo que (distancia del eje x al eje z) : (distancia del eje z al eje y) = $m_1 : m_2$.
3. Determinése un punto inicial para las graduaciones de la escala w . Este puede ser punto C ($z = 0$) cortado por la recta que une A ($x=0$) con B ($y=0$). Si el intervalo de las variables u y v es tal que los puntos A y B no aparecen en las escalas, debe encontrarse de todos modos un punto inicial para las graduaciones w notando que los tres valores de u , v , w que satisfacen la ecuación $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$ o $f_1(u) \cdot f_2(v) = f_3(w)$ deben estar en una recta; así asígnense valores a u y v , digamos u_0 y v_0 , y calcúlese el valor correspondiente de w , digamos w_0 , por medio de la ecuación $f_1(u) + f_2(v) = f_3(w)$ o $f_1(u) \cdot f_2(v) = f_3(w)$; márchese el punto en el que la recta que une $u = u_0$ y $v = v_0$ corta el eje z en el valor $w = w_0$, y únase este último punto como inicial para las graduaciones w .

4. Desde el punto inicial de las graduaciones w , constrúyase la escala

$$z = m_3 f_3(w) = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} f_3(w).$$

La distancia entre las escalas exteriores y el módulo para estas escalas (valores de m) deben, generalmente, escogerse de tal modo que el nomograma completo resulte casi cuadrado. Entonces, cualquier transversal cortará las escalas en un ángulo no menor que 45° , y se notará más fácilmente sus puntos de intersección con los ejes, y la interpolación correspondiente en las escalas será más precisa.

De esta manera se construyeron los nomogramas de esta sección los cuales son:

- Nomograma N° 1 Empuje Activo
- Nomograma N° 2 Fuerza vertical ejercida por el muro
- Nomograma N° 3 Fuerza vertical ejercida por el suelo de relleno
- Nomograma N° 4 Fuerza vertical en la base del muro
- Nomograma N° 5 Factor de seguridad al deslizamiento

El factor de seguridad contra el deslizamiento se expresa por la

$$\text{ecuación: } FS(\text{deslizamiento}) = \frac{\sum FR'}{\sum Fd}$$

Donde: $\sum FR'$ = suma de las fuerzas resistentes horizontales

$\sum Fd$ = suma de las fuerzas actuantes horizontales

La figura 3.4 indica que la resistencia cortante del suelo debajo de la losa de base se representa como: $\tau_f = \sigma' \tan \phi_2 + c_2$

La fuerza resistente máxima que se obtiene del suelo por unidad de longitud del muro a lo largo del fondo de la losa de base es:

$$R' = \tau_f (\text{área de la sección tranersal}) = s(Bx1) = B\sigma' \tan \phi_2 + Bc_2$$

Siendo, $B\sigma' = \text{suma de la fuerza vertical} = \sum V$

Por lo que $R' = (\sum V) \tan \phi_2 + Bc_2$

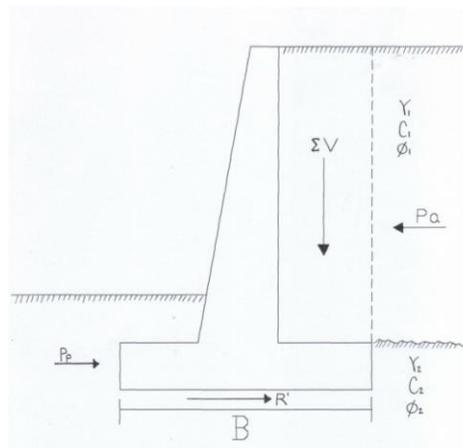


FIGURA3.4 Revisión por deslizamiento a lo largo de la base

La figura 3.4 muestra que la fuerza pasiva Pp es también una fuerza resistente horizontal. La expresión para Pp está dada por la ecuación:

$$\sum FR' = (\sum V) \tan \phi_2 + Bc_2 + Pp$$

La única fuerza horizontal que tenderá a causar que el muro se deslice (fuerza actuante) es la componente horizontal de la fuerza activa Pa , por lo que:

$$\sum Fd = Pa \cos \alpha$$

Combinando éstas ecuaciones resulta:

$$FS(\text{deslizamiento}) = \frac{(\sum FV) \tan \phi_2 + Bc_2 + Pp}{Pa \cos \alpha}$$

Generalmente contra el deslizamiento, se requiere que el factor de seguridad mínimo sea de 1.5.

Para el caso, la fuerza activa Pp se ignorará al calcular el factor de seguridad respecto al desplazamiento. El ángulo de fricción interna ϕ_2 será también reducido a un valor de $2/3$. Esto para dar mayor seguridad. De manera similar, la cohesión del material de la cimentación se reducirá a $2/3$ de su valor original. Entonces,

$$FS(\text{deslizamiento}) = \frac{(\sum FV) \tan \frac{2}{3} \phi_2 + B \frac{2}{3} c_2}{Ea}$$

Con base al dimensionamiento mostrado en la figura 3.5 y $B/H=0.6$ se obtienen los siguientes valores:

$$0.14/0.6 B = 0.14/0.6 \times 0.6H = 0.14H$$

$$0.36/0.6 B = 0.36/0.6 \times 0.6H = 0.36H$$

$$0.1/0.6 B = 0.1/0.6 \times 0.6H = 0.10H$$

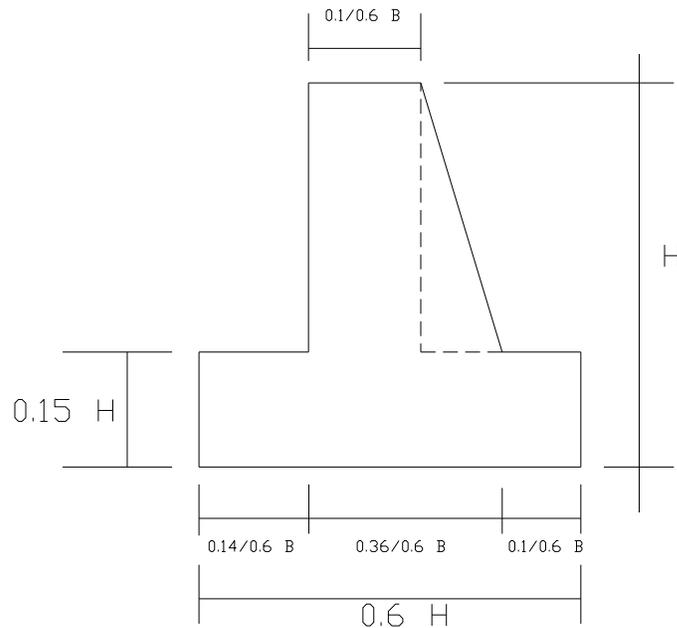


FIGURA 3.5 Dimensionamiento preliminar del muro

Teniendo el muro las dimensiones mostradas en la figura 3.6 en función de la altura:

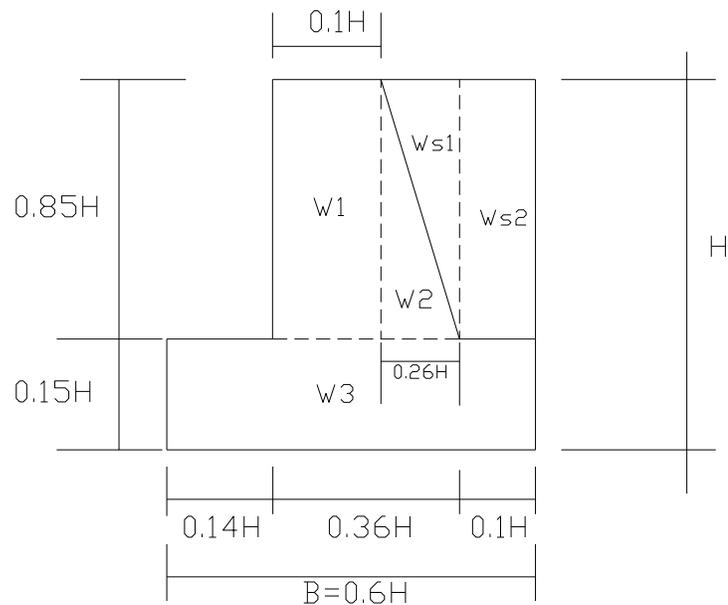


FIGURA 3.6 Dimensionamiento del muro en función de la altura H

Con estos valores se construye cuadro N° 3.1 para el cálculo de la sumatoria de fuerzas verticales debidas al peso del muro y al suelo de relleno.

CUADRO N° 3.1 Fuerzas verticales actuantes en el muro

Sección		Área	Peso / longitud unitaria
W1	$0.1H \times 0.85H$	$0.085H^2$	$0.085H^2 \gamma_{\text{muro}}$
W2	$\frac{1}{2} \times 0.85H \times 0.26H$	$0.1105H^2$	$0.1105H^2 \gamma_{\text{muro}}$
W3	$0.15H \times 0.6H$	$0.09H^2$	$0.09H^2 \gamma_{\text{muro}}$
Ws1	$\frac{1}{2} \times 0.85H \times 0.26H$	$0.1105H^2$	$0.1105H^2 \gamma_{\text{suelo}}$
Ws2	$0.1H \times 0.85H$	$0.085H^2$	$0.085H^2 \gamma_{\text{suelo}}$
			$0.2855H^2 \gamma_{\text{muro}} + 0.1955H^2 \gamma_{\text{suelo}}$

$$\Sigma FV = H^2 (0.2855 \gamma_{\text{muro}} + 0.1955 \gamma_{\text{suelo}})$$

Como
$$FS(\text{deslizamiento}) = \frac{(\sum FV) \tan \frac{2}{3} \phi_2 + B \frac{2}{3} c_2}{Ea}$$

Entonces:

$$FS(\text{deslizamiento}) = \frac{H^2(0.2855 \gamma_{\text{muro}} + 0.1955 \gamma_{\text{suelo}}) \tan \frac{2}{3} \phi_2 + 0.4c_2H}{Ea}$$

Donde:

$$F \text{ ejercida por el muro} = 0.2855 H^2 \tan\left(\frac{2}{3} \phi_2\right) \gamma_{\text{muro}}$$

$$F \text{ ejercida por el suelo} = 0.1955 H^2 \tan\left(\frac{2}{3} \phi_2\right) \gamma_{\text{suelo}}$$

$$F \text{ ejercida por el suelo de la cimentación} = 0.4Hc_2$$

La ecuación del factor de seguridad involucra cuatro valores: la fuerza ejercida por el muro, la fuerza ejercida por el material de relleno, la fuerza ejercida en la base de la cimentación y el empuje activo.

Con ayuda de los siguientes cuadros se obtiene un nomograma para el cálculo de cada una de las fuerzas antes citadas.

CUADRO N° 3.2 Características del suelo

Tipo de terreno	γ_{suelo}	Φ	$K_a = \frac{\tan^2(\pi/4 - \Phi/2)}{\dots}$	γK_a	$\tan 2/3 \Phi$	$\gamma \tan 2/3 \Phi$
Grava y arena compacta	2.0	30	0.33	0.67	0.36	0.73
Grava y arena suelta	1.7	30	0.33	0.57	0.36	0.62
Arcilla	2.1	20	0.49	1.03	0.24	0.50
Arcilla seca	1.6	42	0.20	0.32	0.53	0.85
Arcilla húmeda	2.0	22	0.45	0.91	0.85	0.52
Arena Seca	1.6	32	0.31	0.49	0.39	0.62
Arena húmeda	1.8	40	0.22	0.39	0.50	0.90
Gravilla seca	1.85	37	0.25	0.46	0.46	0.85
Tierra vegetal	1.7	25	0.41	0.69	0.30	0.51
Pedraplen	1.8	40	0.22	0.39	0.50	0.90
Terraplén seco	1.4	37	0.25	0.35	0.46	0.64
Terraplén húmedo	1.6	45	0.172	0.27	0.58	0.92

CUADRO N° 3.3 Características del muro

Material del muro	Peso específico (t/m ³)
Ladrillo cerámico perforado	1.5
Ladrillo cerámico macizo	1.8
Concreto en masa	2.2
Concreto armado o mampostería de arenisca	2.4
Mampostería de caliza o mampostería de granito	2.6
Sillería de caliza	2.7
Sillería de granito	2.8

El primer nomograma sirve para calcular el empuje ejercido por el relleno al muro, es decir el empuje activo, el cual posee la siguiente fórmula:

$$Ea = \frac{1}{2} \gamma_{suelo} K_a H^2$$

$$\text{Donde } K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right).$$

El nomograma N°1 se utiliza de la siguiente manera:

Conocida la altura total que tendrá el muro y el material de relleno, se procede a unir estos valores por medio de una línea recta y en el punto donde dicha línea intercepte el eje de los empujes, este valor será el valor del empuje activo en t/m.

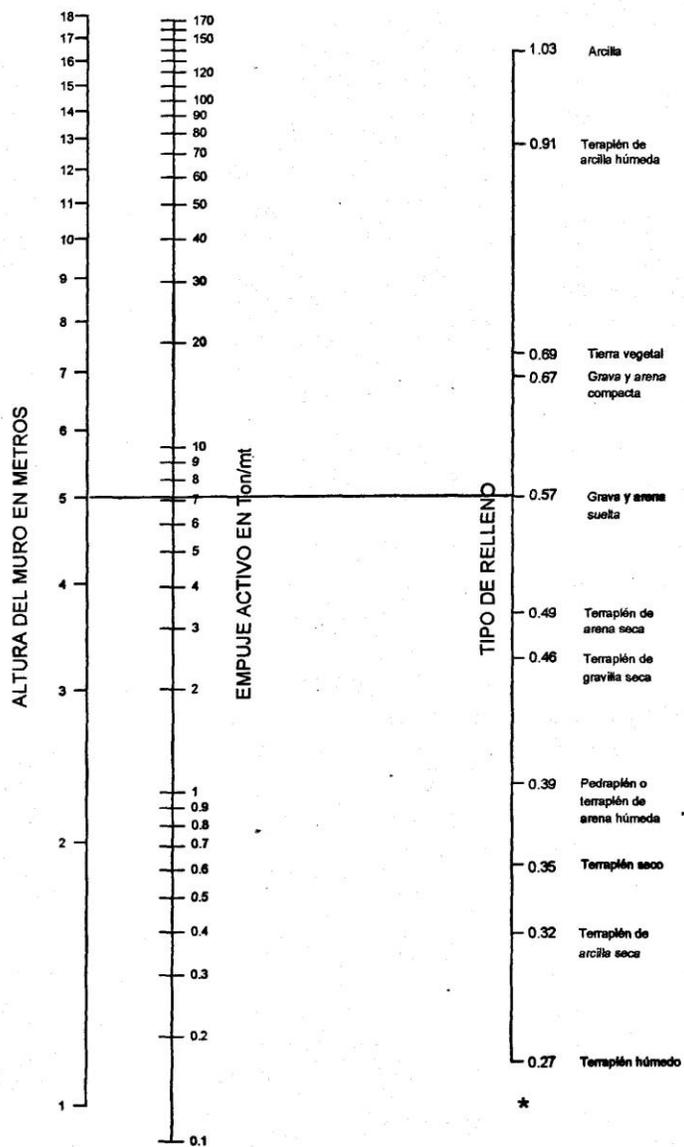
Por ejemplo se tiene un muro con una altura de cinco metros y con material de relleno de grava y arena suelta, entonces:

Del nomograma N°1 se lee $Ea = 7.05 \text{ t/m}$

Utilizando la fórmula y los valores de la tabla 3.7

$$Ea = \frac{1}{2} \gamma_{suelo} H^2 K_a = \frac{1}{2} (1.7)(5)^2 (0.33) = 7.01 \text{ t/m}$$

NOMOGRAMA N°1 EMPUJE ACTIVO



* = valores del producto del peso específico del material de relleno por K_a

El segundo nomograma sirve para calcular la fuerza vertical ejercida por el muro, la cual posee la siguiente fórmula:

$$F_{ejercida\ por\ el\ muro} = 0.2855 H^2 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_2\right)\gamma_{muro}$$

El nomograma N°2 se utiliza de la siguiente manera:

Conocida la altura total que tendrá el muro y el material de la cimentación, se procede a unir estos valores por medio de una línea recta que interceptará el eje sin valores ni escala que se encuentra entre estos valores. Determinando el tipo de material con que se construirá el muro, se ubica su valor en su respectivo eje y se traza una línea recta que una tal punto con el punto de intercepción de la línea trazada anteriormente. Donde la segunda línea intercepte el eje que corresponde a la fuerza ejercida por el muro, ese punto, será el valor que corresponda a tal magnitud en t/m.

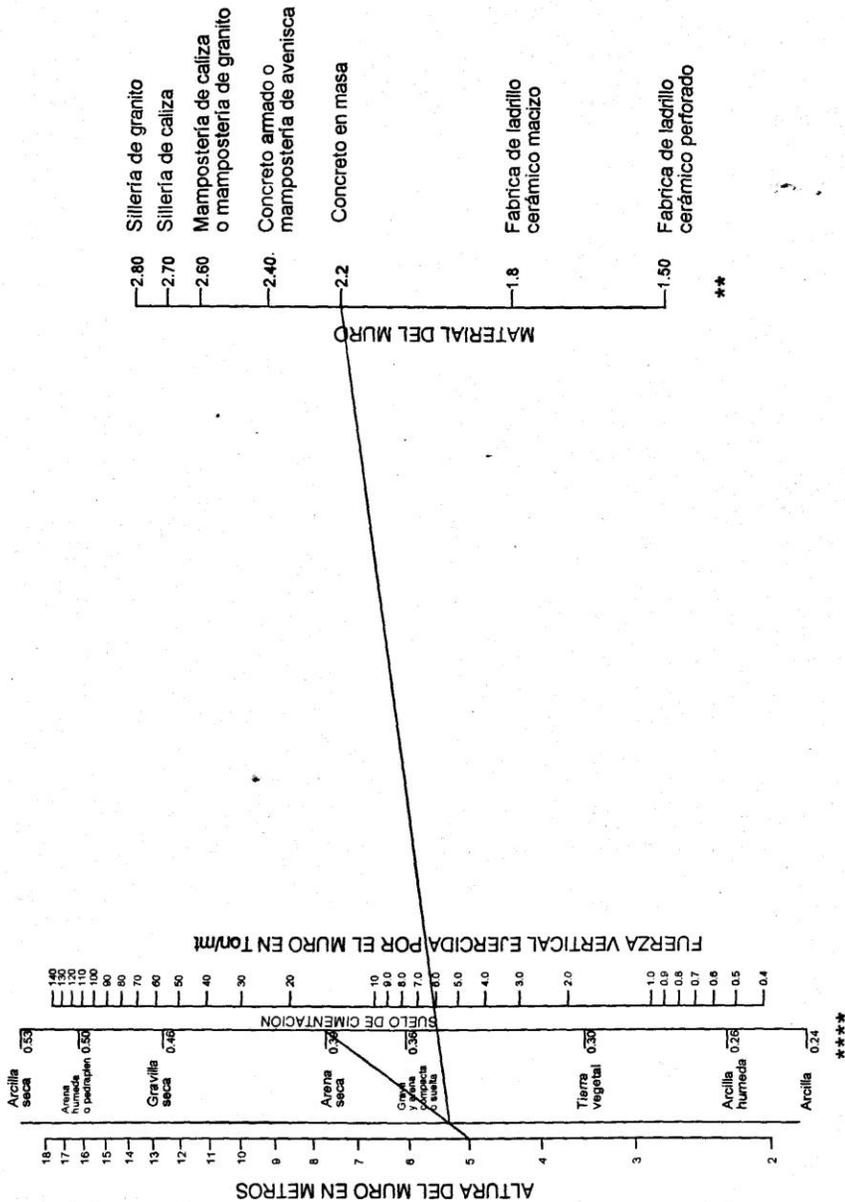
Siguiendo con el muro utilizado en el nomograma N°1 y estableciendo que el muro se construirá con concreto en masa sobre arena seca, del nomograma N°2 se lee $F_{ejercida\ por\ el\ muro} = 6\ t/m$

Utilizando la fórmula y los valores de la tabla 3.7 y 3.8 se tiene que:

$$F_{ejercida\ por\ el\ muro} = 0.2855 H^2 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_2\right)\gamma_{muro}$$

$$F_{ejercida\ por\ el\ muro} = 0.2855(5)^2(0.39)(2.2) = 6.12\ t/m$$

NOMOGRAMA N°2 FUERZA VERTICAL EJERCIDA POR EL MURO



** = valores del peso específico del material de construcción del muro

**** = valores de $Tan\frac{2}{3}$ del ángulo de fricción interna del material de la cimentación

El tercer nomograma sirve para calcular la fuerza vertical ejercida por el relleno, la cual posee la siguiente fórmula:

$$F \text{ ejercida por el suelo} = 0.1955 H^2 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_2\right)\gamma_{\text{suelo}}$$

El nomograma N°3 se utiliza de la siguiente manera:

Conocida la altura total que tendrá el muro y el material de relleno, se procede a unir estos valores por medio de una línea recta que interceptará el eje sin valores ni escala que se encuentra entre estos valores. Luego ubicando el material de la cimentación en su respectivo eje se traza una línea recta que una tal punto con el punto de intercepción de la línea trazada anteriormente con el eje sin valores. Donde la segunda línea intercepte el eje que corresponde a la fuerza ejercida por suelo de relleno, ese punto será el valor que corresponda a la magnitud en t/m.

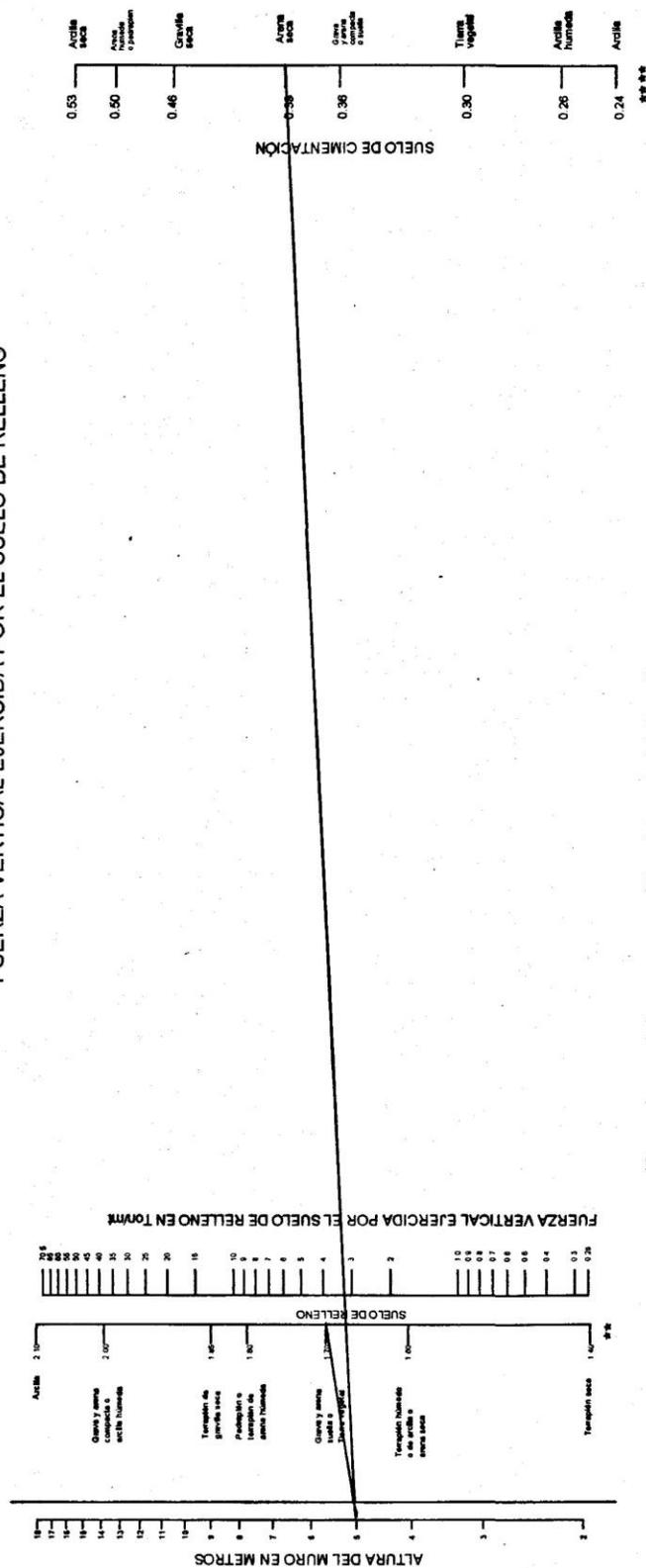
Siguiendo con el muro utilizado en los nomogramas N°1 y N°2, del nomograma N°3 se lee $F \text{ ejercida por el suelo de relleno} = 3.2 \text{ t/m}$

Utilizando la fórmula y los valores de la tabla 3.7 y 3.8 se tiene que:

$$F \text{ ejercida por el suelo} = 0.1955 H^2 \tan\left(\frac{2}{3}\phi_2\right)\gamma_{\text{suelo}}$$

$$F \text{ ejercida por el suelo} = 0.1955(5)^2(0.39)(1.7) = 3.24 \text{ t/m}$$

NOMOGRAMA Nº3
FUERZA VERTICAL EJERCIDA POR EL SUELO DE RELLENO



** = valores del peso específico del material de relleno

**** = valores de $Tan^2/3$ del ángulo de fricción interna del material de la cimentación

El cuarto nomograma sirve para calcular la fuerza vertical en la base del muro, la cual posee la siguiente fórmula:

$$F_{\text{vertical en la base del muro}} = 0.4Hc_2$$

El nomograma N°4 se utiliza de la siguiente manera:

Conocida la altura total que tendrá el muro y la cohesión del suelo de la cimentación, se procede a unir estos valores por medio de una línea recta y en el punto donde la línea intercepte el eje de la fuerza vertical en la base del muro, este valor será el de la magnitud en t/m

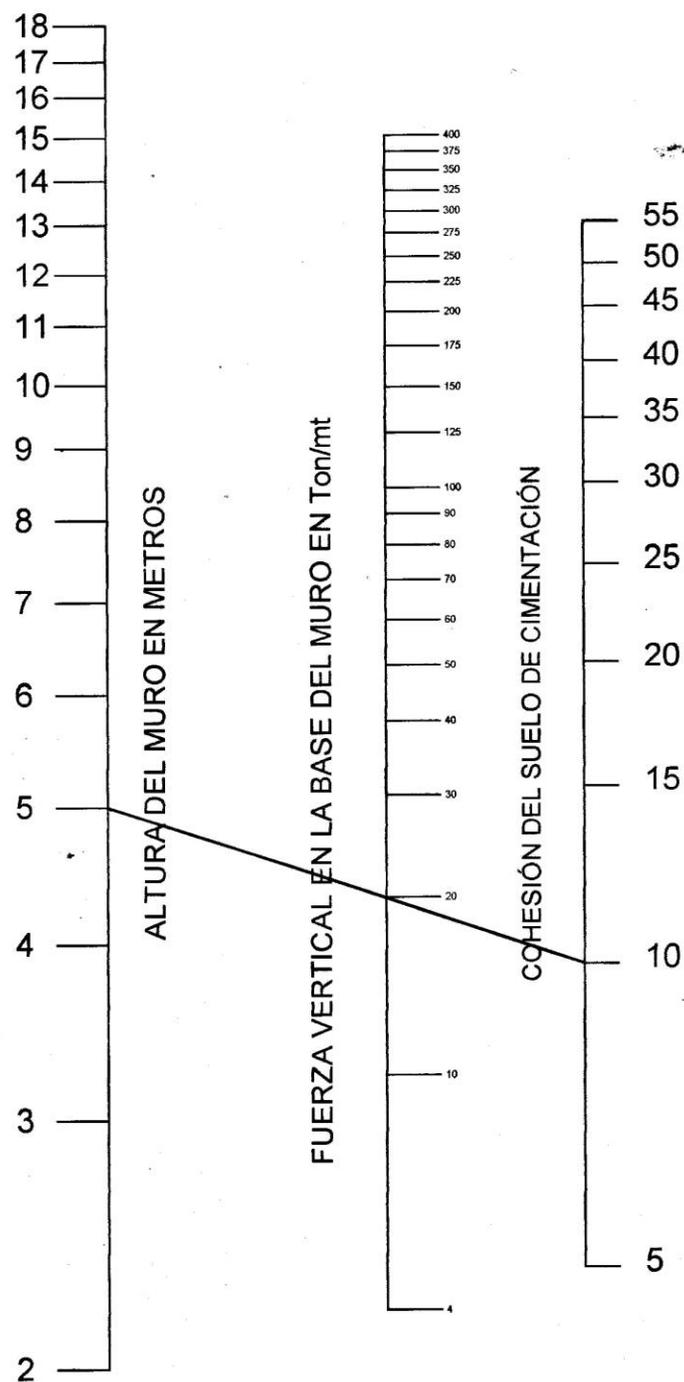
Por ejemplo el muro de los nomogramas anteriores posee una altura de cinco metros y una cohesión en el suelo de la cimentación de 10, entonces:

Del nomograma N°4 se lee $F_{\text{en la base del muro}} = 20 \text{ t/m}$

Utilizando la fórmula y los valores de la tabla 3.7 se tendrá que:

$$F_{\text{vertical en la base del muro}} = 0.4Hc_2 = (0.4)(5)(10) = 20 \text{ t/m}$$

NOMOGRAMA N°4 FUERZA VERTICAL EN LA BASE DEL MURO



El quinto nomograma sirve para calcular el factor de seguridad al deslizamiento del muro, el cual posee la siguiente fórmula:

$$FSD = \frac{0.2855 H^2 \tan\left(\frac{2}{3} \phi_2\right) \gamma_{muro} + 0.1955 H^2 \tan\left(\frac{2}{3} \phi_2\right) \gamma_{suelo} + 0.4 H c_2}{Ea}$$

El nomograma N°5 se utiliza de la siguiente manera:

Conocidos los valores del empuje activo y de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro, se prosigue a sumar las fuerzas, ya que se puede dar el caso de que el suelo de la cimentación no posea cohesión, por lo que este valor no tiene que ser incluido en la sumatoria de las fuerzas; es por esta razón que existe un nomograma para cada una de ellas.

Una vez determinada la sumatoria de fuerzas verticales, se ubica su valor en el eje correspondiente, luego este se une por medio de una línea recta al valor del empuje activo y esta línea se prolonga hasta interceptar el eje en donde están los factores de seguridad, leyéndose el dato de éste último y obteniéndose su valor.

Para el muro analizado:

De las lecturas de los nomogramas N°2, N°3 y N°4:

$$\Sigma \text{ Fuerzas verticales} = 6.0 \text{ t/m} + 3.2 \text{ t/m} + 20 \text{ t/m} = 29.2 \text{ t/m}$$

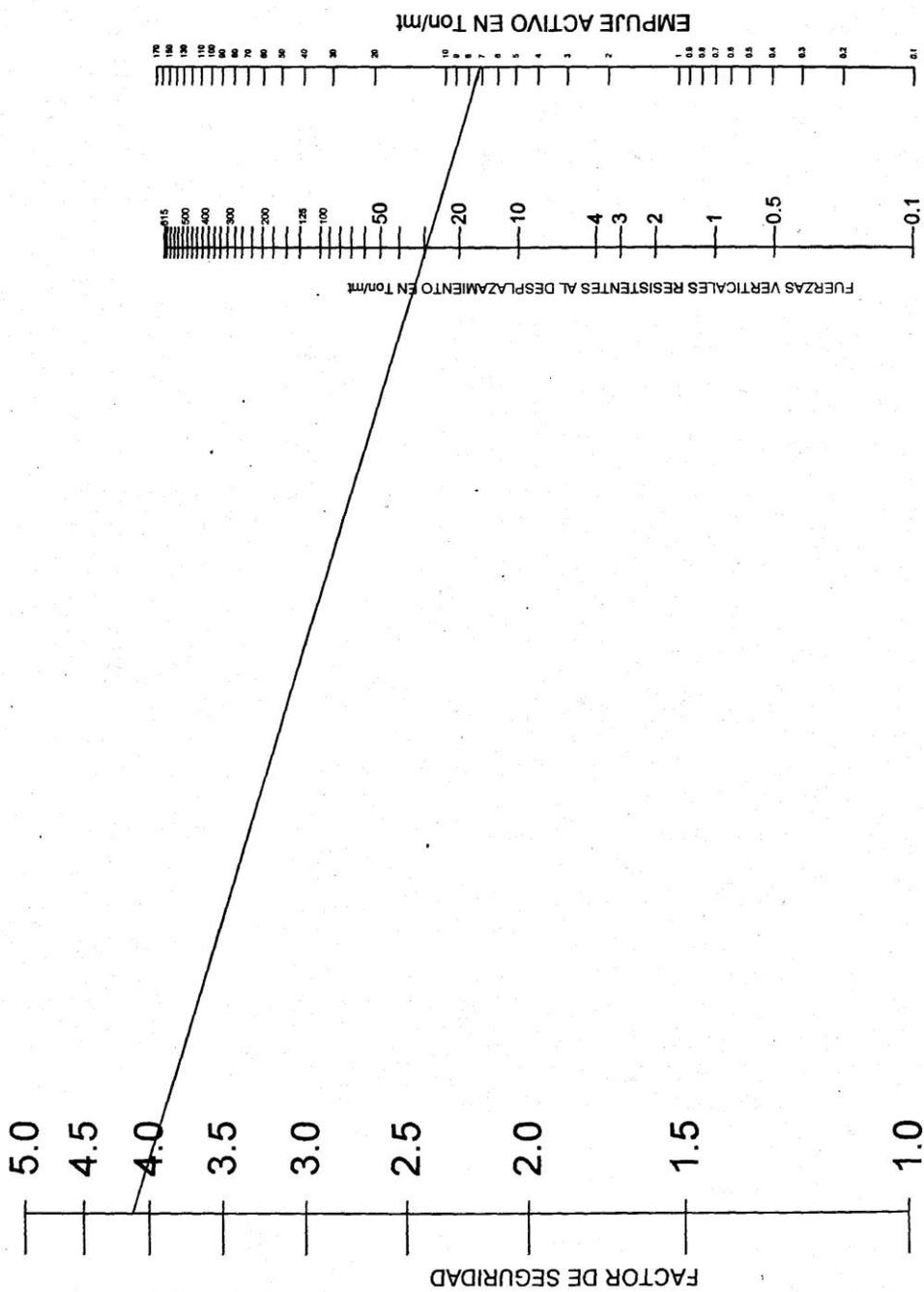
De la lectura del nomogramas N°1:

$$Ea = 7.05 \text{ t/m}$$

Del nomograma N°5: $FSD = 4.2$

De los valores de las fórmulas: $FSD=4.18$

NOMOGRAMA N°5
FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO



3.2 ELABORACION DE AYUDAS AL CONSTRUCTOR

3.2.1 Según el tipo de problema a solucionar

La elección de una de las diferentes alternativas de construcción de muros como solución a un problema específico está en función de factores económicos, socio-culturales, topográficos, geológicos, de espacio y en especial del tipo de problema a solucionar.

Los problemas cuya solución culmina, generalmente, con la construcción de un muro, son los siguientes:

- Contención de masas de suelo. Las masas de suelo han sido formadas natural o artificialmente, y generalmente, no están provistas de confinamiento en uno de sus extremos, por lo que están propensas a que se desconformen debido a los empujes ejercidos por el peso propio del suelo y los demás factores que lo influyen (ver figura No.3.7). En base a condiciones del terreno y características del suelo, se determinará si es o no necesaria la construcción de un muro (ver figura No.3.8) , ya que muchas veces se pueden estabilizar las masas de suelo mediante otras alternativas muy eficientes tales como: recubrimientos con mallas metálicas o geotextiles* en forma de mallas, bandas, marcos, etc., hechura de barreras vivas, palo pique, etc.

* Geotextil, también se utiliza como refuerzo en la conformación interna de una masa de suelo terraplenada o tierra armada.

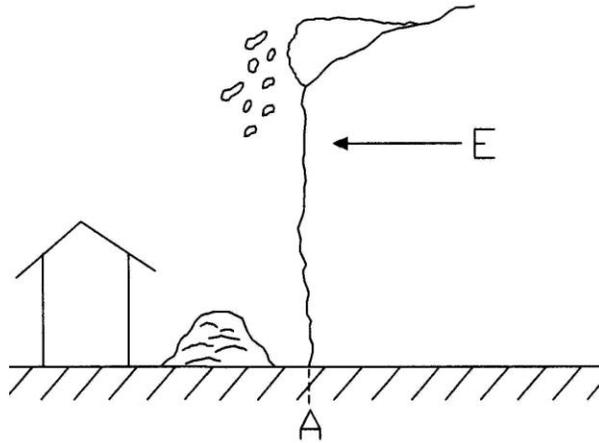


FIGURA No.3.7 Talud sin confinamiento lateral

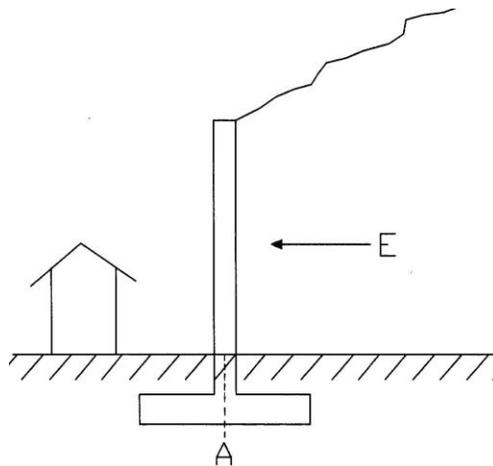


FIGURA No.3.8 Confinamiento del talud por medio de un muro de retención

- Control de terrazas. Generalmente este problema se da en la construcción de proyectos urbanísticos y es creado por la necesidad del aprovechamiento de los terrenos y protección de zonas de alto riesgo como desniveles de terrazas mayores que 1m, ya sean estos naturales o artificiales, márgenes de los ríos y laderas de pendientes

pronunciadas. Debido a que el control de laderas por medio de la conformación de taludes requiere mucho espacio para lograr que las laderas sean estables, es que se opta por la construcción de muros de retención. Generalmente, en proyectos urbanísticos, hoy se prefiere no construir muros de mampostería de piedra, ya que necesitan una área muy grande para el acopio de la piedra, por lo que una de las soluciones más utilizadas son los muros de mampostería reforzada o de bloques de concreto, los que se construyen con elementos prefabricado, precolados o presforzados.

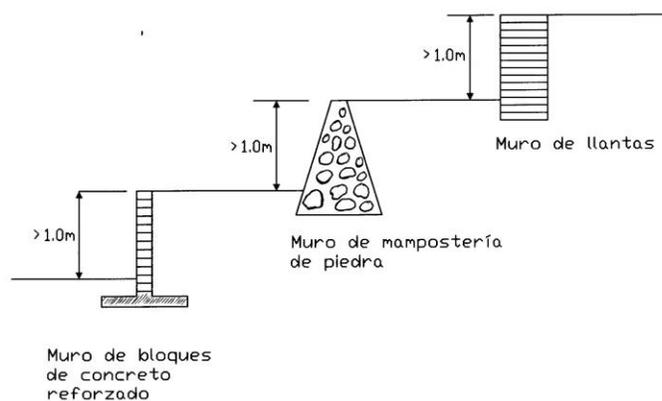


FIGURA No.3.9 Tipos de muro utilizados para la conformación de terrazas
(con $H > 1.0m$)

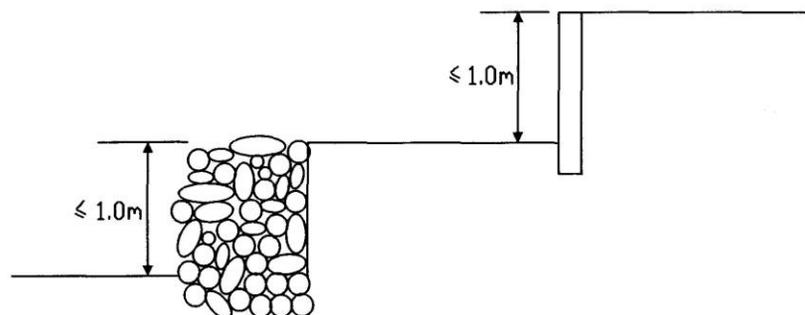


FIGURA No.3.10 Tipos de muro utilizados para la conformación de terrazas
(con $H \leq 1.0m$)

- Soporte de cargas en el suelo inducidas por sobrecargas. En situaciones en que cercano al borde de un talud no estabilizado se proyecte construir alguna estructura que incremente las cargas ejercidas por el suelo, contribuyendo a la inestabilidad del talud, es necesario la construcción de muros para soportar y absorber los esfuerzos provocados por tales cargas.
- Soporte directo de cargas verticales. Existen estructuras como puentes, en las cuales algunos de sus elementos necesariamente tienen que ubicarse muy cerca a los bordes de un talud, para lo cual, se requiere de elementos para el apoyo de estos. Tales elementos, son conocidos comúnmente como la sub-estructura, y estos se convierten

en el transmisor y disipador de las cargas ejercidas por la superestructura al suelo. Para este caso, los muros comúnmente construidos son los de concreto reforzado, ya que poseen las características de resistencia para absorber la magnitud de las cargas; también, los muros gaviones por su versatilidad en adaptarse a terrenos muy quebrados, presentan características que los convierten en una buena solución.

Los muros de cimentación también funcionan de esta manera, se colocan cuando se ha previsto que el suelo de cimentación no cumple con la capacidad de carga requerida. Según el caso, el muro que queda confinado, se hace de piedra cuarta, gravas, arenas, o suelo sano en el espesor requerido y compactado, basándose en las normas de compactación o en el caso de suelo sano por lo menos cumplirá el 95% de compactación.

- Canalización de cursos de agua. Muchos cauces naturales o artificiales necesitan obras de protección en sus orillas, para evitar la erosión provocada por las corrientes de agua, esto se logra de manera eficiente por medio del revestimiento de las orillas y del fondo. Los beneficios logrados por medio de la protección de las riveras de ríos son, por ejemplo, la reducción de fugas de agua del cauce hacia el campo o infiltración en sentido opuesto, protección de la orilla y del

fondo contra la erosión. Debido a la versatilidad y rapidez de ejecución, estas obras, generalmente, son construidas con colchones de piedra, confinados por mallas y revestidos.

- Taludes con esfuerzos de cortante excesivos. En este caso, las condiciones de esfuerzo no son normales ya que se estaría ejerciendo en la masa de suelo un cortante excesivo, para lo cual, es necesario dotar al muro, de elementos rigidizantes y estabilizantes denominados contrafuertes, estos tienen la función de absorber los esfuerzos y transmitirlos a la base. Estos elementos pueden ser construidos en el trasdós o en el intrados.

En el caso que en base al estudio de suelos y análisis de resultados se concluya de que no es del todo necesario la construcción de un muro de retención para proporcionar la estabilidad requerida al talud, se puede optar por cualquiera de los siguientes métodos de estabilización de taludes (ver figuras No.3.11 a 3.13).

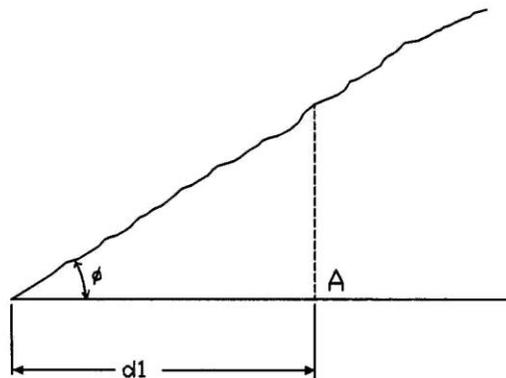


FIGURA No.3.11 Estabilización de taludes por medio del abatimiento del talud

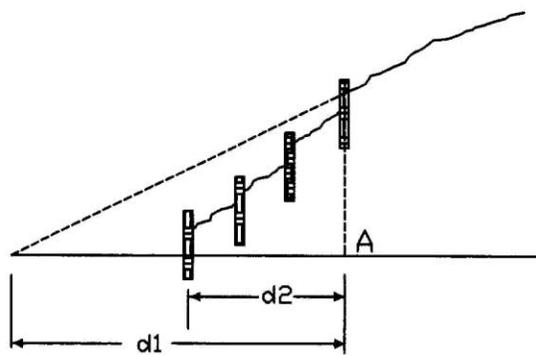


FIGURA No.3.12 Estabilización de taludes por medio del escalonamiento del talud

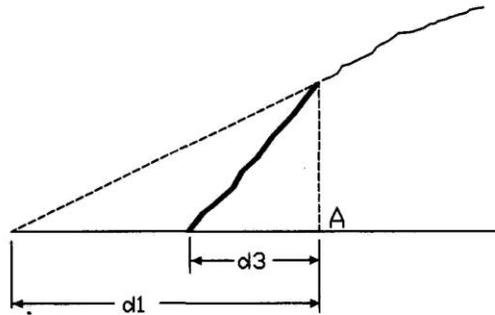


FIGURA No.3.13 Estabilización de taludes por medio del revestimiento del talud

Como se puede observar, en las tres alternativas anteriormente reflejadas por las figuras, existe una diferencia muy importante entre ellas, el espacio, el cual para la estabilización por medio de el abatimiento del talud es mucho mayor que el requerido para la estabilización por medio de la creación de terrazas y el revestimiento. Esta característica deberá ser tomada en cuenta al encontrar un problema de estabilización de taludes.

En base a las diferentes soluciones que se le han dado a problemas generales, se ha elaborado el cuadro N° 3.4 como guía para elegir alguna alternativa de solución propuesta ante algún problema que se presente. Para la elección de cualquier alternativa, tomar en consideración todos los factores que intervienen en el diseño, construcción y funcionamiento del muro.

CUADRO N° 3.4 Problemas comunes y posibles soluciones

PROBLEMA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIONES GENERALES	CONSIDERACIONES
Retención de masas de suelo	Este problema crea la necesidad de confinar artificialmente las masas de suelo para impedir el movimiento de estas.	<ul style="list-style-type: none"> Muros en voladizo: hechos de concreto reforzado, constan de un tallo delgado y de una losa base. 	<ul style="list-style-type: none"> Es económico hasta una altura aproximada de 8.0m.
		<ul style="list-style-type: none"> Muros de gravedad: son contruidos de concreto simple o de mampostería de piedra. 	<ul style="list-style-type: none"> No es económico para alturas mayores que 6.0m. Están diseñados para resistir los esfuerzos en base a su propio peso. Se necesita, cercano a la construcción del muro, una área de gran magnitud para el acopio del material, por lo que en urbanizaciones no son muy utilizados.
		<ul style="list-style-type: none"> Muros de bloques de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> Para estos fines, deben estar dotados de elementos verticales (contrafuertes) de concreto reforzado a cierta distancia, formando tableros. La distancia entre contrafuertes no es mayor que 3.0m. Dimensiones de bloques: 0.2m x 0.40m x 0.20 m.

Control de Terrazas	Son las diferencias de nivel entre un superficie y otra, lo cual crea una inestabilidad al no estar confinado el suelo en la parte superior.	<ul style="list-style-type: none"> • Muros Secos: son muros generalmente de piedra, los cuales no llevan ningún tipo de material ligante (cementante) entre las piezas, su estabilidad depende de la trabazón existente entre ellas debido a su angulosidad pronunciada y el arreglo hecho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se construyen para alturas menores o iguales a 1.0m • Los factores más importantes a considerar son la angulosidad de la piedra y la disposición de estas en su proceso constructivo.
		<ul style="list-style-type: none"> • Muros de Bloques huecos generalmente de concreto reforzados con hierro estructural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es una alternativa cuando el desnivel es mayor que 1.0m. • El proceso constructivo es más rápido que el de los muros de mampostería de piedra.
		<ul style="list-style-type: none"> • Muros de llantas. Son muros de tipo artesanal cuya técnica de construcción se desarrollo en el capítulo anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si no son construidos combinados con alguna estructura de concreto reforzado su altura máxima será menor que 2.5m. • Si son combinados se pueden alcanzar alturas hasta de 5.0m. • El suelo para el llenado de las llantas así como el de relleno, detrás del muro, debe ser suelo selecto (tierra blanca).
		<ul style="list-style-type: none"> • Muros de mampostería de piedra. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es económico para alturas mayores que 6.0m.

Delimitación de terrenos	El problema está basado en la necesidad de aislar alguna propiedad proporcionándole la privacidad requerida por medio de la construcción de alguna obra.	<ul style="list-style-type: none"> Muros de bloques de concreto, reforzados. 	<ul style="list-style-type: none"> Para este tipo de situación estos muros pueden o no estar provistos de contrafuertes, lo cual dependerá de la longitud del muro. En el caso que no posean contrafuertes, se colocarán juntas a una distancia no mayor que 3.0m.
Protección de taludes	El problema radica en que existen suelos que conforman un talud y no se encuentran en condiciones satisfactorias para su conformación, existiendo el riesgo de que en el talud puedan ocurrir fallas.	<ul style="list-style-type: none"> Abatimiento de taludes: consiste en tender el talud con el fin de hacerlo más estable. 	<ul style="list-style-type: none"> Esta solución es eficiente cuando el suelo componente del talud sea del tipo friccionante. Se debe tomar en cuenta el área que ha de perderse al tender el talud.
		<ul style="list-style-type: none"> Escalonamiento de taludes: este método se basa en el hecho de que al escalonar el talud se hace funcionar a este como una serie de taludes de menor altura. 	<ul style="list-style-type: none"> Los parámetros a tomar en cuenta son el ancho de los escalones, y la diferencia de elevación entre ellos. Se requiere construir un sistema de drenaje a cada uno de los escalones.

		<ul style="list-style-type: none"> • Revestimiento de taludes: consiste en añadir al suelo una sustancia que mejore sus características de resistencia como por ejemplo: cemento, asfalto o sales químicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al pie del talud es necesaria la construcción de canaletas o estructuras para recibir el agua que escurre por la superficie. • En algunos casos, es necesaria la construcción de disipadores de energía, por ejemplo, los escalones de piedra o de concreto.
--	--	--	---

3.2.2 Según características del muro

Las características principales de los muros de retención están en función del diseño, construcción y funcionamiento de estos. El buen diseño del muro dependerá de la elaboración de un completo estudio de suelos necesario para la obtención de los parámetros requeridos para el cálculo de este, tales como ángulo de fricción interna, cohesión, peso volumétrico, granulometría, esfuerzo admisible del suelo, etc.

Para garantizar la buena construcción del muro, es necesario contar con una persona encargada de llevar el control de los procesos constructivos, la calidad de los materiales utilizados y el avance de la obra.

El funcionamiento adecuado del muro dependerá del buen su diseño, adecuado proceso constructivo y del mantenimiento que se debe realizar.

3.2.3 Según el tipo de suelo

El suelo a considerar en la construcción de muros de retención es el suelo detrás del muro y el suelo bajo la cimentación. En el cuadro N° 3.5 se encuentran los suelos típicos encontrados y las consideraciones a tomar para la construcción de muros.

CUADRO N° 3.5 Características de los muros dependiendo del tipo de suelo

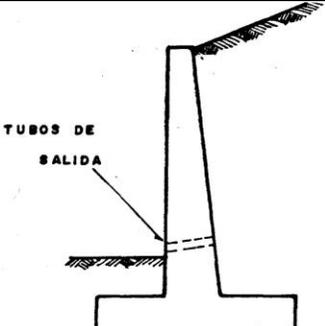
SUELO BAJO LA CIMENTACIÓN			
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS	CONSIDERACIONES	CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS DEL MURO
Roca	<ul style="list-style-type: none"> • Posee excelente resistencia a la capacidad de carga 100 Kg/cm² a 500 Kg/cm². • No produce asentamientos en la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere una eficiente exploración del suelo para determinar la profundidad, espesor y estado de sanidad de la roca así como también la existencia de la cantidad de fisuras (RQD). 	<ul style="list-style-type: none"> • La base del muro debe de tener un ancho mínimo de 0.2m. • Los materiales de construcción pueden ser de cualquier tipo, dependiendo de factores económicos, espacio y el tipo de problema a resolver.

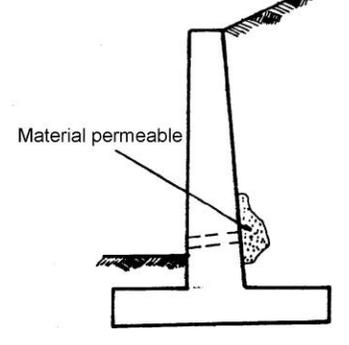
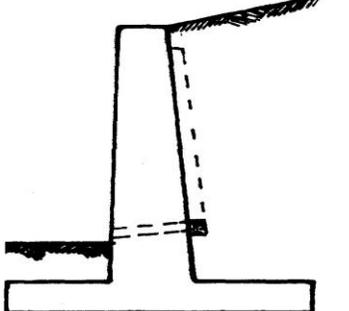
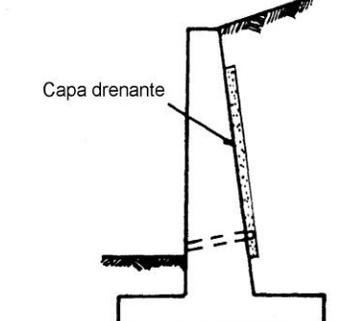
Suelos compresibles	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen una baja capacidad de carga. • Producen asentamientos excesivos ante la aplicación de cargas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si este suelo no es removido totalmente, se requerirá de un tratamiento por medio de agentes estabilizantes. • Evaluar la posible construcción de muros rígidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso de construir muros flexibles para solventar el problema, tomar en cuenta en el diseño, los asentamientos que se tendrán y las deformaciones geométricas por efecto del acomodamiento provocado por empujes y presiones.
SUELO DETRÁS DEL MURO			
Suelos de alta permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Contienen poros que están interconectados entre sí. • Permiten un eficiente transporte del agua infiltrada en su interior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que sobre el relleno no se evacue agua, de manera artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotar al muro, de aliviaderos para evacuar el agua. • Si no es posible colocar aliviaderos, impermeabilizar el paramento interno y colocar una tubería de drenaje en la parte inferior del muro.
Suelos de baja permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Presentan dificultades al transporte del agua en su interior. • Generalmente son suelos arcillosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Detrás del muro, sustituir el material encontrado por uno que posea adecuadas características de permeabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotar al muro, de aliviaderos para evacuar el agua; si no es posible, colocar aliviaderos, impermeabilizar el paramento interno y colocar una tubería de drenaje en la parte inferior del muro.

3.2.4 Según los detalles del muro

Los detalles más importantes a considerar para el buen funcionamiento de los muros de retención, son los sistemas de drenaje y las juntas. Los tipos de drenaje dependerán de las características drenantes del suelo y del uso que se le dará al muro. La presencia de agua en el muro es común, por lo que se requiere la construcción de un sistema de drenaje que minimice los efectos negativos ocasionados por la presencia del agua. El diseño eficiente de una obra drenante es una precaución obligada ya que las teorías clásicas de empujes en suelos no incluyen los efectos de la presión del agua acumulada en el relleno. En muchas ocasiones, el terreno delante del muro será utilizado para fines que no permiten el escurrimiento, la evacuación del agua por la pantalla del muro, por lo cual, se hace necesaria la recolección interna del agua a través de drenajes para su posterior evacuación. Ver cuadro N° 3.6.

CUADRO N° 3.6 Diferentes tipos de drenajes en muros de retención

Dispositivo de drenaje	Nombre y descripción	Características
	<ul style="list-style-type: none"> • Dren con tubos de salida: son tubos que atraviesan el muro permitiendo evacuar el agua filtrada y su construcción paralela al avance en altura del muro. 	<ul style="list-style-type: none"> • El diámetro de estos es variable, dependiendo del tipo de suelo de relleno, tomando como mínimo 4 pulgadas. • La separación máxima horizontal y vertical es de 1.5m. • Se colocan sin material filtrante para casos en los cuales el relleno es muy permeable (pedacería de roca o grava).

	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de salida con material permeable. Al igual que los anteriores son tubos que atraviesan el muro permitiendo evacuar el agua filtrada y su construcción paralela al avance en altura del muro, con la diferencia, que en la entrada de cada uno de los tubos se coloca cierta cantidad de material granular muy permeable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su construcción es conveniente en rellenos de alta permeabilidad (material granular sin finos). • Tiene el inconveniente que los finos contenidos en el relleno pueden ser arrastrados hasta llenar los huecos del material permeable contaminándolo e inutilizándolo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Drenes continuos: consisten en drenes horizontales que unen las entradas de los tubos de salida (o que sustituyen a estos cuando se eliminan o se obstruyen) y que descargan lateralmente afuera del muro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la descarga se haga lateralmente, afuera del muro, se evita el problema de verter el agua en la base del muro, humedeciendo el suelo en una zona que conviene mantener seca.
	<ul style="list-style-type: none"> • Capa continua drenante con capas continuas que se colocan cubriendo todo el respaldo del muro. En la actualidad, se utiliza mucho esta capa, en conjunto, con un colector en la parte inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite que el muro quede impermeabilizado evitando los posibles efectos negativos que el agua le puede ocasionar a la estructura, principalmente aumento de presiones internas que serán más severas durante el invierno.

Debido al elevado costo que acarrearía sustituir todo el suelo detrás del muro, se ha adoptado la técnica de sustituir sólo el material que queda por encima de una línea de 60° con la horizontal (ver figura No.3.14).

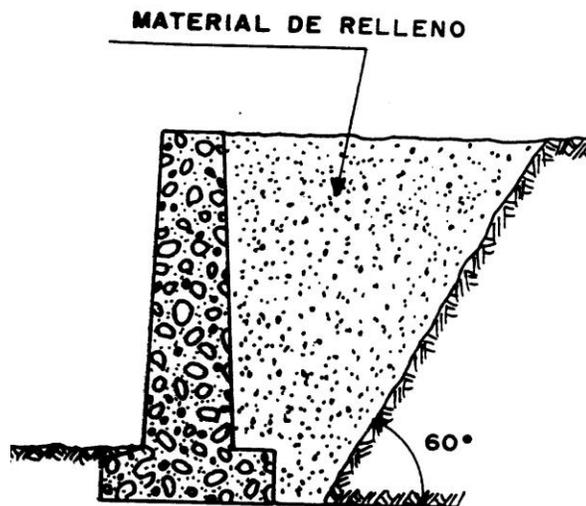


FIGURA No.3.14 Área mínima recomendada para sustitución del suelo de relleno

Para mejorar el funcionamiento estructural del muro se harán juntas a lo largo de estos, pueden ser de diferente tipo, ver cuadro No.3.7.

CUADRO N° 3.7 Tipos de juntas en la construcción de muros tradicionales

TIPO DE MURO	JUNTA	DESCRIPCIÓN	CONSTRUCCIÓN	FUNCIÓN
Muro de concreto reforzado	Junta de construcción (ver figuras No.3.15 y 3.16).	Son juntas horizontales o verticales colocadas entre dos coladas sucesivas.	<ul style="list-style-type: none"> Entre coladas sucesivas se colocan dentellones de construcción (ver figura No.3.15 y 3.16). Si no se usan dentellones se debe limpiar la superficie del primer colado para la posterior aplicación de aditivos epóxicos. 	Aumentan la resistencia al cortante provocado por el debilitamiento de la zona en donde se ubica la junta.
	Junta de contracción (ver figura No.3.17).	Son ranuras verticales situadas en la cara del muro (desde la parte inferior a la superior de la pantalla).	Se hacen por medio de sierras industriales que permitan lograr un espesor de junta de 6mm a 8mm y de 12mm a 16mm de profundidad.	Permite que el concreto se contraiga sin producir daños en su estructura.

	Junta de expansión (ver figura No.3.18).	Son verticales y atraviesan todo el espesor de la pantalla (desde la parte inferior a la superior de la pantalla).	<ul style="list-style-type: none"> • El método comúnmente utilizado es el del colado por tramos, haciendo coincidir la finalización del tramo con la ubicación de la junta. • Entre tramos sucesivos se colocan rellenos flexibles para juntas. • En la mayoría de los casos, el hierro de refuerzo horizontal que corre a través del tallo del muro, son continuas a través de todas las juntas, por lo tanto el hierro se engrasa para permitir que el concreto se expanda. 	Permite la expansión del concreto causada por cambios bruscos de temperatura.
Muros de mampostería de piedra		Son verticales y atraviesan todo el espesor de la pantalla (desde la parte inferior a la superior de la pantalla).	Generalmente las juntas se construyen en los cambios de sección del muro, en los cambios de pendiente, en situaciones en que la condición de esfuerzos es diferente.	Permiten que las diferentes secciones de los muros trabajen individualmente tal como han sido diseñados, desligando así una estructura de la otra.

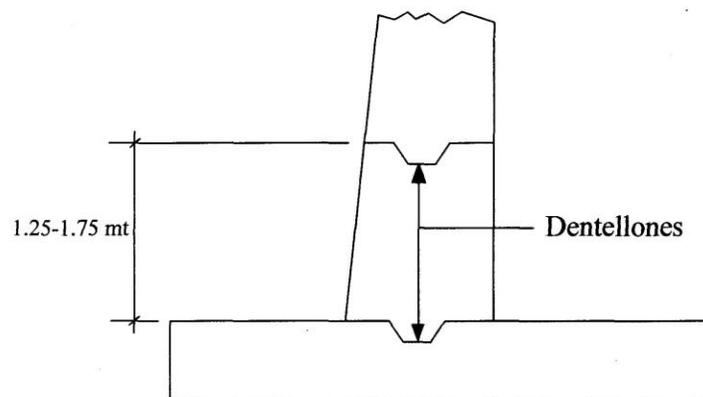


FIGURA No.3.15 Dentellones en junta de construcción

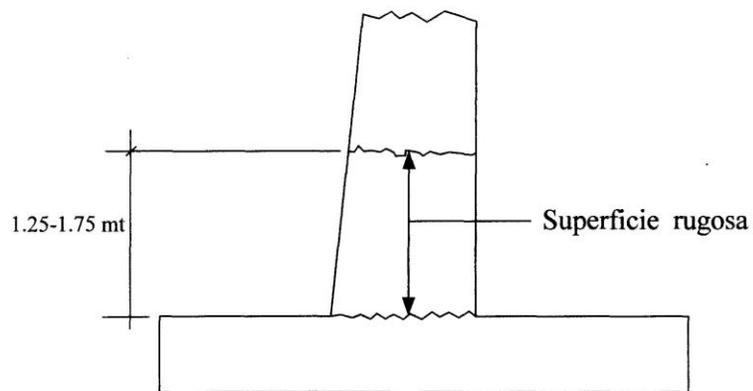


FIGURA No.3.16 Superficie rugosa en junta de construcción

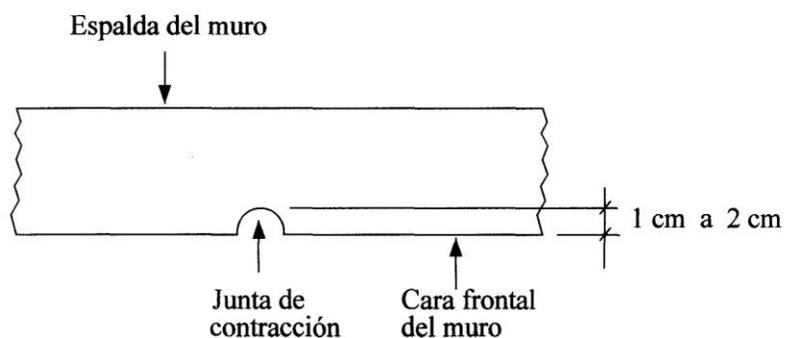


FIGURA No.3.17 Junta de contracción

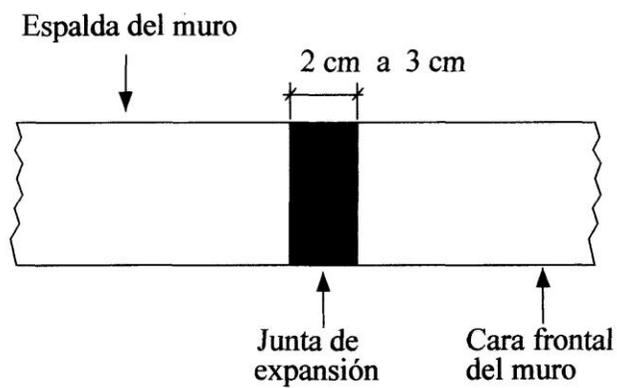


FIGURA No.3.18 Junta de expansión

3.3 AYUDAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

3.3.1 Planos y trazo

Es necesario que el encargado de dirigir una obra de construcción es necesario que conozca y analice los planos existentes. Por ejemplo, los planos hidráulicos, eléctricos, topográficos, de detalle, estructurales, etc.

Previo al inicio de la puesta en marcha del proyecto, el ingeniero residente debe estudiar los planos en cada una de sus partes, para que posteriormente en el campo pueda formular interrogantes a cerca de cualquier detalle del diseño durante la construcción .

La mayoría de los elementos que conforman una obra, poseen un lugar específico en los planos; así, los elementos que constituyen el sistema hidráulico están contenidos en los planos hidráulicos, los elementos estructurales en los planos estructurales y así para los demás elementos. El trazo, es la actividad de construcción que más apegada tiene que estar a los planos ya que de él depende que todos los elementos se ubiquen en el lugar que a cada cual se le ha establecido. Para facilitar los trabajos de trazo y lograr mayor exactitud, en el mismo, se dan las siguientes recomendaciones:

- Utilizar personal mínimo de tres personas.
- Se sugiere que la primera línea de referencia sea la que ha definido la OPAMSS en los planos, o en su defecto, utilizar una línea de colindancia.
- Tener mucho cuidado en no mover la línea de trazo, de referencia, durante todo el trabajo.
- En esta línea, se marcarán las intersecciones de los ejes definidos en los planos.

- Al tener los puntos determinantes del trazo, en el muro colindante, colocar los cordeles auxiliándose de niveletas.
- Verificar los ángulos comprendidos entre los ejes finales del trazo.
- Verificar el replanteo, nuevamente, a partir de los ejes, para minimizar los errores en el trazo.
- Equipo a emplear, éste dependerá de la magnitud de la obra a realizar. Por ejemplo, para una obra pequeña, la cinta y la plomada pueden proporcionar exactitud suficiente; pero para una construcción compleja será necesario el uso del teodolito. También, se pueden utilizar cartabones, formaletas o marcos conteniendo la geometría indicada, reglas guías o maestras sin graduación y graduadas a propósito.
- Las niveletas, ubicarlas en lugares estratégicos para que no entorpezcan las excavaciones.
- Tomar en cuenta los márgenes de error aceptables dentro de las tolerancias de la obra en ejecución, a partir de lo establecido en las especificaciones técnicas cuando se esté revisando el trazo.
- Es necesario considerar la distancia especificada para las juntas de dilatación, entre la futura construcción y las construcciones existentes (ver detalles en planos constructivos).

3.3.2 Especificaciones

Las constituyen el conjunto de documentos que se hayan preparado, incluyendo las especificaciones contractuales, especificaciones de construcción o técnicas y las disposiciones especiales, que son las que definen el proyecto y, cualquier apéndice que con relación a las mismas se emita. Las especificaciones para construcción de obras se componen de disposiciones generales y técnicas que son aplicables usualmente a tales construcciones; el objeto de las especificaciones es el de regir la construcción de una obra que se propone ejecutar. Los planos y las especificaciones se complementan entre sí.

3.3.3 Administración

La Administración, es la integración dinámica y óptima de las funciones de planeación, organización, dirección y control* para alcanzar el fin de unidad en los proyectos, de la manera más económica y en el menor tiempo posible, tiene como objetivo primordial obtener un equilibrio entre el ámbito, la programación y los recursos, que se traduce en la planeación, la organización, el control y seguimiento de las actividades del proyecto, las cuales constituyen las funciones básicas de la Administración de Proyectos.

Una buena administración se caracteriza por la capacidad de adaptabilidad a condiciones críticas que se presentan en los proyectos, especialmente en

* La ejecución es actividad obligada dentro del proceso de administración que precede a los citados y particularmente al control.

proyectos de obras civiles, donde las tomas de decisiones se presentan inesperadamente, y deben ser precisas y correctas, ya que significan grandes desembolsos de dinero; por lo tanto, es necesario que los sistemas, métodos, procedimientos y criterios que se utilicen, estén acorde a las condiciones existentes del proyecto.

En la Administración de proyectos no existe un método único. Así, el siguiente procedimiento, representa las funciones básicas de la administración, resumidas en cuatro pasos.

1. Definición del proyecto. Constituye la etapa donde se toman importantes decisiones para la ejecución del proyecto, por lo que hay que tomar en cuenta los siguientes pasos:
 - a) Definir el ámbito del proyecto. Consiste en definir los objetivos del proyecto; estos incluyen el alcance, quién o cuántos recursos serán afectados, el marco de tiempo y la estrategia a seguir, las actividades necesarias y fundamentales para el cumplimiento de los objetivos. Para determinar los objetivos del proyecto, hay que definir la funcionalidad del proyecto, el nivel socioeconómico a que se dirige el proyecto, destino del uso del proyecto (habitacional, servicio médico, etc.), la magnitud del proyecto. Por ejemplo si se trata de un proyecto habitacional se define por unidades habitacionales.

- b) Determinar los recursos. Consiste en definir todos los recursos disponibles, y además, necesarios, que permitan alcanzar los objetivos del proyecto, tales como: maquinaria, materiales, herramientas, montos de dinero y mano de obra.
 - c) Determinar cuáles son los límites de la programación. El tiempo que se tiene para finalizar el proyecto, los costos de las distintas etapas en continuidad, como lo establezca el diagrama de ruta crítica, ej. Proyecto, y los recursos humanos que cada actividad requiere, así como el nivel de balance en la inversión con el avance hasta el cierre del proyecto habiendo finalizado la obra.
2. Realizar un plan de proyecto. Un plan de proyecto forma parte de las cuatro funciones interactivas de la administración; sin embargo, también representa el núcleo de la administración de proyectos, donde se definen factores tales como: exactamente cuántas y cuáles son las actividades que deben realizarse, quién las va a realizar, el costo estimado de cada una de ellas, su secuencia, la dependencia entre ellas y duración parcial y total del proyecto. Su objetivo es permitir una visión integral del proyecto, previo a la construcción del mismo; por lo tanto, es importante para la ejecución de cualquier proyecto de obra civil, contar con un plan de proyecto que permita definir los factores antes mencionados. Para lograr

un plan de proyecto bien consolidado y eficaz, se requiere seguir el siguiente proceso:

- a) Identificar todas las actividades que comprende el proyecto para su realización, como también quiénes o con qué se realizarán.
 - b) Realizar una estimación del trabajo y del tiempo de ejecución de cada actividad. Es preferible, que esta información sea proporcionada por personas con experiencia, o bien por personas directamente implicadas en tal actividad.
 - c) Determinar la dependencia entre actividades. Es importante definir y tener claro, cuáles actividades comienzan después de otras, si existen actividades que pueden desarrollarse simultáneamente o deben terminar aproximadamente en igual fecha.
 - d) Indicar las delimitaciones de actividades. Consiste en especificar una fecha exacta o aproximada para el inicio de una o más actividades.
3. Control del plan de proyecto. La realización de un seguimiento al plan de proyecto, permite llevar un control del avance real de ejecución de las actividades y de las estimaciones planificadas; con lo cual, se hace posible establecer la necesidad de ajustar la programación cuando sea necesario para cumplir la fecha de finalización. La utilización del

monitoreo* en la ejecución del proyecto, permite manejar los siguientes aspectos:

- a) Definir y dirigir la obra con precisión.
- b) Mantener información sobre el desarrollo del proyecto, así como de su eficiencia, de acuerdo con lo programado, haciendo una comparación de los datos reales con los estimados originalmente.
- c) Revisar factores relativos a recursos, al ámbito y la programación para equilibrar las prioridades.
- d) Corregir defectos y analizar posibles imprevistos que puedan afectar lo programado.
- e) Revisar los recursos que fueron asignados a cada una de las actividades con el objeto de corregir posibles deficiencias o excesos en la asignación.

4. Cierre del proyecto. Esta etapa debe realizarse una vez finalizado el proyecto, con el fin de evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos, identificar y analizar los problemas surgidos durante el proceso de ejecución de la obra, todo esto, con el fin de hacer

* El monitoreo es de las actividades auxiliares muy importantes porque a través de este se determina con precisión la información veraz como dato de obra y el control de avance de realización de actividades y del proyecto mismo. Permite establecer los presupuestos reales para la toma de decisiones así como prever las continuas eventualidades que siempre ocurren y atinar a todo el control en la realización.

recomendaciones sobre cómo mejorar la planificación y el desarrollo en proyectos futuros. Específicamente, esta etapa permite: evaluar la efectividad del plan original con el progreso real que se tuvo de la obra, analizar problemas e identificar áreas que deben ser mejoradas, almacenar el archivo del proyecto para que sirva como base para trabajos similares, obtener el finiquito del proyecto.

En términos generales, la administración propiamente dicha del proyecto y de la realizadora del mismo establecen a través del catálogo analítico de cuentas, los correspondientes rubros de control para la realización. Así se reflejan los costos y los gastos, como los resultados y demás cuentas que tienen lugar durante el proyecto.

3.3.4 Costos y presupuesto

Dentro de la actividad económica de la construcción se suele utilizar el término costo como sinónimo de gasto*, y en ese sentido, es frecuente encontrar definiciones en las que se dice que los costos son la suma de gastos

* Cabe comentar, cualquier costo siempre llevará a la recuperación del mismo para efecto de recuperación de cualquier inversión. Consecuentemente, hacia la rentabilidad. Los gastos, se dice “que no son recuperables”, permitiendo la realización del proyecto, los cuales se reflejarán en los análisis finales de la inversión, para juzgar los estados finales, como resultados de lo actuado durante el proyecto (reflejado como utilidades del proyecto finiquitado).

para la producción de un bien o la prestación de un servicio. Para ser más puntuales, costo es la suma de los egresos necesarios para la ejecución de una obra de construcción o parte de ella. Para su análisis, los costos se clasifican en directos e indirectos.

I. Costos Directos. Es la suma de gastos incurridos en la compra de materiales, mano de obra, prestaciones sociales y económicas, herramientas y equipo, de los diferentes rubros o partidas que conforman un presupuesto para la realización de un proyecto. Los costos directos se caracterizan porque aumentan proporcionalmente con el aumento mismo de la producción. Los elementos que lo integran son:

a) Mano de Obra. Es la fuerza física o mental empleada en la realización de las distintas actividades relacionadas con la ejecución de la obra, la cual se traduce, para fines de costos, en remuneración o compensación. La evaluación del costo de la mano de obra en la construcción es un problema dinámico y complejo; su carácter dinámico lo determina el costo de la vida, así como de los procesos constructivos que difieren debido a nuevos materiales, herramientas y maquinarias. Así mismo, la complejidad de la mano de obra varía conforme a la facilidad o dificultad de realización, la magnitud de la obra a ejecutar, el riesgo o la seguridad en el proceso, el sistema de pago, las relaciones de trabajo y más aún, las condiciones climáticas y

costumbres locales. Las principales formas de estipulación de salario son los siguientes:

- a.1) Por unidad de tiempo. Cuando el salario se paga ajustándolo a unidades de tiempo, sin consideración especial al resultado del trabajo.
- a.2) Por unidad de obra. Cuando sólo se toma en cuenta la cantidad y calidad de obra realizada, pagándose por elementos producidos o medidas o conjuntos determinados, independientes del tiempo invertido.
- a.3) Por sistema mixto. Cuando se paga de acuerdo con las unidades producidas o trabajo realizado durante la jornada de trabajo.
- a.4) Por tarea. Cuando el trabajador se obliga a realizar una determinada cantidad de obra o trabajo en la jornada u otro período de tiempo convenido, entendiéndose cumplida la jornada o período de tiempo en cuanto se haya concluido el trabajo fijado en la tarea.
- a.5) Por destajo, ajuste o precio alzado. Cuando se pacta el salario en forma global, por la obra que ha de realizarse, sin

consideración especial al tiempo que se emplee en ejecutarla y sin que las labores se sometan a jornadas laborales.

Para definir la forma de contratación que se utilizará en cada proyecto, es necesario considerar aspectos, tales como: leyes laborales, categorías establecidas por las empresas, contratos colectivos de trabajo, entre sindicatos y empresas constructoras, establecimiento de salarios convencionales entre trabajador y empresa.

b) Materiales. Son elementos no procesados, semiprocados o procesados, de tipo constructivo, con los cuales se elabora alguna obra física. Su precio es variable y depende mucho de la situación económica, política y social, así como de la oferta y la demanda; también varía según el lugar y el tiempo. Para elaborar un presupuesto se tienen que tomar en cuenta éstas variables, así como la posibilidad de obtener en el mercado local todos los materiales especificados. Considerando que los materiales son uno de los componentes más importantes que intervienen en la ejecución de una obra, se han clasificado en dos grupos, directos y auxiliares. Al primer grupo pertenecen los materiales que constituyen propiamente la construcción (Piedra, arena, grava, cemento, etc.). Los Auxiliares son aquellos que al cumplir la

misión se retiran de la obra, es decir no forman parte de la misma (madera, lámina, tuberías y materiales eléctricos provisionales, etc.).

c) Herramientas y equipo. Son los implementos que se requieren para ejecutar los diferentes trabajos de una actividad. Herramientas. Así se conocen los utensilios utilizados por los recursos humanos que actúan directamente en un proceso específicamente manual. Equipo, son elementos mecánicos, ya sea liviano o pesado, utilizados para agilizar en determinado momento algún proceso constructivo, por lo que únicamente están presentes en cierto período de tiempo en la obra.

II. Costos Indirectos. Son los gastos generados por una empresa aplicados a la oficina central, de todas las diversas obras que se realizan; y los determinados para la propia obra que sólo son considerados en la misma. También, se pueden definir como la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso constructivo. Se caracterizan principalmente porque se mantienen constantes haya o no producción, pero tienen siempre una relación con ellas, tales como: alquiler de oficinas, costos de publicidad, pago de servicios de comunicación, transporte, etc.

Elementos que integran el Costo Indirecto:

a) Gastos generales y administrativos, están conformados por los siguientes:

a.1) Gastos de licitación. Compra de cartel de licitación, preparación y elaboración de ofertas, gastos de presentación, gastos notariales y otros. (legalización de documentos, etc.), visitas al sitio de la obra, levantamientos topográficos y estudios preliminares, fianzas(garantía de oferta, etc.).

a.2) Gastos de contratación. Fianzas de anticipo, fiel cumplimiento, buena obra; honorarios de abogado, gastos de rótulos para la obra, gastos de pruebas o estudios (suelos, materiales), gastos de estudios de programación y control, gastos notariales, seguros (daños a terceros, equipo y maquinaria).

a.3) Administrativos y generales de campo. Salarios, prestaciones y beneficios de personal directivo (residente o jefe de la obra, maestro general de la obra, técnicos); salarios, prestaciones y beneficios de personal auxiliar (bodegueros, planilleros, vigilantes, etc.); amortización de equipo de oficina, impresos, útiles de escritorio y otros; transporte, viáticos y alojamiento, bonificaciones y otros; honorarios de profesionales

(superintendente, ingeniero residente, ingeniero auxiliar) y técnicos (técnico en ingeniería civil, arquitectura, etc.).

a.4) Administrativos y generales de oficina. Alquiler de local, alumbrado, teléfono, limpieza y otros; salarios, prestaciones y beneficios de personal directivo; salarios, prestaciones y beneficios de personal administrativo (administrador, contador, secretarias, motoristas, etc.); seguros contra daños e incendios, impresos, útiles de escritorio y otros; amortización de equipo de Ingeniería y oficina; transporte, viáticos del personal directivo y administrativo; bonificaciones y otros, gastos de licitaciones no otorgadas; gastos legales y notariales; suscripciones, revistas y publicaciones.

b) Gastos Financieros (intereses o sobregiros aplicados al proyecto).
Interés por créditos otorgados, comisiones por trámites de créditos.

c) Imprevistos.

d) Utilidad. Impuestos municipales.

De la correcta evaluación de los costos depende la elaboración de un acertado presupuesto ya que este es el estudio por medio del cual se prevé o presupone el importe de una obra, donde queda comprendido el enlistamiento ordenado de todos los recursos utilizados en ellas: materiales, mano de obra, herramientas, equipo, recursos financieros o de capital, etc. necesarios, describiéndolos ampliamente a fin de no dudar de su identificación; todo lo anterior seccionado en partidas, con precios unitarios e importes totales. Para llevar a cabo un presupuesto, es necesario compenetrarse en todos aquellos factores que van a intervenir en el desarrollo de la construcción, analizándolos hasta el mínimo detalle, tales como planos de localización, arquitectónicos, estructurales, etc., así como de los requisitos a los que deberán sujetarse teniendo a la mano una lista de las especificaciones detalladas de la obra.

También, puede definirse el Presupuesto como todos los factores que intervienen en el costo de un proceso a realizar, sea esta una construcción, una supervisión o cualquier actividad que requiera la utilización de recursos, tales como: materiales, mano de obra, herramientas, equipo y capital. En la construcción, el presupuesto se realiza para determinar el valor estimado que tendrían una serie de procesos constructivos para la realización de una obra física, donde intervienen la mano de obra, el costo de los materiales, herramientas, equipo y el costo indirecto.

Los muros de retención, especialmente, si son de piedra o de concreto, se cuantifican en m^3 . En el caso de que sean de mampostería reforzada (ejemplo bloques) se pueden plantear en términos de m^2 .

La evaluación del volumen de un muro de retención es un problema simple de geometría; calcular la sección transversal y multiplicarla por la longitud. Los ademados y tablestacas presupuestariamente se cuantifican por m^2 a recibir.

CONCLUSIONES.

- Las pruebas de laboratorio indispensables para obtener los parámetros y propiedades del suelo, son la prueba de compresión triaxial, la prueba de penetración estándar, gravedad específica y granulometría, ya que por medio de ellas se obtienen propiedades como la cohesión, el ángulo de fricción interna, pesos volumétricos, por medio de las cuales se pueden tipificar los suelos.
- Las arcillas poseen características desfavorables para su uso en construcción siendo las más significativas su impermeabilidad, expansión y la vulnerabilidad en su consistencia bajo condiciones de humedad alta, por lo que su uso es limitado y la mayoría de las veces restringido.
- La necesidad del aprovechamiento al máximo de los terrenos a dado origen a la creación de zonas de alto riesgo, como taludes artificiales sin confinamiento lateral las cuales deben de ser tratadas por medio de algún método de estabilización con la finalidad de evitar su desconformación.
- Con el propósito de mayor seguridad en el diseño de muros de retención, el diseñador puede optar por no considerar la acción del empuje pasivo sobre el muro, tomando únicamente la acción del empuje activo y de su peso propio.

- El uso de los nomogramas simplifica el tiempo y el trabajo necesario para encontrar el valor del factor de seguridad al deslizamiento para muros de retención.
- El factor de seguridad que generalmente rige la estabilidad del muro de retención de gravedad es el factor de seguridad al deslizamiento, ya que una vez cumplido éste, los demás (por volteo y por capacidad de carga) ya han sido sobrepasados de su valor mínimo requerido.
- Los detalles del muro que nunca se deben pasar por alto para el buen funcionamiento de este son el sistema de drenaje y las juntas, ya que por medio de éstas, se logra disipar alguno de los esfuerzos que proporcionan inestabilidad a los muros de retención.
- La actividad más importante, para obtener los propósitos planteados de un proyecto, es la Administración ya que ésta permite la integración de las actividades de planeación, organización, dirección y control; teniendo como fin principal obtener un equilibrio entre el ámbito, la programación y los recursos.

CAPITULO IV

APLICACIONES EN LA CONSTRUCCION

INTRODUCCION

El capítulo IV contiene las diferentes obras en donde se ha hecho uso de muros de retención, sus características y su funcionamiento, los diferentes tipos de proyectos que han requerido el uso de muros. Describe algunas características de los muros en el diseño, construcción y funcionamiento. Respecto al diseño, se describen dos casos en particular que requieren de un diseño especial, estos son, cuando el muro se encuentra en presencia de sobrecargas generadas por cimentaciones de edificios cercanos, donde el método de Cullmann puede ser útil debido a su generalidad o se puede utilizar la hipótesis que considera la distribución de presiones en forma piramidal según se describe; el otro caso es cuando el muro se construirá en un terreno saturado, donde el agua produce sobre el muro una presión, la cual hay que considerar por las posibles subpresiones que se puedan generar sobre el muro. Describe la forma de calcular el peso específico que se tiene en el terreno cuando este se encuentra saturado y así obtener el empuje sobre el muro en un terreno sumergido.

4.0 APLICACIONES EN CONSTRUCCION

Generalmente, los muros de retención son utilizados para proporcionar un soporte lateral a las masas de tierra, permanentemente, a taludes verticales o casi verticales. En construcción, se hacen grandes excavaciones del terreno con caras verticales o casi verticales, por ejemplo, sótanos de edificios en áreas urbanas desarrolladas u otras estructuras subterráneas, protegiendo con muros las caras verticales de los cortes, para evitar generalmente fallas laterales. Dependiendo de las características de los proyectos se pueden clasificar de la siguiente manera:

4.1 PROYECTOS INDUSTRIALES Y AGROINDUSTRIALES

Enmarcan obras como las maquilas, fabricas, bodegas, etc. La utilización de muros de retención en obras dependerá de la topografía del lugar destinado para la construcción; así, se pueden utilizar muros de mampostería de piedra, mampostería de bloque o de concreto armado para la retención de masas de suelo o de taludes. Se pueden utilizar muros de retención en las caras verticales de cortes o excavaciones para sótanos, los cuales son utilizados en la mayoría de casos de la industria como bodegas. Muchas veces existen parqueos subterráneos donde es frecuente el uso de tierra armada para confinar las paredes del acceso a éstos.

En el caso de los proyectos agroindustriales los muros de retención se pueden utilizar no sólo como elementos de soporte a taludes o masas de tierra si no que se utilizan como instalaciones para el almacenamiento de productos como granos básicos, materiales para compostaje, etc.

Se utilizan muros, generalmente de mampostería de piedra, para conformar canales de riego o simplemente para transportar agua por gravedad a lugares apartados de la fuente de donde sale el líquido y algunas veces se utilizan para almacenar el mismo. Este tipo de muro es utilizado también para el control de cauces de los ríos o quebradas que generalmente son utilizadas para el riego o para dar de beber al ganado.

4.1.1 Proyectos en Arquitectura

Los proyectos arquitectónicos buscan dar la mejor distribución a los espacios disponibles, sin dejar a un lado la estética y el buen gusto de las edificaciones que enmarcan toda la gama de proyectos como edificios para oficinas, almacenes, residencias, centros comerciales, urbanizaciones, etc.

Dependiendo del proyecto se pueden utilizar muros tradicionales para retener taludes, cuando la topografía obligue a hacer cortes. En las urbanizaciones se ocupan muros en las terrazas que se forman debido a la necesidad de realizar movimientos de tierra por medio de cortes o rellenos.

Cuando los edificios, ya sean habitacionales o para oficinas, se ubican cerca de un talud, se construyen al pie de este, muros de retención para

evitar desplazamientos debido al peso del edificio. Así, cada tipo de muro tiene su aplicación en determinado proyecto.

4.1.2 Proyectos en Ingeniería

Dentro de los proyectos en ingeniería donde se puede hacer necesaria la utilización de muros de retención están incluidos todos los proyectos de construcción, sean estos industriales, agroindustriales, comerciales, de transporte, de almacenamiento, de vivienda, de control de cauces, etc.

El uso de determinado tipo de muro dependerá de factores como funcionabilidad, costo, tiempo de ejecución, tipo de suelo sobre el que se construirá el muro, tipo de suelo de relleno y lo sencillo o complejo que sea el problema o la necesidad que se quiera resolver.

4.2 OBRAS

4.2.1 Pasos a desnivel en viaductos

Los muros de retención se utilizan en estas obras para dar estabilidad a la rampa de entrada y de salida del paso a desnivel. Para conformar las rampas de entrada y salida, comúnmente se utiliza tierra armada, confinando lateralmente la masa de tierra y su apariencia en el paramento exterior es agradable, como se muestra en las figuras 4.1 y 4.2.



Figura 4.1 Uso de tierra armada en rampa de entrada y salida de pasos a desnivel



Figura 4.2 Uso de tierra armada en rampa de entrada y salida de pasos a desnivel

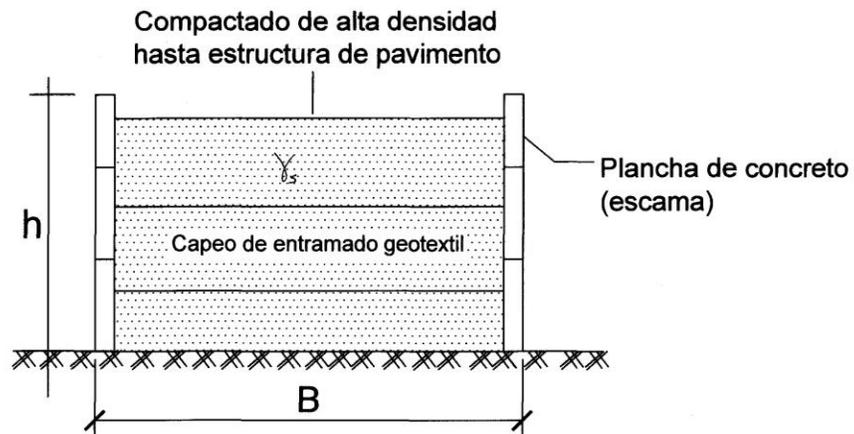


FIGURA 4.3 Mecanismo de funcionamiento de la tierra armada en pasos a desnivel con tierra confinada

Existe también el caso en que las paredes de la vía se han conformado por medio de cortes en el terreno, como lo muestra la figura 4.4 donde la vía pasa por debajo de otra que ya existía y se ha utilizado muros para proteger las paredes laterales de la vía.



Figura 4.4 Paredes laterales conformadas por muros de retención

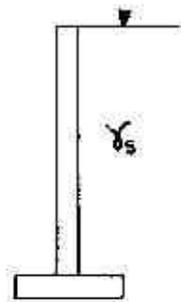


Figura 4.5 Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en viaductos

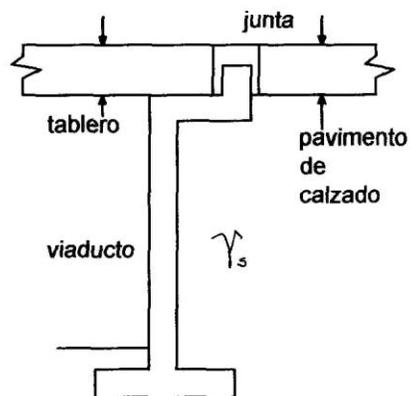


Figura 4.6 Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en viaductos

También es posible, por medio de elementos decorativos como lajas, ver figura 4.7, dar una apariencia diferente a los muros utilizados para los pasos a desnivel en viaductos. Al comparar la figura 4.7 con la figura 4.8 se ve cómo se puede mejorar la apariencia de los muros que conforman las rampas por medio de acabados, ya que en este caso se trata de dos rampas distintas dentro de la misma obra vial, una con un acabado simple de repello y otra con un acabado por medio de lajas.



Figura 4.7 Muro en paso a desnivel con acabado de laja



Figura 4.8 Muro en paso a desnivel con acabado simple de repello

4.2.2 Túneles

En los túneles, es común la utilización de muros de mampostería de piedra para estabilizar las paredes verticales dentro de éste, tal es el caso que muestra la figura 4.9 donde el túnel bajo el cual pasa la vía de un tren ha sido formado con muros de mampostería de piedra y se ha logrado dar una geometría bastante singular, ya que es un túnel en forma de arco.



Figura 4.9 Muro de mampostería de piedra en túnel abovedado

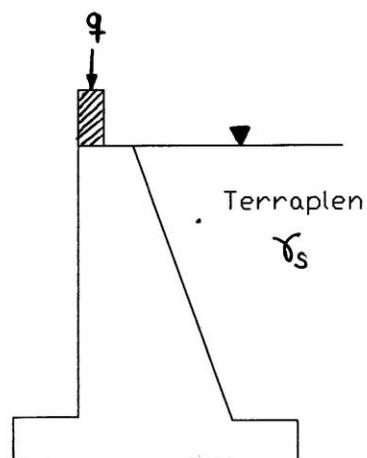


Figura 4.10 Mecanismo de funcionamiento de muros en túneles

También se pueden ocupar muros de concreto reforzado para confinar y estabilizar las paredes de un túnel, como el caso que muestra la figura 4.11 donde las paredes del túnel las conforman muros de concreto reforzado.



Figura 4.11 Túnel hecho de concreto reforzado

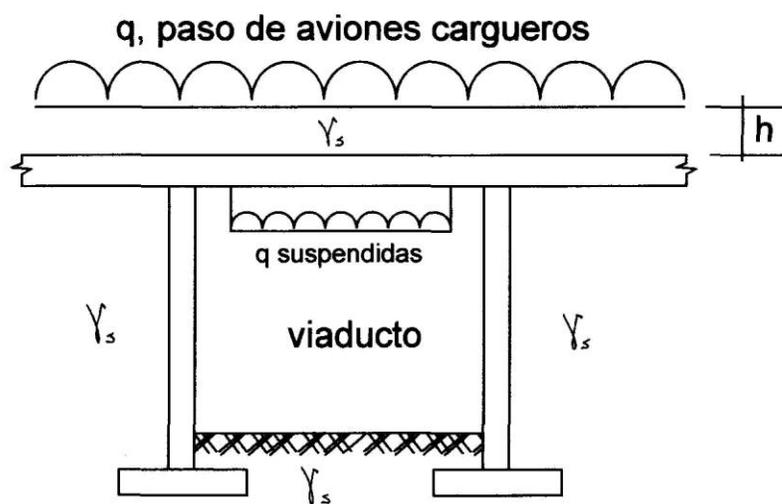


FIGURA 4.12 Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en túneles

4.2.3 Ademes en corte para estabilizar o entibados

Los ademes son obras provisionales utilizados para estabilizar durante un periodo determinado las paredes de un corte o de una excavación, por ejemplo en sótanos para edificios, paredes laterales en viaductos, rampas de acceso a parques subterráneos; protegiendo así, las caras verticales de los cortes, evitando una falla acompañada por asentamientos considerables o de capacidad de carga de las cimentaciones vecinas.

Los dos tipos de cortes apuntalados comúnmente utilizados en trabajos de construcción son los que utilizan vigas montantes como se muestra en la figura 4.13, que son vigas verticales de acero o de madera, hincadas antes de proceder a la excavación y tablas de revestimiento como se muestra en la figura 4.14, que son tabloncillos horizontales de madera, colocadas entre las vigas montantes conforme avanza la excavación.

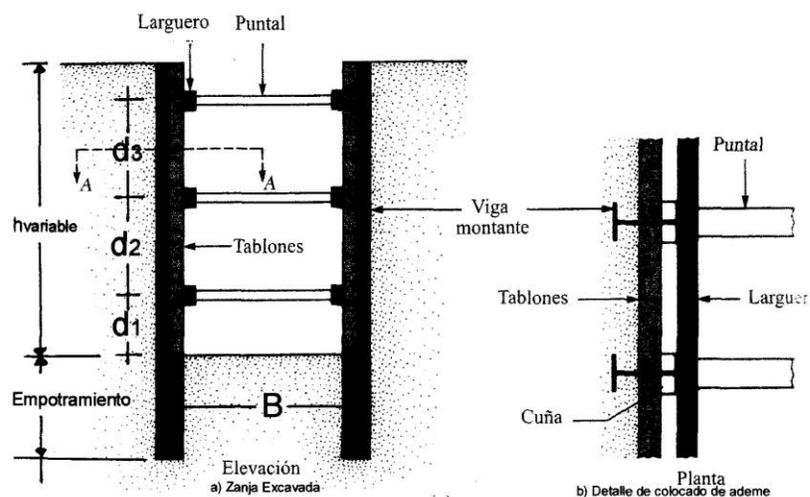


Figura 4.13 Uso de vigas montantes para ademes

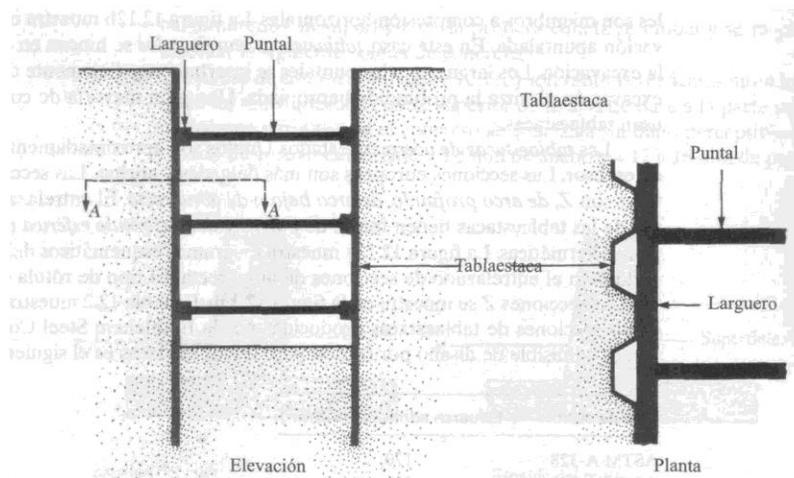


Figura 4.14 Uso de tablestacas para ademados

4.2.4 Terraplenes

En los terraplenes, es necesario el uso de muros para confinar y retener el material de relleno. En la figura 4.15 se observa cómo los muros de mampostería de piedra cumplen perfectamente con su función de retención y el terraplén es efectivo por medio de este tipo de muros ya que se observa cómo un automóvil de carga va transitando por el terraplén.



Figura 4.15 Terraplén con muro de mampostería de piedra

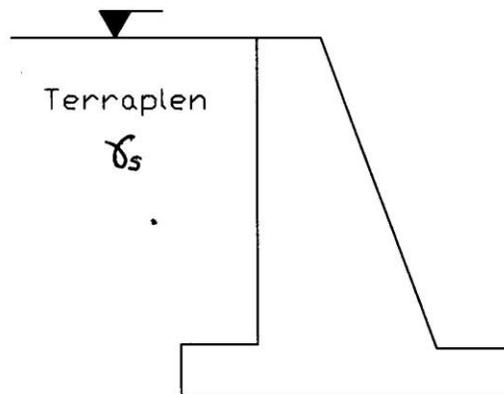


Figura 4.16 Mecanismo de funcionamiento de muros de piedra en terraplenes

4.2.5 Presas

Los muros de concreto reforzado se utilizan en las presas para soportar la presión del líquido retenido, como lo mostrado en la figura 4.17 donde la presa está constituida por un muro de concreto reforzado que conforma la estructura de retención de agua con su respectiva compuerta para permitir la evacuación del agua cuando fuese necesario.



Figura 4.17 Uso de muro de concreto reforzado en presas hidráulicas

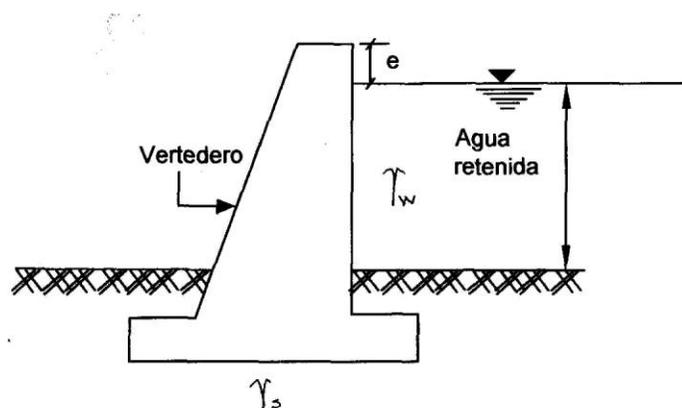


Figura 4.18 Mecanismo de funcionamiento de muros de concreto reforzado en presas hidráulicas

4.2.6 Control de cauces

Los muros se utilizan en las quebradas que pasan cerca de construcciones para controlar el cauce de estas, ya que por medio de los muros se les da dirección, evitando así que ocurran desastres con pérdidas materiales, de vidas humanas y de animales, en épocas de lluvia, o arrastre a las personas, lo cual es muy común en las diferentes comunidades marginales que se asientan en las orillas de las quebradas y que no cuentan con estructuras de protección como la mostrada la figura 4.19, la cual, muestra un muro construido con mampostería de piedra cuya función es controlar el cauce y soportar la presión que generan en el suelo las construcciones cercanas.



Figura 4.19 Muro de mampostería de piedra para control de cauces

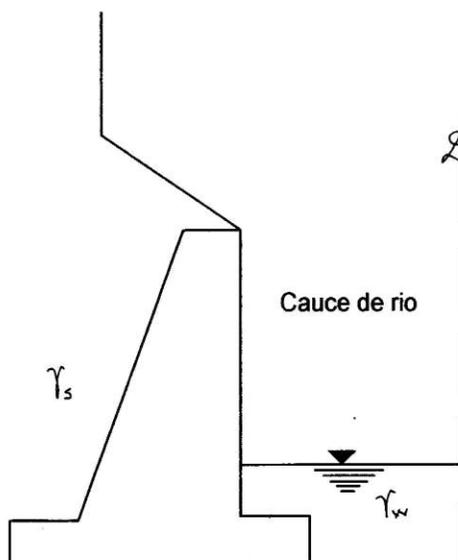


Figura 4.20 Mecanismo de funcionamiento de muros para el control de cauces

También se utilizan muros para el control de cauces en las proximidades de vías vehiculares como lo muestra la figura 4.21 donde un muro construido con mampostería de piedra fue la solución adoptada tanto para el control del cauce como para soportar las cargas vehiculares.



Figura 4.21 Muro de mampostería de piedra para control de cauces

Debido a su versatilidad y adaptación, los gaviones son actualmente los muros más utilizados para el control de cauces, ya que también contrarrestan la erosión y evitan el desbordamiento de ríos, como lo muestra la figura 4.22, en donde un muro de gaviones brinda una solución no sólo mecánicamente eficaz sino también de apariencia agradable.



Figura 4.22 Control de cauces por medio de gaviones

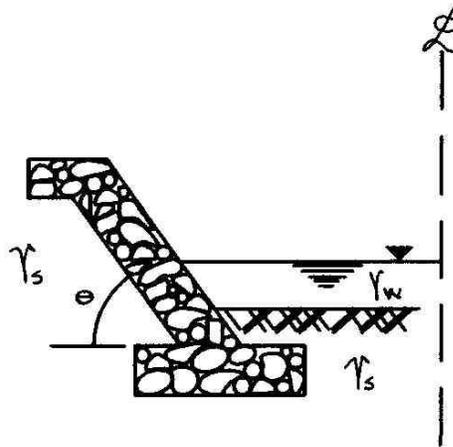


Figura 4.23 Mecanismo de funcionamiento de gaviones para el control de cauces

4.2.7 Edificación

Para este tipo de estructuras, los muros sirven para retener las cargas que generan las cimentaciones de los edificios, que por falta de espacio son construidos cerca de laderas o taludes. En la figura 4.24 se observa cómo un muro de mampostería de piedra es ocupado para este fin ya que retiene las cargas generadas por el edificio, el cual es un centro de negocios y las cargas que transmite al suelo son bastante grandes, no sólo por su uso, sino también por la magnitud de la edificación.



Figura 4.24 Muro de mampostería de piedra en edificaciones

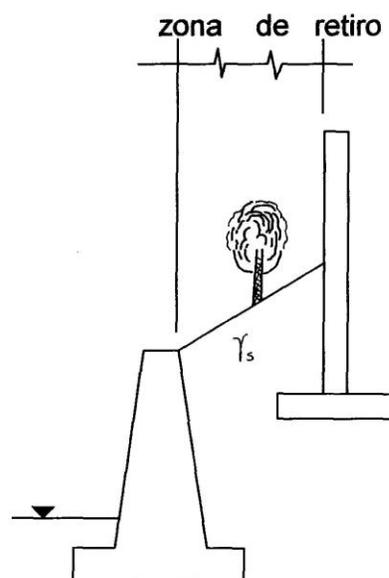


FIGURA 4.25 Mecanismo de funcionamiento de muros cerca de edificaciones

También, muros de bloques reforzados son utilizados en condiciones similares a la anterior, sólo que en este caso el edificio es una biblioteca, donde la carga viva es grande, sin dejar de lado el peso propio de la estructura.

La figura 4.26 muestra cómo el muro es utilizado para retener las cargas generadas por la edificación.



Figura 4.26 Muro de bloques reforzados para contención de cargas impuestas por edificaciones adyacentes a las cuales favorece

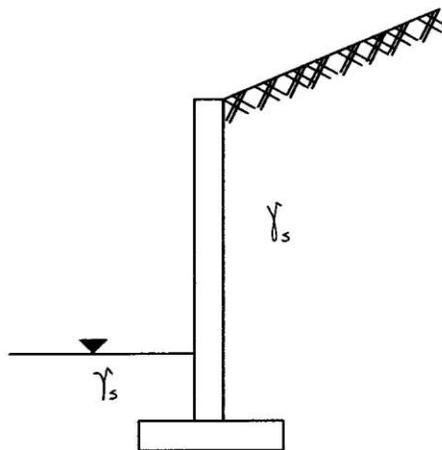


Figura 4.27 Mecanismo de funcionamiento de muros en edificaciones

4.2.8 Camino o carretera y puertos o aeropuertos

El uso de muros gavión en carreteras es muy común debido a que estos, a parte de retener la masa de tierra del talud, también sirven para que las partículas de material que se desprenden del talud, no caigan sobre la carretera, como se ve en la figura 4.28, donde un pequeño tramo de la carretera está protegido por gaviones.



Figura 4.28 Muro de gaviones en carretera

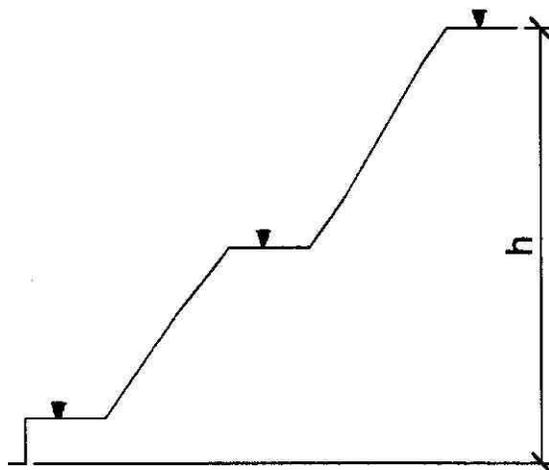


Figura 4.29 Mecanismo de funcionamiento de muros en taludes muy inclinados (sistema de taludes)

La figura 4.30 muestra otra aplicación de un muro de retención para proteger la carretera. En este caso, el muro fue construido de concreto con un acabado que da la apariencia de bloques que lo revisten.



Figura 4.30 Muro para protección de talud en carretera

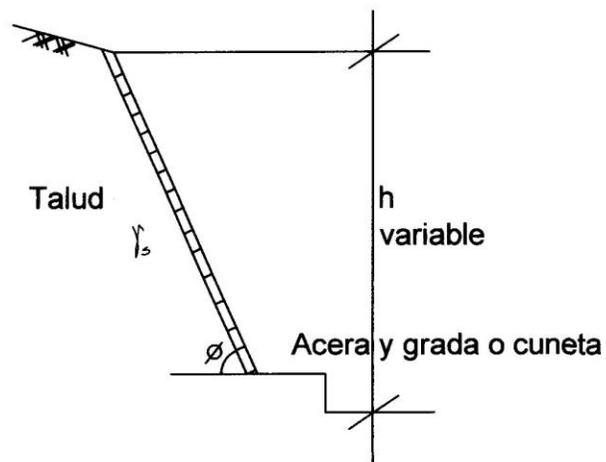


Figura 4.31 Mecanismo de funcionamiento de muros en taludes para protección de carreteras

En el caso de los puertos, el uso de gaviones es una solución idónea para evitar el daño ocasionado por el oleaje del agua, ya que el muro evita que éste llegue a zonas construidas, formando una barrera. En este caso, el muro cumple una función de protección, más que de retención, como lo muestran las figuras 4.32 y 4.34.



Figura 4.32 Uso de gaviones en puertos

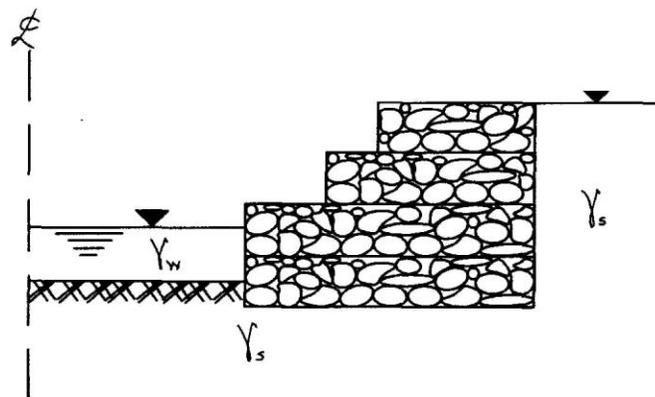


Figura 4.33 Mecanismo de funcionamiento de gaviones en puertos



Figura 4.34 Uso de gaviones en puertos

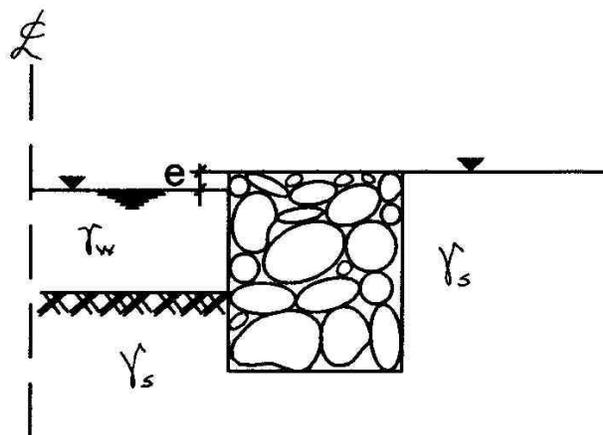


Figura 4.35 Mecanismo de funcionamiento de gaviones en puertos

4.2.9 Vivienda en general

En las viviendas en general, el uso de determinado tipo de muro está en función del fin que se busque o el problema que se presente y que se solucione con un muro, aunque, generalmente, el problema es siempre el mismo:

solucionar diferencias de nivel del terreno sobre el cual se construirá la vivienda, edificación, o cualquier estructura que requiera soporte elevado.

La figura 4.36 muestra cómo un muro de mampostería de piedra es capaz de retener un volumen bastante grande de suelo y poder construir la vivienda sobre el relleno.



Figura 4.36 Muro de mampostería de piedra para apoyo de vivienda

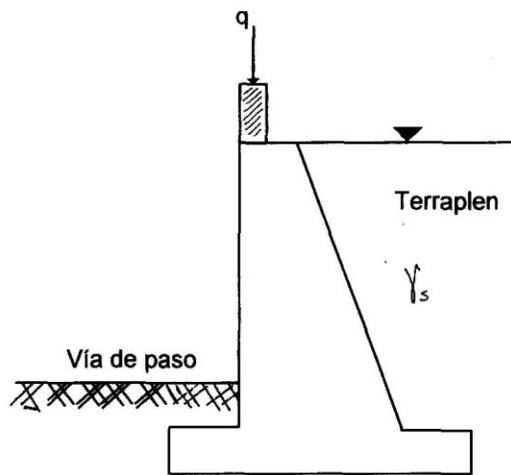


Figura 4.37 Mecanismo de funcionamiento de muros en viviendas bajas

En la figura 4.38 se observa cómo un muro de bloques de concreto reforzado puede retener masas de suelo compactado. En este caso, el relleno es utilizado como área de patio de la vivienda.



Figura 4.38 Muro de mampostería de bloques reforzados en vivienda

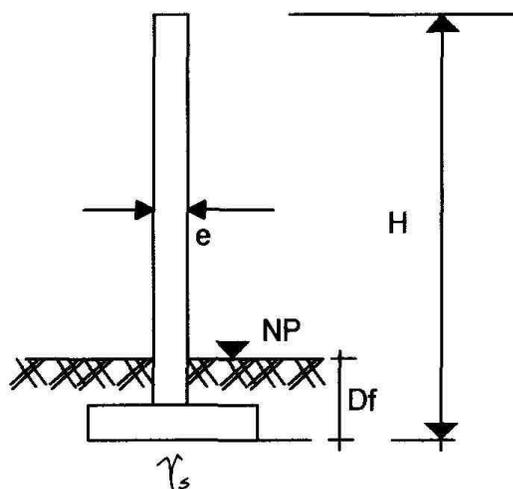


Figura 4.39 Mecanismo de funcionamiento de muros de retención en viviendas

La figura 4.40 muestra un muro construido con ladrillo de barro cocido o ladrillo de obra que sirve para retener el material de relleno que da el nivel a la vivienda. Se observa en el muro los elementos que sirven para el drenaje y sus estructuras de concreto reforzado como una solera intermedia y también nervios.



Figura 4.40 Muro perimetral de ladrillo de barro cocido en vivienda

En la figura 4.41 se observa un muro de mampostería de bloque de concreto reforzado ocupado en una vivienda también con el fin de retener el relleno que fue necesario para lograr un nivel determinado y construir la casa, sólo que para este caso en particular, se reforzó el muro con contrafuertes y un tramo con un murete de mampostería de piedra en su parte inferior, con el fin de darle mayor estabilidad al muro.



Figura 4.41 Muro de bloques con contrafuertes en vivienda

4.2.10 Urbanización baja

En urbanizaciones de vivienda baja, el uso de muros de retención es muy común debido a que generalmente es necesario conformar terrazas a causa de las condiciones del terreno sobre el cual se construirá la urbanización. El muro más común para retener el suelo que conforma las terrazas es el de mampostería de piedra, como lo muestra la figura 4.42, donde se ha utilizado para cada vivienda, muros de mampostería de piedra gradualmente según los

cuerpos de las viviendas y las correspondientes terrazas, lo cual reduce los costos de la viviendas, ventajosamente, técnica y económicamente.



Figura 4.42 Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones, con alturas graduales según las terrazas y cuerpos de viviendas

La figura 4.43 muestra los muros de mampostería de piedra utilizados en las urbanizaciones y se pueden apreciar los tubos de PVC que se han dejado para el drenaje.



Figura 4.43 Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones

La figura 4.44 muestra cómo se han dejado los muros de mampostería de piedra contruidos para que posteriormente se efectúe el relleno que dejará listo el terreno para construir las viviendas.



Figura 4.44 Muro de mampostería de piedra en urbanizaciones

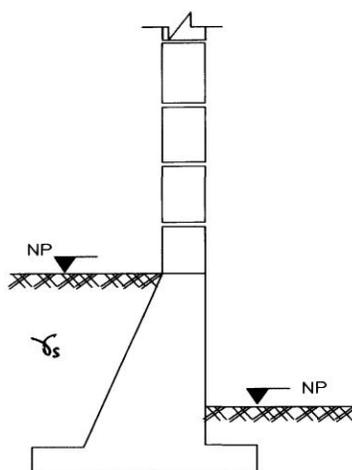


Figura 4.45 Mecanismo de funcionamiento del sistema de muros de mampostería de piedra en terrazas para viviendas unifamiliares en urbanizaciones

4.2.11 Estabilización de taludes y laderas

Es un proceso de tratamiento al suelo en corte inclinado de uso muy común, este se da con los muros de retención, sobre todo, en partes no planas; se recurre a hacer cortes y rellenos de las masas de tierra, para poder llevar a cabo las diferentes obras de infraestructura que se requieren. Los rellenos conformados o cortes estabilizados, constituyen zonas de retiro entre el muro y la construcción en laderas muy estables relativamente, pero que requieren de protección, a la vez, para evitar desconformación o que se conviertan en grandes problemas a futuro si no se protegen adecuadamente.

La figura 4.46 muestra cómo se ha estabilizado el talud por medio de la técnica del concreto lanzado, sobre una electromalla puesta sobre el talud como refuerzo anclado en suelo natural, para el caso tierra blanca muy consolidada.



Figura 4.46 Talud estabilizado por medio de concreto lanzado

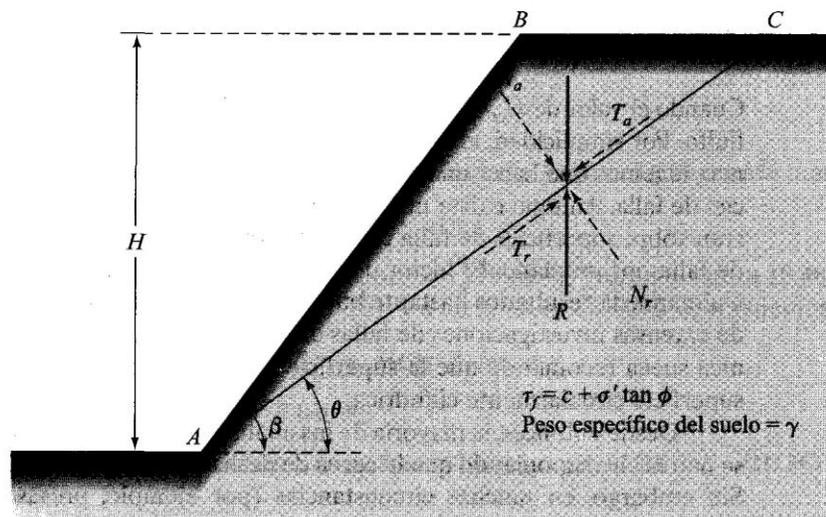


Figura 4.47 Talud con un ángulo β con respecto a la horizontal, ángulo θ con respecto a un posible plano de falla y altura H.

La figura 4.47 muestra un talud con un ángulo de inclinación β con respecto a la horizontal y un ángulo θ con respecto a la línea AC, la cual forma un plano de falla de prueba. La altura máxima de talud para la cual ocurre el equilibrio crítico, es decir sobre el plano donde se da la razón mínima entre el esfuerzo cortante promedio que tiende a causar la falla y la resistencia cortante del suelo, está dada según Cullmann, por la ecuación:

$$H = \frac{4c}{\gamma} \left[\frac{\text{sen}\beta \cos \theta}{1 - \cos(\beta - \theta)} \right]$$

La figura 4.48 muestra un muro de retención construido con bloques de concreto reforzado con un espesor del muro bastante ancho (grueso), lo que brinda mayor estabilidad al talud.



Figura 4.48 Muro de bloques de concreto reforzado

4.2.12 Puentes

El uso de muros en los puentes se da para brindar protección a las bases de las columnas de éstos, que debido a la fuerza de la corriente del río van deteriorando a los pedestales. Actualmente, es usual el uso de gaviones en estos casos, como lo muestra la figura 4.49, en donde un muro construido con gaviones no sólo brinda protección a las columnas del puente sino también sirve de protección contra la crecida del río y para controlar su cauce.



Figura 4.49 Protección de columnas de puente por medio de gaviones

También el uso de otro tipo de muro es común en los puentes como muestra la figura 4.50 donde un muro de mampostería de piedra sirve como base del puente, el cual está construido con vigas de concreto reforzado que descansan directamente sobre el muro.



Figura 4.50 Muro de mampostería de piedra en base de puente

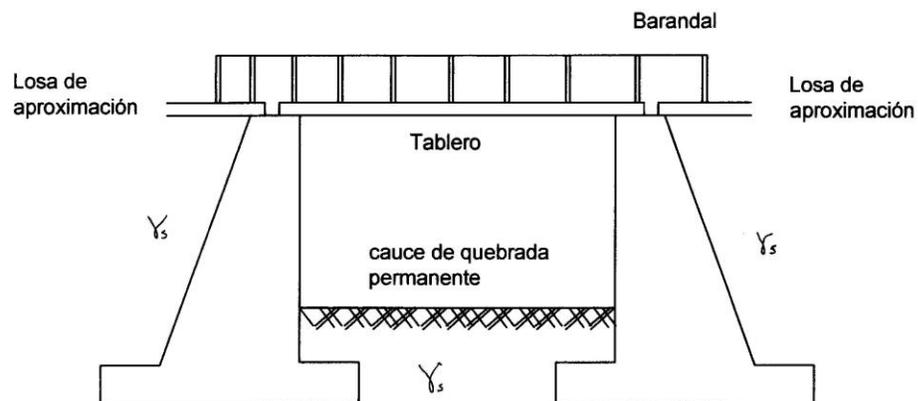


Figura 4.51 Mecanismo de funcionamiento de muros estribos de mampostería de piedra en puentes

4.2.13 Obras varias, complementarias

- Canalización de aguas

El muro más utilizado para este fin es el muro gavión, como lo muestran las figuras 4.52 y 4.53 donde se han utilizado este tipo de muro para canalizar ríos.



Figura 4.52 Canalización de aguas superficiales por medio de colchones de piedra



Figura 4.53 Gaviones utilizados para canalización de aguas superficiales

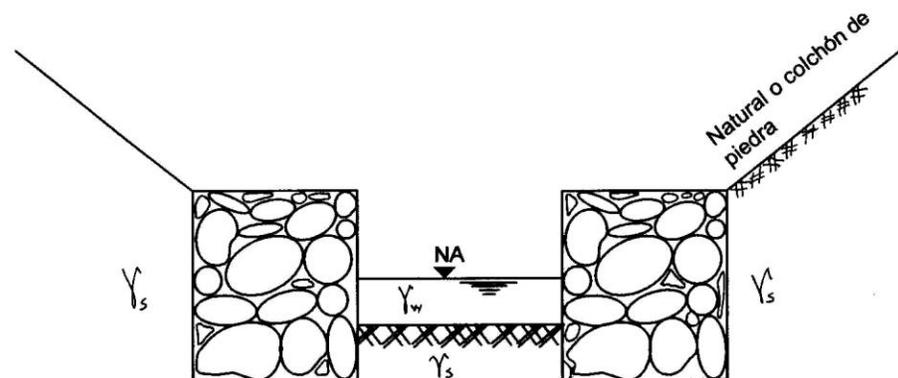


Figura 4.54 Mecanismo de funcionamiento de gaviones para la canalización de aguas de un río

- Pequeñas terrazas

La figura 4.55 muestra cómo un muro de mampostería de bloque con refuerzos es una opción cuando se necesita dejar un desnivel en alguna obra .



Figura 4.55 Muro de bloques de concreto en desnivel de terreno

- Muros perimetrales

Los muros pueden servir como muros perimetrales a lo largo de alguna propiedad como lo muestra la figura 4.56 donde la vivienda es protegida por un muro construido con ladrillos de barro cocido en todo su perímetro.



Figura 4.56 Muro de ladrillo de barro cocido

La figura 4.57 muestra un muro que funciona como un tapial y que también ha sido construido en el perímetro del terreno que se desea proteger, este muro fue construido con losetas de concreto como se muestra en la figura. Este es un muro prefabricado.



Figura 4.57 Muro prefabricado

- Obras de infraestructura especial

La figura 4.58 muestra cómo hasta en las obras más complejas o fuera de lo común los muros pueden ser solución, tal es el caso de esta vía vehicular circular, donde los muros de bloque reforzado fueron conformando gradualmente en diferencia de nivel las terrazas de las edificaciones constituyendo a la vez un sistema vial helicoidal.



Figura 4.58 Muro de bloques de concreto reforzado

4.3 CARACTERÍSTICAS

4.3.1 Diseño

El diseño de determinado tipo de muro , sea de retención o no, está en función de una serie de características del lugar donde se construirá el muro, de acuerdo con el problema que se busca resolver con la construcción de éste.

Así, es necesario conocer previo al diseño del muro el tipo de suelo de la cimentación, el tipo de material de relleno, los empujes de la masa de suelo que contendrá el muro, el espacio disponible para su construcción, las sobrecargas que soportará el muro a parte de la ejercida por el relleno y el peso propio de éste, las características de los materiales destinados para su construcción. Una vez teniendo todos los datos recopilados, se procede a buscar la solución más favorable en funcionalidad, economía y tiempo de ejecución.

Existen características o casos especiales en que el diseño del muro requiere de un análisis especial, tal es el caso de un muro que soporta sobrecargas, entendiéndose por sobrecarga a una acción que actúa sobre las masas de suelo que retiene el muro.

Las sobrecargas aparecen con bastante frecuencia y son generadas por diferentes factores, la más común es la producida por los cimientos de construcciones cercanas al muro. El caso de influencia de zapatas sobre un muro se puede analizar de la siguiente manera.

Dada la generalidad del método de Cullmann, para estimar empuje activo, puede ser utilizado en este caso. Sea un terreno con un peso específico de 1.6 Ton/mt^3 y el muro mostrado en la figura 4.59 en el que se encuentran dos zapatas distanciadas del extremo de la coronación del muro 1 y 5 metros.

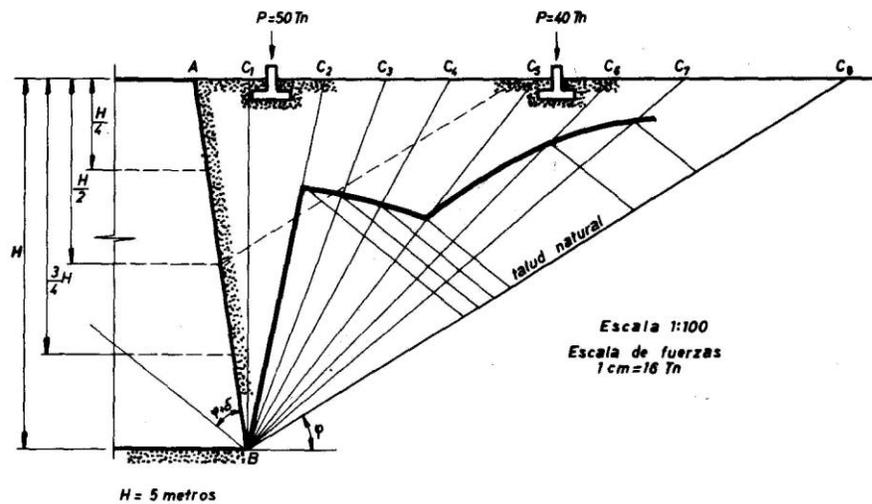


Figura 4.59 Influencia de zapatas sobre un muro de retención

El camino a seguir utilizando el método de Cullmann es el indicado a continuación, se considera una división del terreno como se explicó en el capítulo I, sumando la zapata a las divisiones que la incluyan. Observando la figura se deduce que la zapata que está a cinco metros del muro tendrá una determinada zona de influencia sobre el muro que será pequeña, sin embargo la primera zapata, dada su proximidad al paramento interior comienza a transmitir sus empujes antes del metro de muro medido a partir de la superficie. Los empujes que darán sobre el muro serán elevados. Tal como se verá a continuación.

Como resultado lógico, las dos zapatas producen dos enormes discontinuidades en la curva de Cullmann. Encontrándose la resultante al pasar

la segunda discontinuidad tal como puede deducirse de la figura 4.59, de la siguiente manera:

$$\text{Peso de } AC_1B = 1,6 \times \frac{5 \times 0.75}{2} = 3 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_2B = 50 + 1,6 \times \frac{5 \times 1.70}{2} = 56.8 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_3B = 50 + 1,6 \times \frac{5 \times 2.60}{2} = 60.40 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_4B = 50 + 1,6 \times \frac{5 \times 3.5}{2} = 64 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_5B = 50 + 1,6 \times \frac{5 \times 4.7}{2} = 68.8 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_6B = 50 + 1,6 \times \frac{5 \times 5.25}{2} + 40 = 90 + 1,6 \times \frac{5 \times 5.25}{2} = 108 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso de } AC_7B = 90 + 1,6 \times \frac{5 \times 6.75}{2} = 117 \text{ Ton}$$

Un dato que resulta interesante es el estudio de los empujes en las diferentes secciones sobre todo cuando el muro se trate de concreto armado para un mejor establecimiento de la armadura.

Estos estudios de empujes se hacen dividiendo el muro de altura H en tantas partes como secciones se quieran analizar.

Generalmente, con que se analice el empuje en H_1 , $\frac{3H}{4}$, $\frac{H}{2}$ y $\frac{1}{4}H$ resulta suficiente; aunque, si el muro resultase ser más alto podría dividirse en cinco o seis partes.

Analizando las secciones del muro a diferentes alturas se observaría que, por ejemplo, en la figura 4.59 para la sección $\frac{H}{2}$ no hay influencia directa de los efectos de la zapata de 40 Ton por pasar su línea de talud natural fuera del campo de acción de la zapata. Es más, la sección situada a $\frac{3}{4}H$ tampoco sufrirá los efectos de la zapata, a pesar de que su línea de talud abarca la zona de la zapata indicada. Al hacer la construcción de Cullmann, estas 40 Ton intervendrían en el diseño de la curva, pero al trazar la tangente a la curva, se observaría cómo esta tangente no pasaría por la zona de curva que definen las 40 Ton de la zapata.

Continuando con el estudio de las influencias de las zapatas sobre el muro y teniendo en cuenta la hipótesis simplificada que consiste en considerar

que la distribución de presiones sobre el terreno tiene lugar en forma piramidal y formando a cada lado un ángulo de 30° como se indica en la figura 4.60.

Al trazar ángulos de 30° en cada una de las zapatas representadas, se vería que la primera zapata, es decir la zapata de 50 Ton no comienza a actuar sobre el muro hasta algo más que la mitad de la altura H del muro.

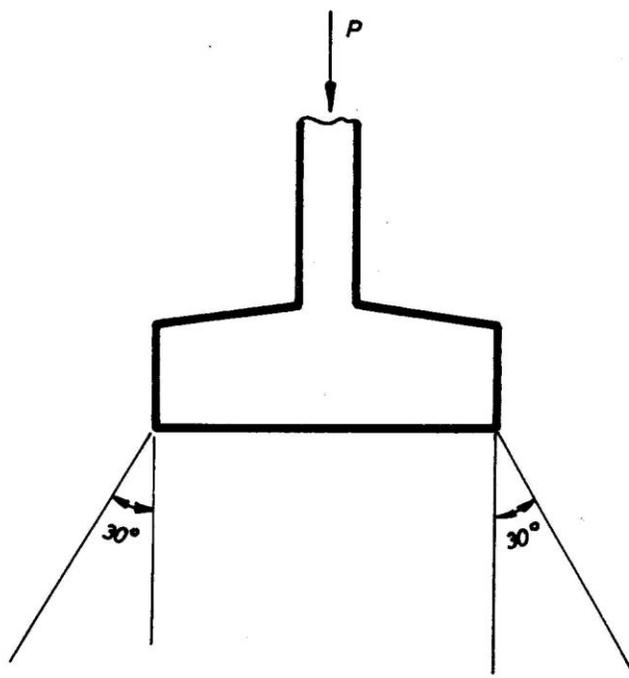


Figura 4.60 Distribución de presiones sobre el terreno debido a una zapata

Como norma de construcción se aconseja la construcción de muros de concreto reforzado cuando la acción a soportar sea elevada. A pesar de su costo mayor, se gana terreno que en muchas ocasiones es de vital importancia para lo que posteriormente piense dedicarse la zona construida.

La distribución de empujes sobre el muro puestos los empujes en función del muro, sigue una recta en el caso de tierras sin sobrecarga o con sobrecarga en toda la superficie del muro. Sin embargo, en el caso de zapatas sigue una distribución tal como la indicada en la figura 4.61. Conocida esta distribución de empujes, que procurará determinarse siempre en cualquier cálculo de muros, se puede determinar el empuje que actúa en cada sección.

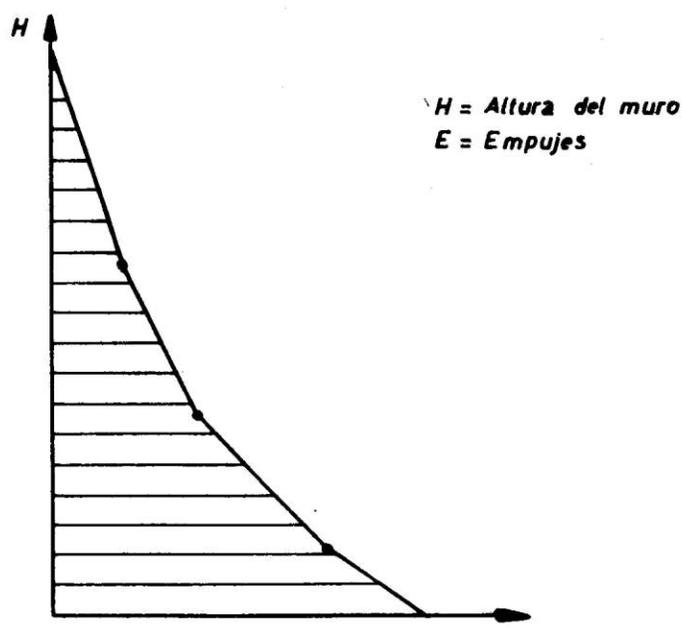


Figura 4.61 Distribución de empujes sobre el muro incluyendo la acción de las zapatas

Otro caso de diseño que requiere especial atención es cuando el muro está reteniendo a un terreno permeable que está sumergido, o sea un terreno

saturado. Al encontrarse sumergido el terreno, los empujes sobre el muro son los producidos por el terreno, así como por el agua, cada uno con un arreglo a su peso específico. El líquido produce un efecto de lubricación entre tierras así como entre tierras y muro. Este líquido también puede crear un efecto denominado de subpresión, de consecuencias complicadas. Esto puede observarse cuando un muro de contención posea a un lado tierra y al otro agua. Figura 4.62. Si por la causa que fuere se determinara un descenso del nivel de agua, habrá que observar las tierras tal como se indica en la figura 4.26. Si resulta que las tierras están saturadas, entonces hay que pensar que existe subpresión.

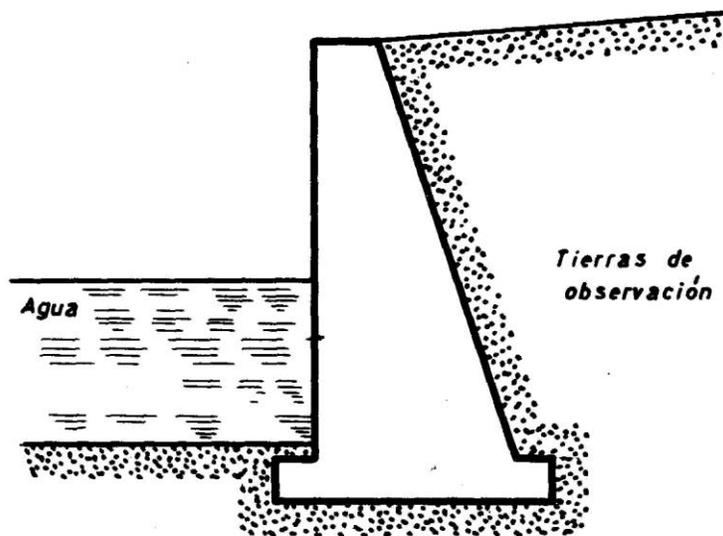


Figura 4.62 Muro que retiene un terreno sumergido

Esta subpresión produce un empuje en la base del muro que cuando tiene una distribución como la que se indica en la figura 4.63 puede considerarse como un caso francamente desfavorable de subpresión.

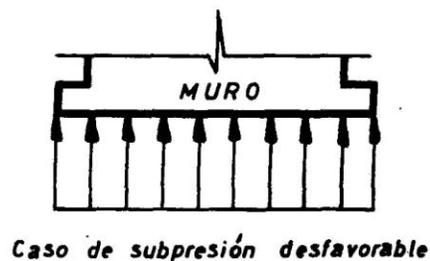


Figura 4.63 Efecto de la subpresión

Para evitar un fenómeno de este tipo, cuando se intente construir un muro en estas circunstancias, se adoptarán medidas encaminadas a evitar filtraciones de agua bajo el cimiento de los muros, acudiendo para ello al uso de sistemas impermeabilizantes. Un fenómeno de efectos de agua puede presentarse en un muro que se ha construido sin que contenga agua en sus paramentos, esto es debido a la posible existencia de filtraciones, de lluvia, o de otras causas. Por lo que previniendo estas causas se construyen los sistemas de drenaje que fueron descritos en capítulos anteriores.

El empuje de un terreno anegado sobre un muro de contención puede determinarse calculando el empuje que producirían las tierras, teniendo en

cuenta que el agua ha hecho disminuir el peso específico así como el ángulo de rozamiento ϕ , a este empuje de tierras se le sumará el empuje debido al líquido.

La disminución del peso específico está ligado al índice de huecos que posea el terreno.

La expresión para calcular el peso específico virtual de un terreno anegado es:

$$\gamma' = \gamma - \left(1 - \frac{n}{100}\right) \gamma_a$$

en donde

γ' = peso específico virtual del terreno anegado, t/m³

γ = peso específico aparente del terreno seco, t/m³

n = índice de huecos en tanto por ciento

γ_a = peso específico del agua $\gamma_a = 1 \text{ t/m}^3$

Por efectos del agua el ángulo de rozamiento interno disminuye, y como consecuencias de ello, se produce un aumento del coeficiente de empuje

$$K = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2} \right)$$

La figura 4.64 recoge de forma gráfica el cálculo de los empujes en un terreno anegado.

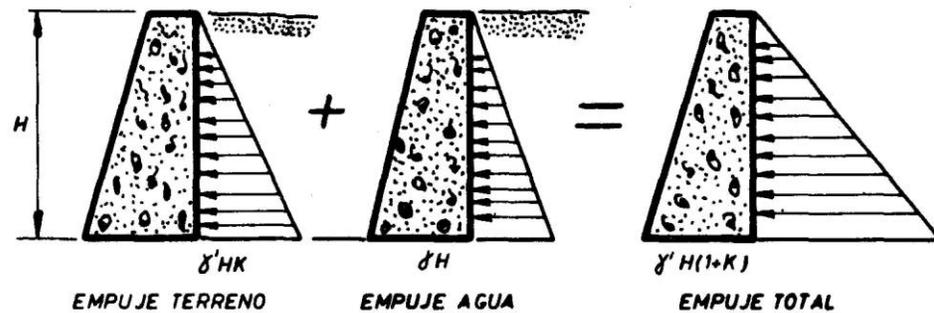


Figura 4.64 Empuje en un terreno sumergido

Al empuje del terreno anegado calculado con el peso específico γ' se le superpondrá el empuje hidrostático del agua.

Cuando el terreno se encuentre anegado sólo hasta cierta profundidad, el cálculo del empuje a una profundidad determinada de la zona anegada se determinará como si fuesen terrenos estratificados.

En la tabla 4.1 se indican diversos valores del índice de huecos n en tanto por ciento.

TABLA 4.1 Índice de huecos en tanto por ciento

CLASE DE TERRENO	INDICE DE HUECOS n %
Terrenos naturales	
Grava y arena compacta	30
Grava y arena suelta	40
Arcilla	-
Rellenos	
Tierra vegetal	40
Terraplén	40
Pedraplén	35

4.3.2 Construcción

La construcción de un muro de retención sigue una serie de pasos lógicos y ordenados que son comunes independientemente del tipo de muro que se construirá; así, se pueden seguir los siguientes:

1. Trazo
2. Excavación
3. Nivelación
4. Construcción de la base del muro
5. Construcción del cuerpo del muro
6. Drenajes
7. Relleno
8. Acabados

Dependiendo del material de construcción del muro en el capítulo 2 fueron descritos cada uno de los pasos citados.

Para que la construcción del muro en cada uno de los pasos indicados cumpla con la calidad esperada y en el tiempo previsto, es necesario, apegarse a todos los medios o ayudas para ello; por eso, hay que respetar lo establecido en la programación de la obra, cumpliendo con lo descrito en las especificaciones técnicas del proyecto y procurando utilizar el material, la maquinaria, el equipo y la mano de obra idónea para cada actividad.

4.3.3 Funcionamiento

Un muro puede funcionar como un muro rígido, cuando este por ninguna causa tendrá deformación geométrica; debido a los empujes que el suelo ejerce sobre él o debido a su propio peso; o como un muro flexible, cuando se deforme tridimensionalmente ante las cargas que actúan sobre él. Así, de los muros vistos en la sección 4.2, se puede resumir, que los muros de mampostería de piedra, mampostería de bloque, mampostería de ladrillo de barro cocido y los muros de concreto reforzado funcionan como muros rígidos y los muros de tierra armada y gaviones funcionan como muros flexibles. Se puede describir también el funcionamiento de los muros en base a su uso y a las como lo muestran las figuras correspondientes a cada muro de la sección 4.2.

CONCLUSIONES

- El método de Cullmann posee la generalidad suficiente para poder utilizarlo en el cálculo de los empujes sobre el muro con cualquier condición de sobrecarga así como para cualquier tipo de muro.
- La hipótesis que consiste en considerar que la distribución de presiones sobre el terreno generada por zapatas de cimentación tiene lugar en forma piramidal y formando un ángulo de 30° a cada lado respecto a la vertical es muy útil y aplicable para definir la zona de retiro de una construcción respecto al muro.
- La presencia de agua en un terreno retenido por medio de muros de retención conlleva a un cálculo más complicado del empuje generado sobre el muro, ya que el agua, provoca una disminución en el peso específico y en el ángulo de fricción interna del terreno, lo que aumenta el empuje que éste genera contra el muro.

CAPITULO V
RESULTADOS

INTRODUCCION

El capítulo V contiene el análisis de cómo los muros responden en su funcionamiento, ante varias combinaciones de características tales como la altura, ángulo de fricción interna, empujes, momentos motores y restituidores, relación de la base con la altura (b/H o c), con los factores de seguridad al volteo, al deslizamiento y capacidad de carga del suelo. Para el caso se analizó un muro de sección típica construido con mampostería de piedra.

Para obtener los datos se elaboró un software que generó ocho tablas de las cuales se graficaron las diferentes combinaciones de datos, obteniendo a través de estos gráficos un análisis de sus tendencias, y así, la correspondiente interpretación.

De la interpretación de los gráficos se obtuvieron conclusiones que contienen datos de resultados puntuales, parámetros y criterios útiles para el diseño de muros de retención.

5.0 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis de los muros de retención se basa en la interacción del suelo y la estructura a partir de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño y en los procesos constructivos de los muros. Se han tipificado diferentes valores de los empujes activo y pasivo, ángulo de fricción interna del suelo de relleno y del suelo de la cimentación, factores de seguridad, relación entre las dimensiones del muro, etc., ver tablas N° 5.1 a N° 5.8, las cuales se adaptan para este propósito, dónde se trabaja con una sección típica que se muestra en la figura 5.1, se hace uso de un programa en lenguaje VISUAL BASIC para obtener los datos de correlación entre valores de análisis, lo cual explicará cómo la estructura, el muro, y el suelo en retención y el de fundación, responden ante las solicitaciones o imposiciones de cargas permanentes, variables o fortuitas. Así, se obtienen las tablas N° 5.1 a N° 5.8 para el caso particular de un muro de retención hecho de mampostería de piedra para retener un suelo friccionante típico, sin sobrecarga y considerando acción sísmica.

En la figura 5.1 se tiene las siguientes definiciones:

- Hm : Altura total del muro.
- H1 : Altura de la pantalla del muro.
- Df : Profundidad de desplante.
- A : Altura de la base del muro o espesor de losa.
- B : Ancho de la base del muro.
- B1 : Ancho de la punta de la base del muro.
- B3 : Ancho del talón de la base del muro.
- CO : Ancho de la corona del muro.
- $s\gamma$: Peso específico del suelo de relleno
- $s'\gamma$: Peso específico del suelo de cimentación.
- γ_m : Peso específico del muro.
- ϕ_s : Angulo de fricción interna del suelo.
- Cs : Cohesión del suelo.
- Ws : Peso del suelo de relleno.
- β : Inclinación del talud retenido.
- 1/ y : Pendiente de la pantalla del muro.
- NP : Nivel de la superficie del terreno.
- ω_s : Contenido de humedad del suelo.

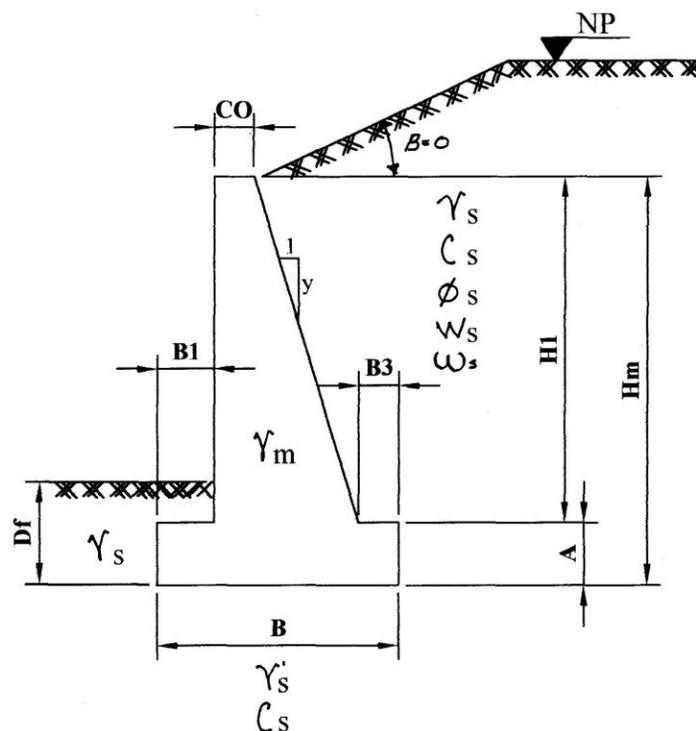


Figura 5.1 Sección típica de un muro de retención.

Las consideraciones con las que se elaboró el software (ver programa en el anexo N° 6) para la obtención de los datos mostrados en las tablas N° 5.1 a N° 5.8 se describen en la sección 6.1.

Los datos que contienen las tablas N° 5.1 a N° 5.8, que se describen a continuación; fueron generados con un software elaborado a partir de las consideraciones que se describen en la sección 6.1.

5.1.1 DESCRIPCION DE LAS TABLAS N° 5.1 A N° 5.8

Estas tablas tienen la finalidad de servir de ayuda para analizar cómo funcionan y responden los muros, antes de llegar a la falla, por ejemplo, hechos de mampostería de piedra, al establecer sus características geométricas, materiales de construcción a usar, las características de la estructura a retener, así como las condiciones de seguridad y estabilidad, al imponerles o someterlos a condiciones de carga, según sea el caso, estáticas, dinámicas o una combinación de estas. Se seleccionaron las variables, para obtener relaciones importantes de seguridad y estabilidad. Las variables, altura del muro, C , B/H , momentos motores y momentos restituidores, ángulo de fricción interna del suelo se relacionaron correspondientemente con las variables factores de seguridad, al volteo, deslizamiento, por capacidad de carga, empujes activo y pasivo, denotando cada relación, una tendencia característica según va manifiesto hasta evidenciar criterios que expliquen la estabilidad o seguridad.

5.1.2 DESCRIPCION DE LOS GRAFICOS DE TABLAS N° 5.1 A N° 5.8

En estos gráficos, es importante hacer notar, que cada variable, parámetro, altura de muro, C , H/B , momentos motores y restituidores, ángulo de fricción interna, está correlacionado respectivamente, generalmente referido al correspondiente factor de seguridad, de tal forma que se puedan deducir

valores, intervalos o criterios para los cuales la estabilidad o seguridad de la estructura tiene validez. En la interpretación de estos resultados se exponen claramente tales productos que se establecen con las gráficas de análisis para los distintos casos de interés. La superposición de los gráficos de casos particulares de análisis, ayudan a establecer los criterios y valores puntuales validos.

5.1.3 TABLAS Y GRÁFICOS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las tablas y gráficos de análisis de resultados son las siguientes:

Tabla 5.1 altura del muro y los empujes; para altura de 2m a 18m.

Gráfico 5.1.1 altura del muro vs. empuje activo

Gráfico 5.1.2 altura del muro vs. empuje pasivo

Gráfico 5.1.3 altura del muro vs. empujes (activo y pasivo)

Tabla 5.2 relación de la variable C vs. factores de seguridad; para C entre 0.4 a 0.75.

Gráfico 5.2.1 variable C vs. factor de seguridad al volteo

Gráfico 5.2.2 variable C vs. factor de seguridad al deslizamiento

Gráfico 5.2.3 variable C vs. factor de seguridad a la capacidad de carga

Gráfico 5.2.4 variable C vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento y capacidad de carga)

Tabla 5.3 relación B/H vs. factor de seguridad al volteo; para anchos de base o losa hasta $B=9.0\text{m}$.

Gráfico 5.3.1 B/H vs. factor de seguridad al volteo para $H=2\text{m}$

Gráfico 5.3.2 B/H vs. factor de seguridad al volteo para $H=4\text{m}$

Gráfico 5.3.3 B/H vs. factor de seguridad al volteo para $H=6\text{m}$

Gráfico 5.3.4 B/H vs. factor de seguridad al volteo para $H=10\text{m}$

Gráfico 5.3.5 B/H vs. factor de seguridad al volteo para $H=15\text{m}$

Tabla 5.4 relación B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento; para anchos de base o losa hasta $B=9.0\text{m}$.

Gráfico 5.4.1 B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento para $H=2\text{m}$

Gráfico 5.4.2 B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento para $H=4\text{m}$

Gráfico 5.4.3 B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento para $H=6\text{m}$

Gráfico 5.4.4 B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento para $H=10\text{m}$

Gráfico 5.4.5 B/H vs. factor de seguridad al deslizamiento para $H=15\text{m}$

Tabla 5.5 relación B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga; para anchos de base o losa hasta $B=9.0\text{m}$.

Gráfico 5.5.1 B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga para $H=2\text{m}$

Gráfico 5.5.2 B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga para $H=4\text{m}$

Gráfico 5.5.3 B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga para H=6m

Gráfico 5.5.4 B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga para H=10m

Gráfico 5.5.5 B/H vs. factor de seguridad a la capacidad de carga para H=15m

Gráfico 5.5.6 B/H vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento, capacidad de carga), para H=2m

Gráfico 5.5.7 B/H vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento, capacidad de carga), para H=4m

Gráfico 5.5.8 B/H vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento, capacidad de carga), para H=6m

Gráfico 5.5.9 B/H vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento, capacidad de carga), para H=10m

Gráfico 5.5.10 B/H vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento, capacidad de carga), para H=15m

Tabla 5.6 relación de los momentos motores y restituidores vs. factores de seguridad; para alturas de 2m a 18m.

Gráfico 5.6.1 momentos restituidores vs. factor de seguridad al volteo

Gráfico 5.6.2 momentos restituidores vs. factor de seguridad al deslizamiento

Gráfico 5.6.3 momentos restituidores vs. factor de seguridad a la capacidad de carga

Gráfico 5.6.4 momentos restituidores vs. factores de seguridad, al volteo, deslizamiento y capacidad de carga

Gráfico 5.6.5 momentos motores vs. factor de seguridad al volteo

Gráfico 5.6.6 momentos motores vs. factor de seguridad al deslizamiento

Gráfico 5.6.7 momentos motores vs. factor de seguridad a la capacidad de carga

Gráfico 5.6.8 momentos motores vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento y capacidad de carga)

Gráfico 5.6.9 momentos motores y restituidores vs. factor de seguridad al volteo

Gráfico 5.6.10 momentos motores y restituidores vs. factor de seguridad al deslizamiento

Gráfico 5.6.11 momentos motores y restituidores vs. factor de seguridad a la capacidad de carga

Tabla 5.7 relación del ángulo de fricción interna vs. factores de seguridad; para valores de ϕ entre 15° a 45°

Gráfico 5.7.1 ángulo de fricción interna vs. factor de seguridad al volteo

Gráfico 5.7.2 ángulo de fricción interna vs. factor de seguridad al deslizamiento

Gráfico 5.7.3 ángulo de fricción interna vs. factor de seguridad a la capacidad de carga

Gráfico 5.7.4 ángulo de fricción interna vs. factores de seguridad (al volteo, deslizamiento y capacidad de carga)

Tabla 5.8 relación del ángulo de fricción interna vs. empujes; para valores de ϕ entre 15° a 45°

Gráfico 5.8.1 ángulo de fricción interna vs. empuje activo

Gráfico 5.8.2 ángulo de fricción interna vs. empuje pasivo

Gráfico 5.8.3 ángulo de fricción interna vs. empujes, activo y pasivo

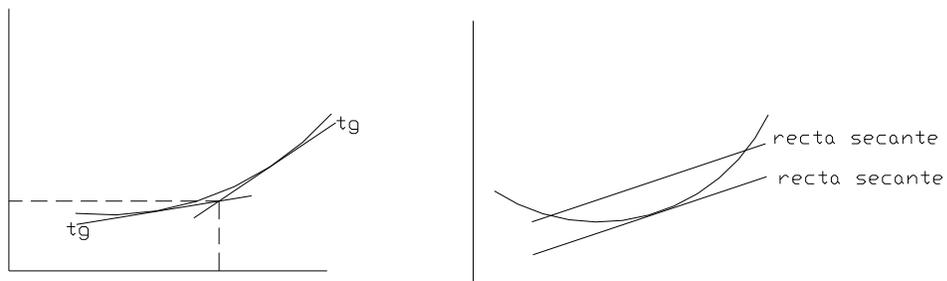
Para fines de análisis, es importante establecer los valores siguientes:

B/H : es la relación de la base del muro respecto a su altura total, medida desde la rasante de fundación hasta la corona.

C : es el factor de predimensionamiento seguro de la base del muro en función de la altura. En la práctica, este se asume con un valor entre 0.4 a 0.7, según el criterio práctico del calculista o el valor que se establezca como seguro cuando no se hayan hecho cálculos correspondientes, o sea por especificación.

Gradiente : la tasa de cambio que se tendrá en la correspondiente gráfica para tipificar el fenómeno.

El valor de interés en la gráfica en los tramos de concavidad e convexidad, donde se defina algún vértice o punto de cambio que indique el valor puntual útil para obtener algún resultado, dato o parámetro. Este se puede hacer por el método de la variable trasladada al punto de tangencia sobre la gráfica, o por el método del ángulo bisectado que lo forman las dos rectas que se cortan al prolongar los dos extremos de las tendencias de la gráfica, por ejemplo, las gráficas 5.7.1 a 5.7.4.



El criterio para definir el margen de ± 2.5 grados en las gráficas de Angulo de fricción interna vs. Factores de seguridad es que este valor es la mitad de los valores correspondientes al ángulo de fricción interna en el eje x de estas gráficas.

RELACION ENTRE LA ALTURA DEL MURO Y LOS EMPUJES

Considerando:

Muro de mampostería de piedra
 Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$
 Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$
 Cohesión $C=0$
 Inclinación del relleno $\beta=0$
 Zona sísmica I
 Angulo de fricción interna = 35°

Variando los valores de la altura del muro se obtiene la siguiente tabla:

TABLA No.5.1 Altura vs. Empujes

Hm(m)	Ep	Ea
2.0	1.06	0.87
4.0	2.95	3.47
6.0	6.64	7.80
8.0	11.81	13.87
10.0	18.45	21.68
12.0	26.57	31.22
14.0	36.16	42.49
16.0	47.23	55.5
18.0	59.78	70.24

SECCIÓN TÍPICA:

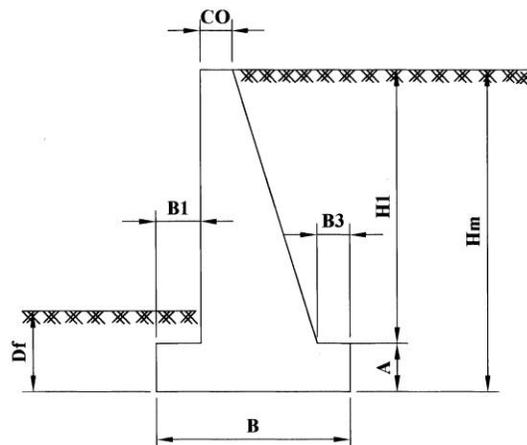


GRAFICO N° 5.1.1 ALTURA DEL MURO vs. EMPUJE ACTIVO

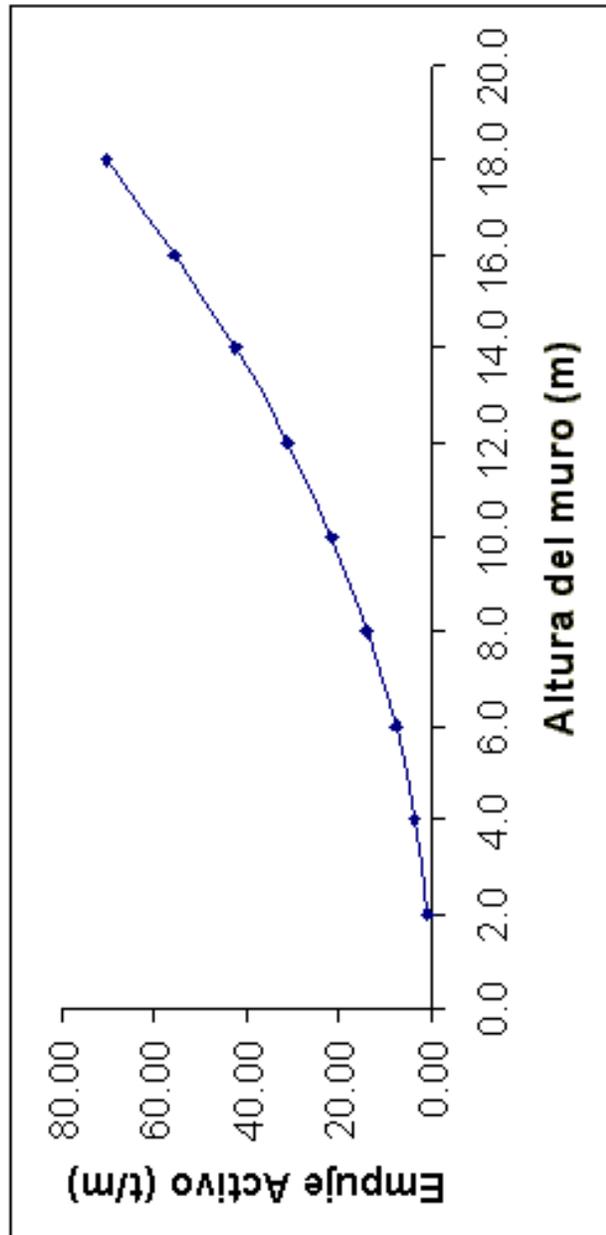


GRAFICO Nº 5.1.2 ALTURA DEL MURO vs. EMPUJE PASIVO

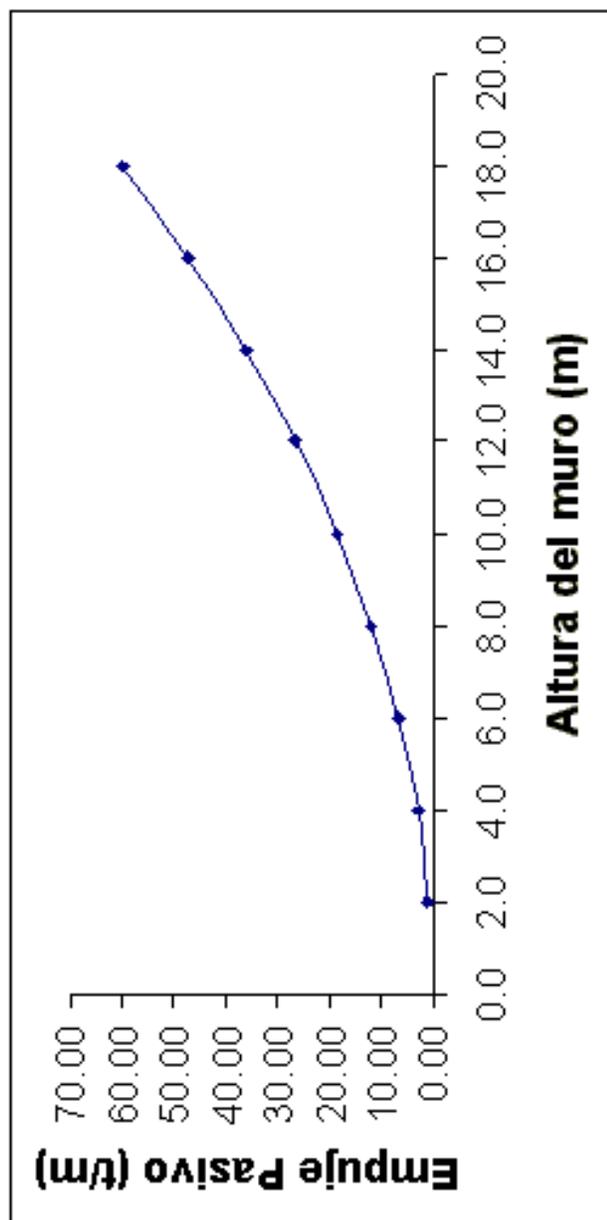
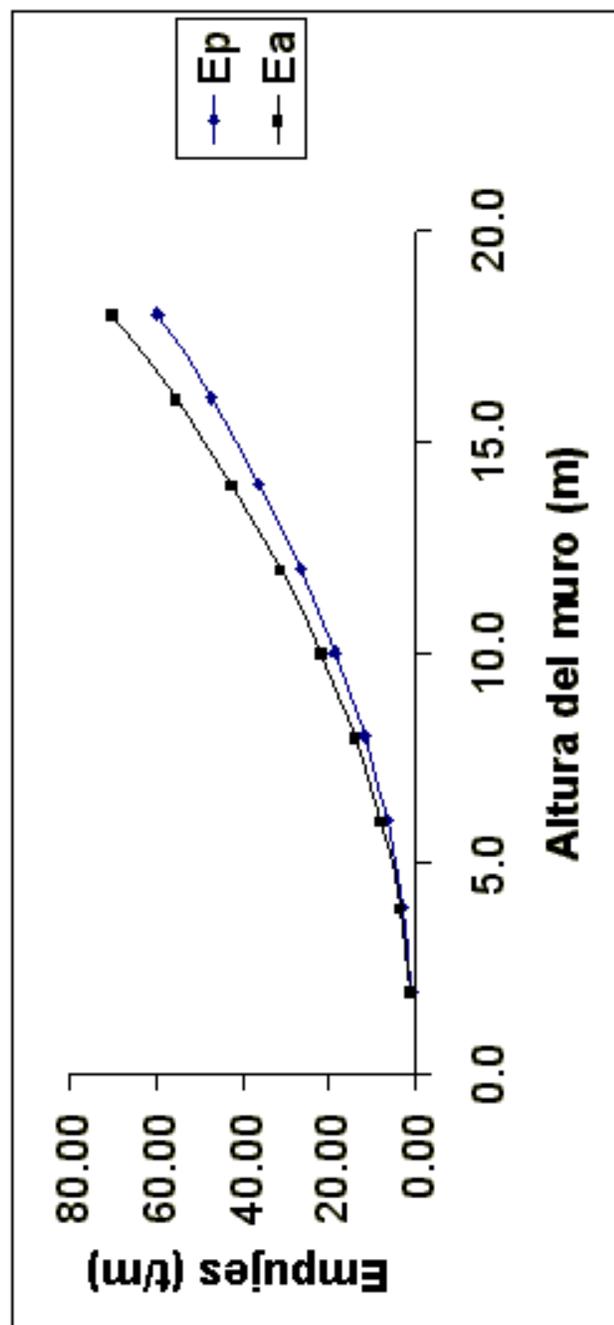


GRAFICO Nº 5.1.3 ALTURA DEL MURO vs. EMPUJES



RELACION DE LA VARIABLE C vs. FACTORES DE SEGURIDAD

Considerando:

Muro de mampostería de piedra
 Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$
 Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$
 Cohesión $C=0$
 Inclinación del relleno $\beta=0$
 Angulo de fricción interna = 35 (grados)
 Altura del muro = 6.0m
 Zona sísmica I

Variando los valores de $C = B/H_m$:

TABLA No.5.2 Variable C vs. Factores de seguridad

$C = B/H_m$	FSV	FSD	FScg
0.40	1.33	1.43	1.95
0.45	1.65	1.54	3.45
0.50	2.02	1.65	4.83
0.55	2.42	1.77	6.23
0.60	2.86	1.88	7.82
0.65	3.34	1.99	9.60
0.70	3.86	2.11	11.57
0.75	4.42	2.22	13.70

SECCIÓN TÍPICA:

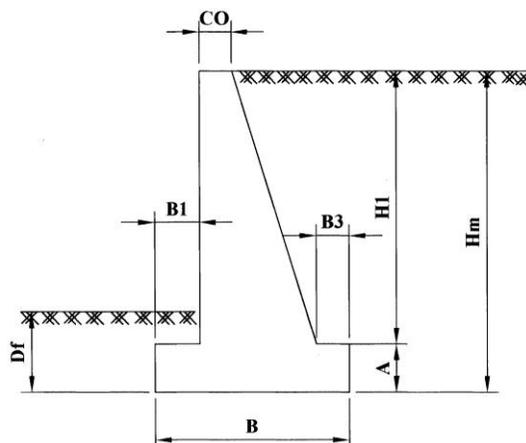


GRAFICO Nº 5.2.1 VARIABLE C vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

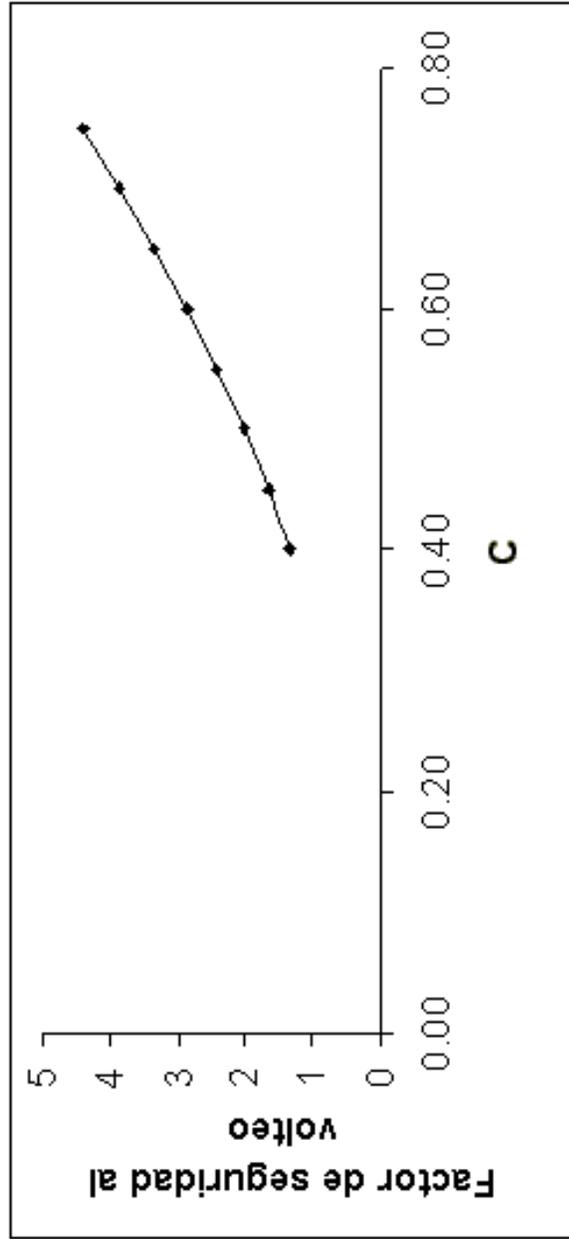


GRAFICO Nº 5.2.2 VARIABLE C vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

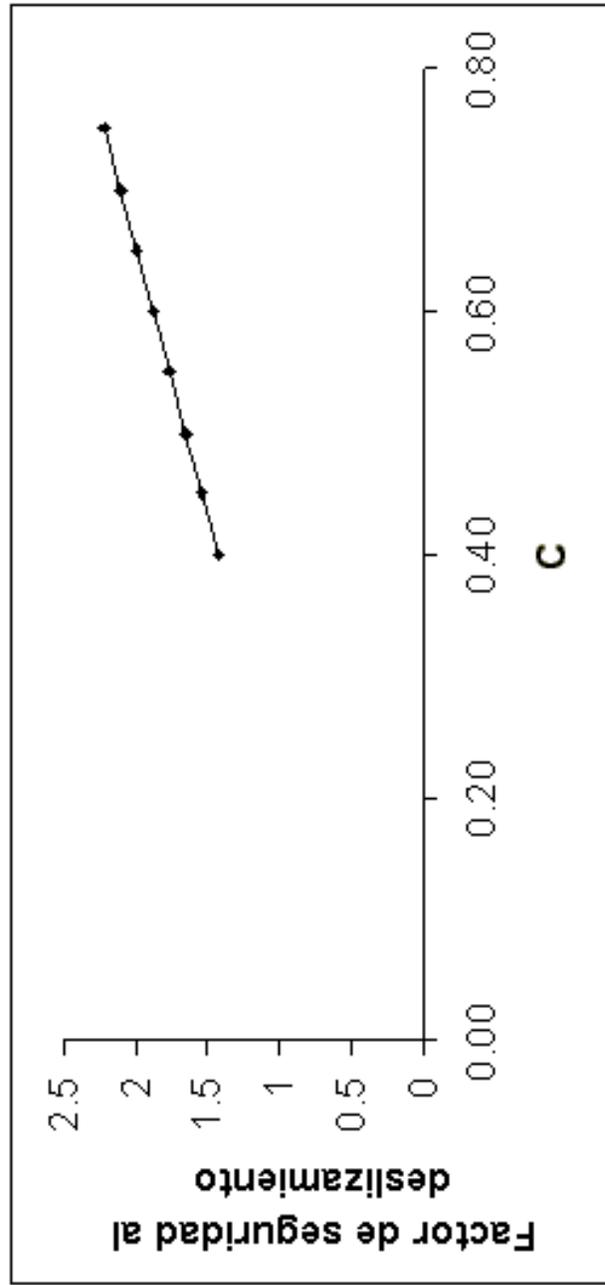


GRAFICO Nº 5.2.3 VARIABLE C vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA

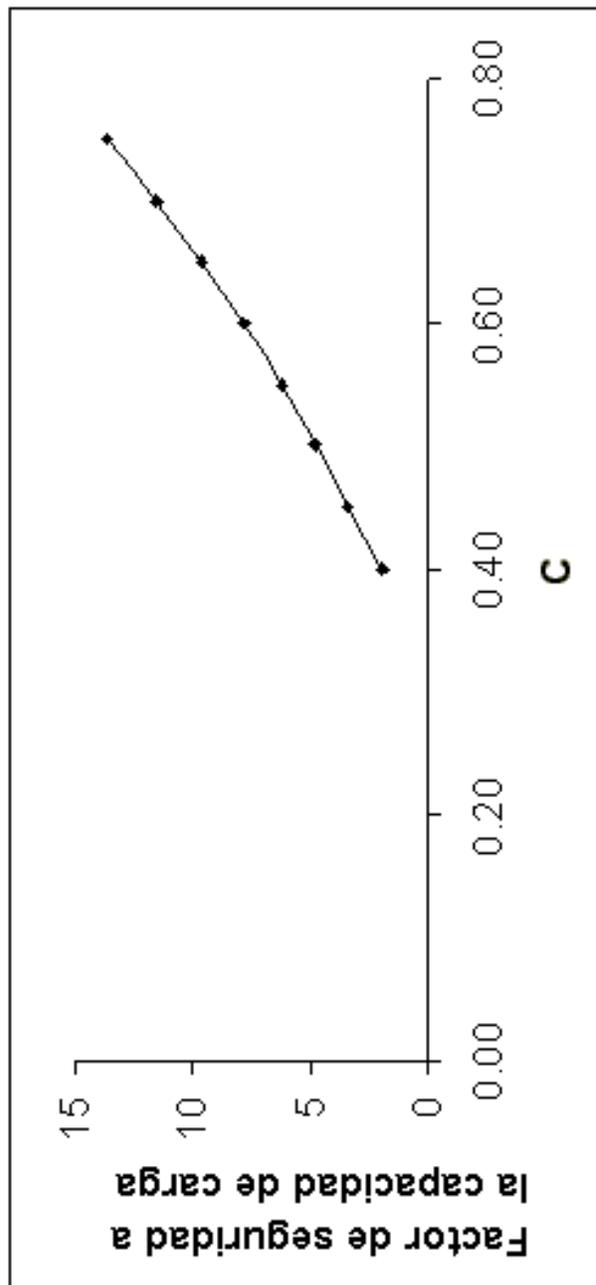


GRAFICO Nº 5.2.4 VARIABLE C vs. FACTORES DE SEGURIDAD

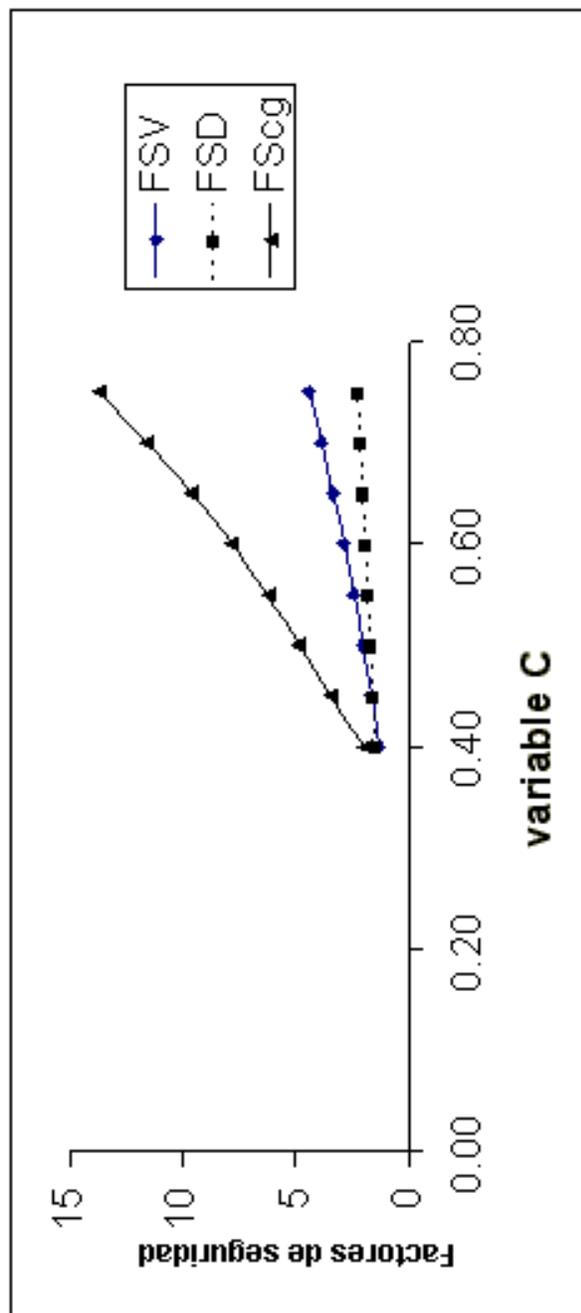


GRAFICO N° 5.3.1 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO PARA
H=2m

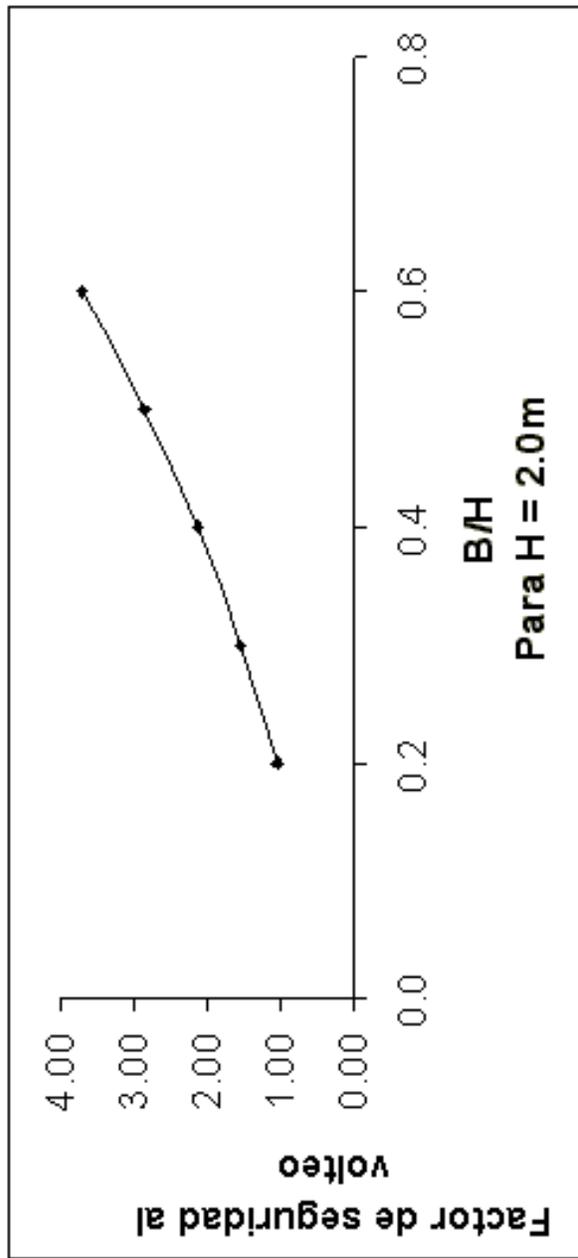


GRAFICO N° 5.3.2 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO PARA
H=4m

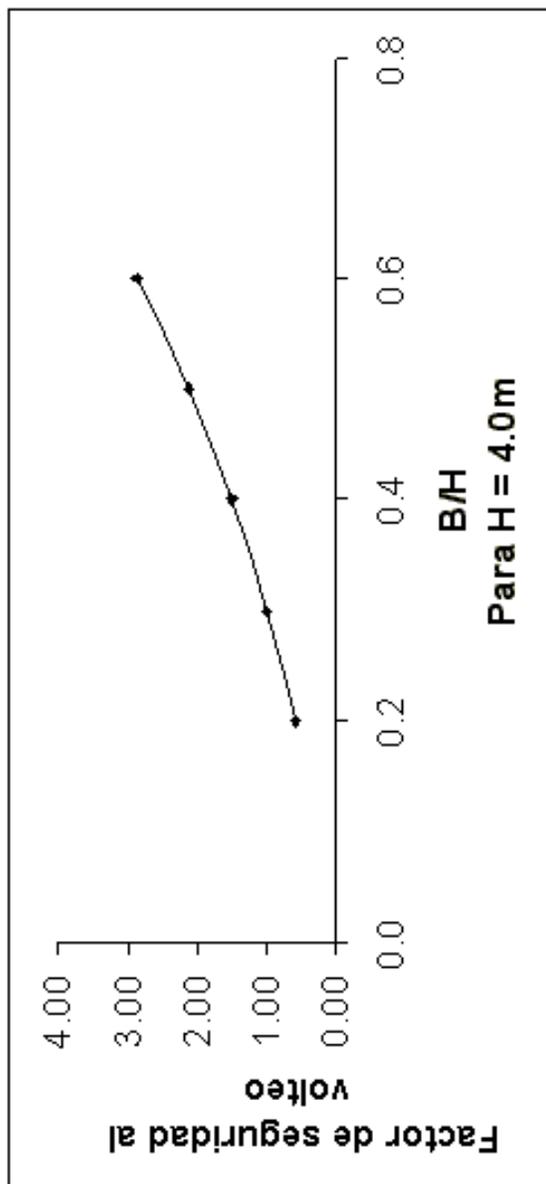


GRAFICO N° 5.3.3 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO PARA

H=6m

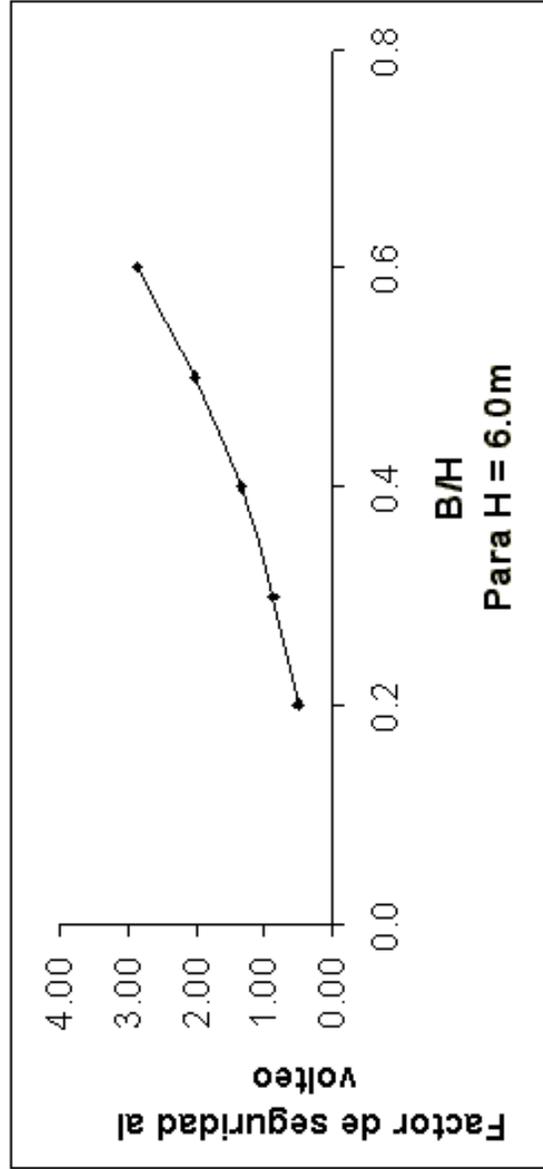


GRAFICO N° 5.3.4 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO PARA
H=10m

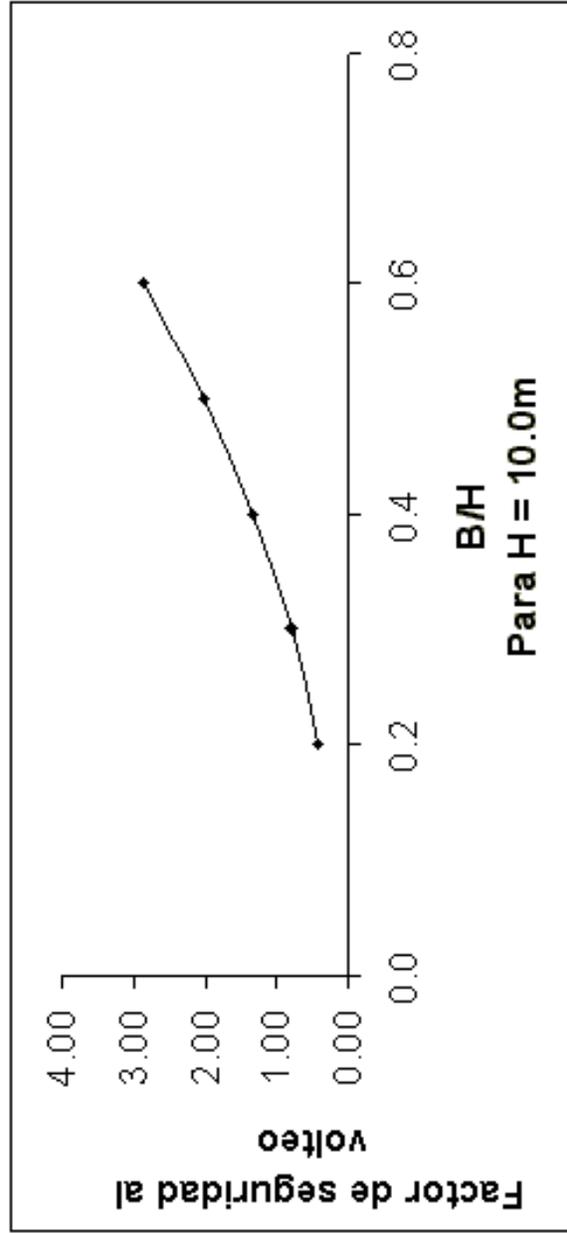
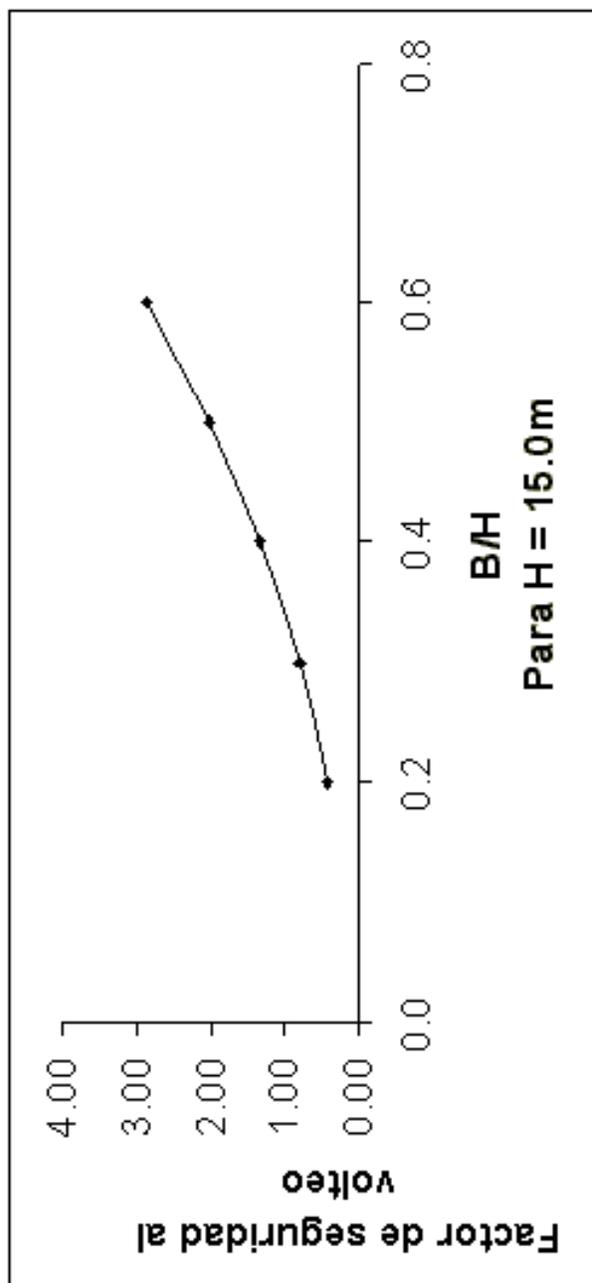


GRAFICO N° 5.3.5 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO PARA
H=15m



RELACION B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL
DESPLAZAMIENTO

Considerando:

- Muro de mampostería de piedra
- Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$
- Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$
- Cohesión $C=0$
- Inclinación del relleno $\beta=0$
- Angulo de fricción interna = 35 (grados)
- Zona sísmica I
- Altura del muro $H_m=2\text{m}, 4\text{m}, 6\text{m}, 10\text{m}, 15\text{m}$

Variando los valores del ancho de la base se obtiene la siguientes tablas:

TABLA No.5.4 Relación B/H vs. Factor de seguridad
al deslizamiento

Hm = 2.0 m			Hm = 4.0 m			Hm = 6.0 m			Hm = 10.0 m			Hm = 15.0 m		
B(m)	B/H	FSD	B(m)	B/H	FSD	B(m)	B/H	FSD	B(m)	B/H	FSD	B(m)	B/H	FSD
0.4	0.2	1.59	0.8	0.2	1.13	1.2	0.2	1.05	2.0	0.2	0.99	3.0	0.2	0.97
0.6	0.3	1.78	1.2	0.3	1.32	1.8	0.3	1.24	3.0	0.3	1.20	4.5	0.3	1.20
0.8	0.4	1.97	1.6	0.4	1.50	2.4	0.4	1.43	4.0	0.4	1.43	6.0	0.4	1.43
1.0	0.5	2.15	2.0	0.5	1.69	3.0	0.5	1.65	5.0	0.5	1.65	7.5	0.5	1.65
1.2	0.6	2.34	2.4	0.6	1.88	3.6	0.6	1.88	6.0	0.6	1.88	9.0	0.6	1.88

SECCION
TÍPICA:

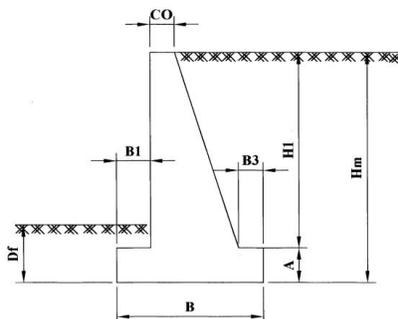


GRAFICO Nº 5.4.1 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
PARA H=2m

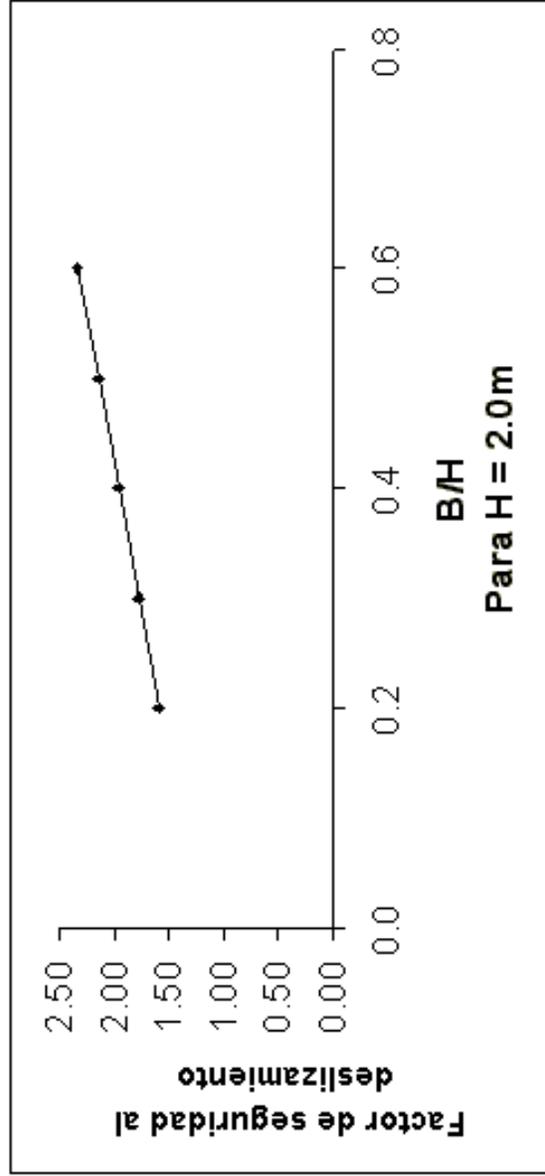


GRAFICO Nº 5.4.2 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
PARA H=4m

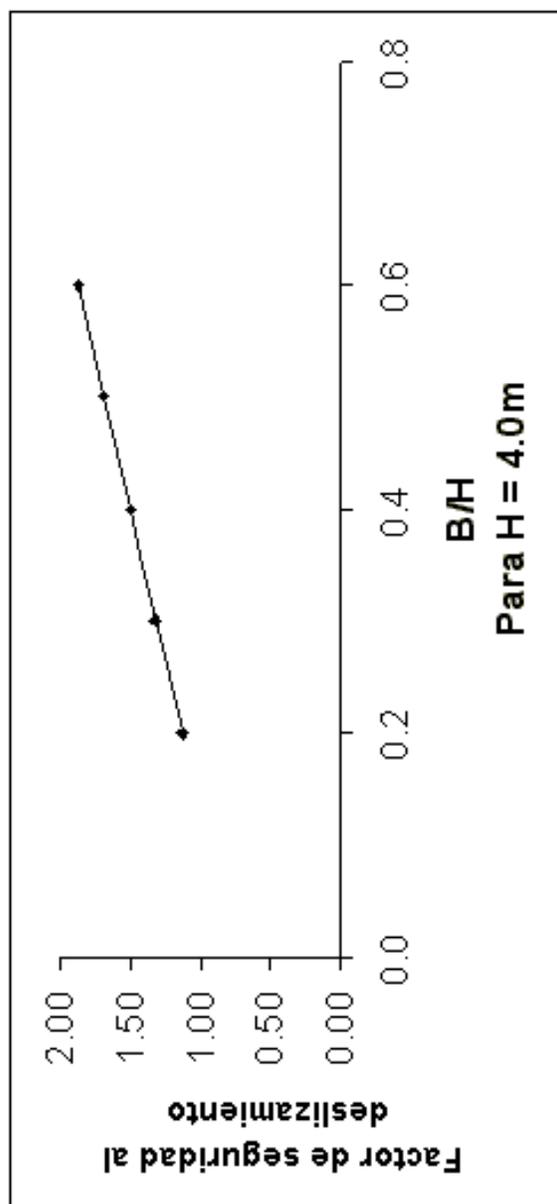


GRAFICO Nº 5.4.3 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
PARA H=6m

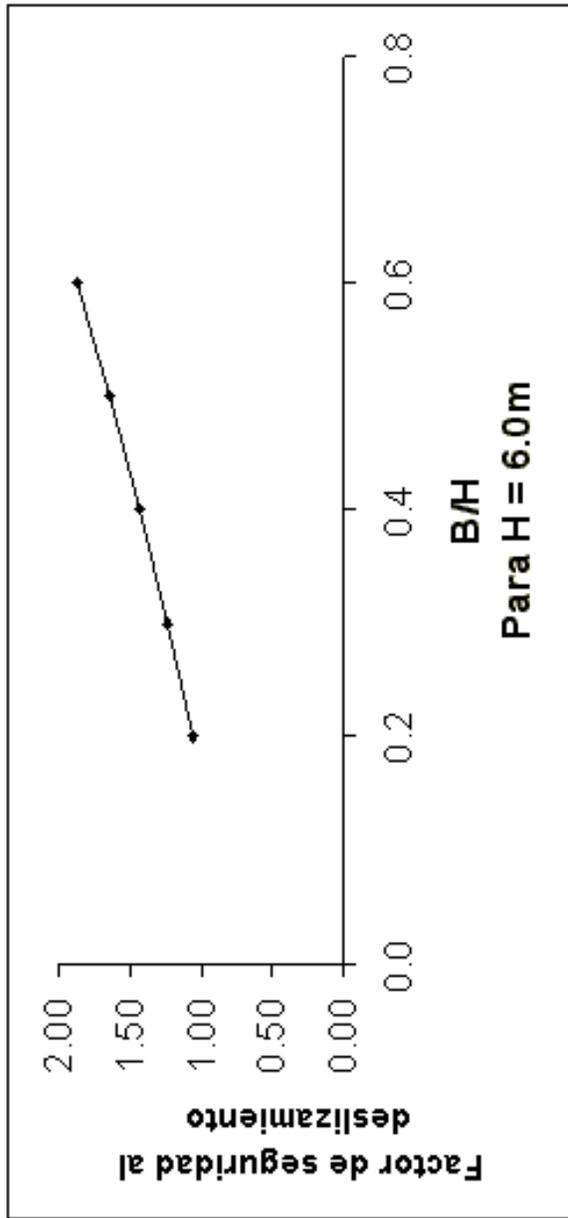


GRAFICO Nº 5.4.4 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
PARA H=10m

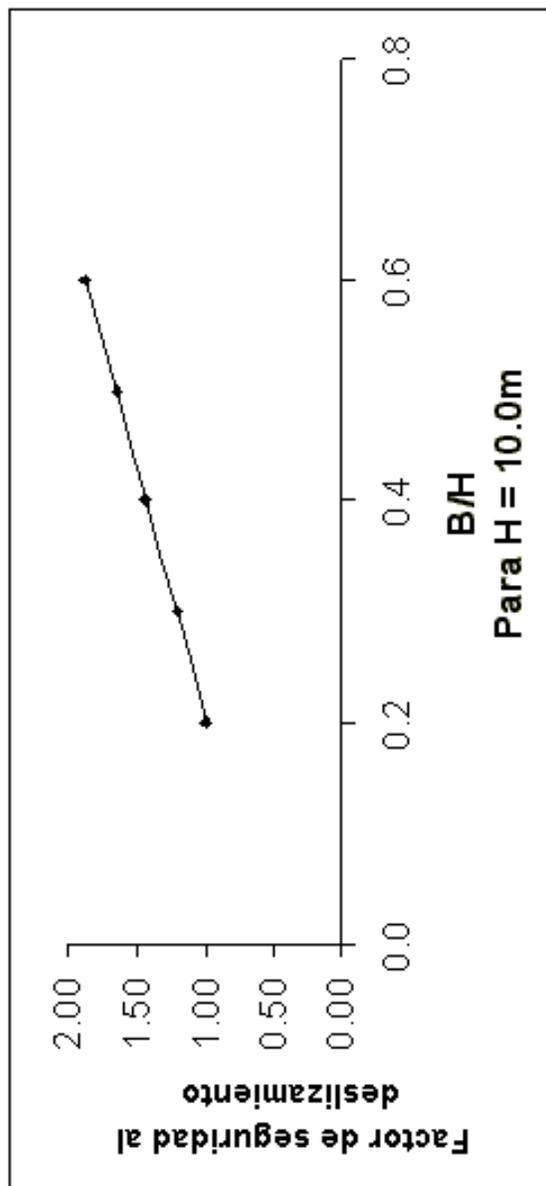
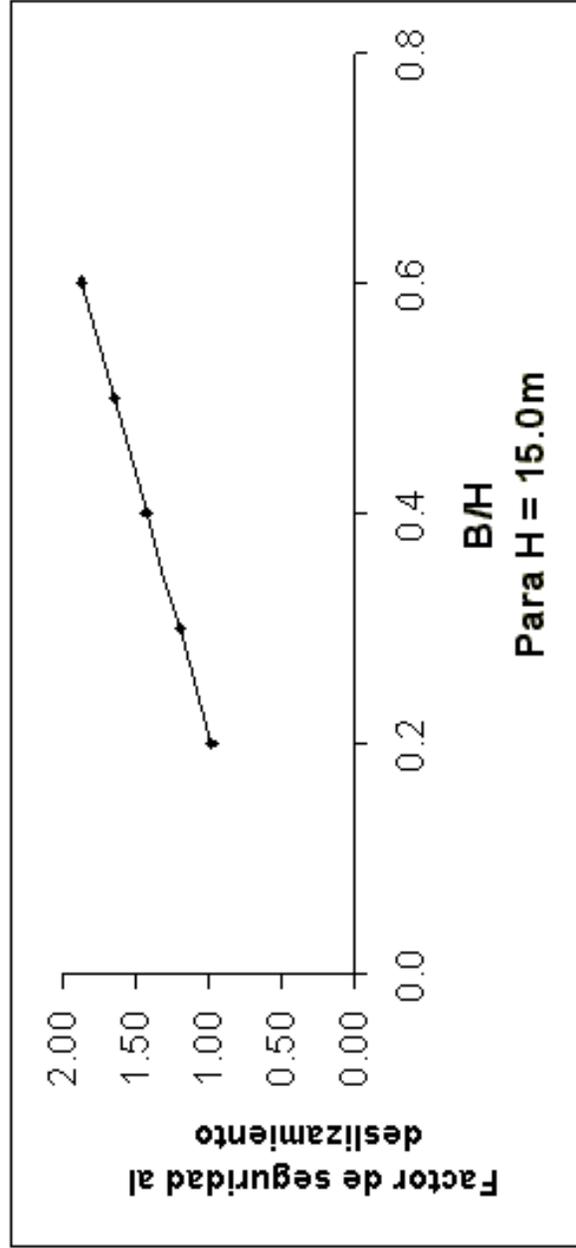


GRAFICO Nº 5.4.5 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
PARA H=15m



RELACION B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA

Considerando

Muro de mampostería de
 piedra
 Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6$
 t/m^3
 Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 t/m^3$
 Cohesión $C=0$
 Inclinación del relleno
 $\beta=0$
 Zona sísmica I
 Angulo de fricción interna = 35
 (grados)
 Altura del muro $H_m=2m, 4m, 6m, 10m, 15m$

Variando los valores del ancho de la base se obtiene la siguientes tablas:

TABLA No.5.5 Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga

Hm = 2.0 m			Hm = 4.0 m			Hm = 6.0 m			Hm = 10.0 m			Hm = 15.0 m		
B(m)	B/H	FScg	B(m)	B/H	FScg	B(m)	B/H	FScg	B(m)	B/H	FScg	B(m)	B/H	FScg
0.4	0.2	0.40	0.8	0.2	-3.78	1.2	0.2	-5.48	2.0	0.2	-7.09	3.0	0.2	-7.53
0.6	0.3	3.03	1.2	0.3	-0.11	1.8	0.3	-1.12	3.0	0.3	-1.67	4.5	0.3	-1.67
0.8	0.4	5.68	1.6	0.4	2.63	2.4	0.4	1.95	4.0	0.4	1.95	6.0	0.4	1.95
1.0	0.5	9.12	2.0	0.5	5.07	3.0	0.5	4.83	5.0	0.5	4.83	7.5	0.5	4.83
1.2	0.6	11.28	2.4	0.6	7.82	3.6	0.6	7.82	6.0	0.6	7.82	9.0	0.6	7.82

SECCION TÍPICA:

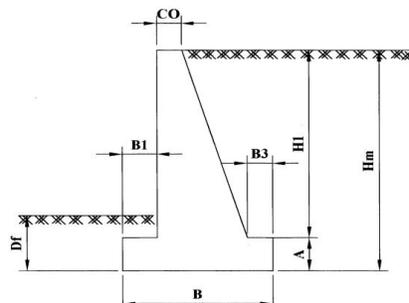


GRAFICO Nº 5.5.1 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA PARA H=2m

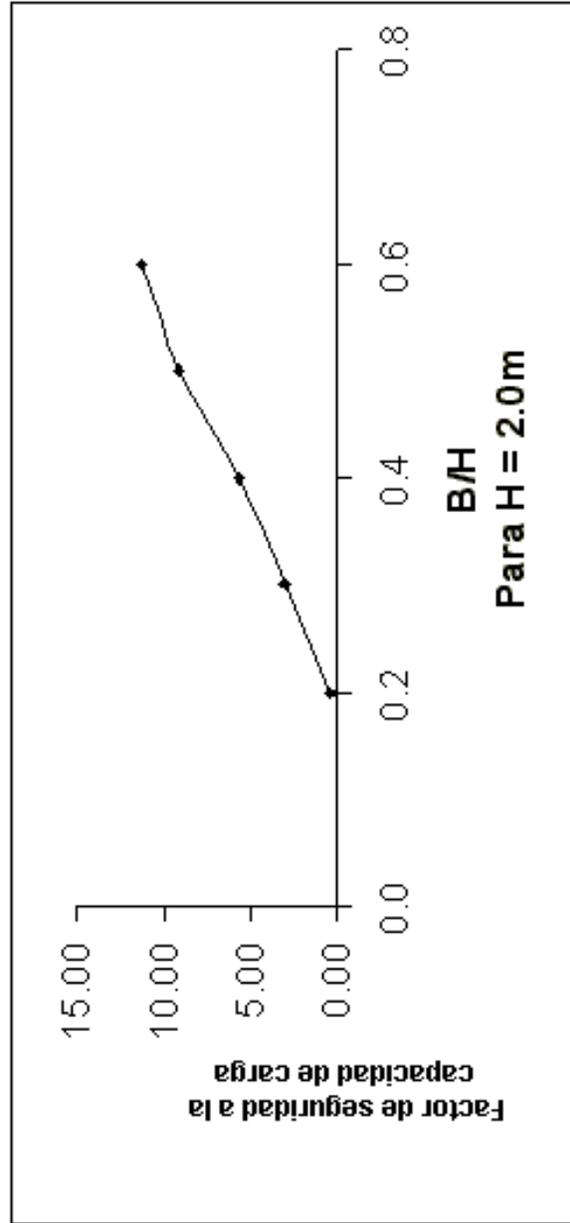


GRAFICO N° 5.5.2 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA PARA H=4m

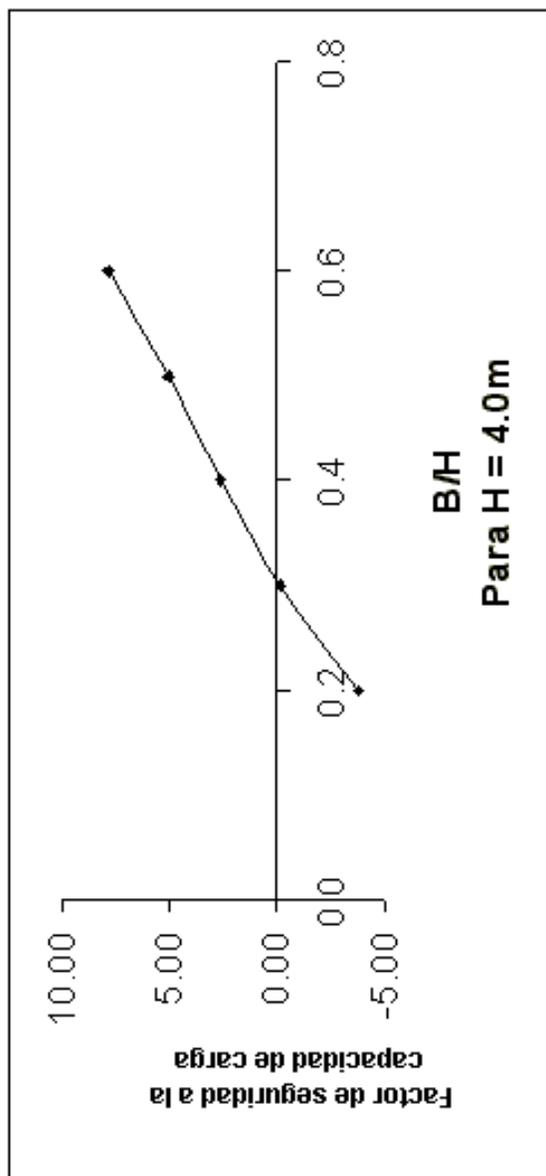


GRAFICO N° 5.5.3 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA PARA H=6m

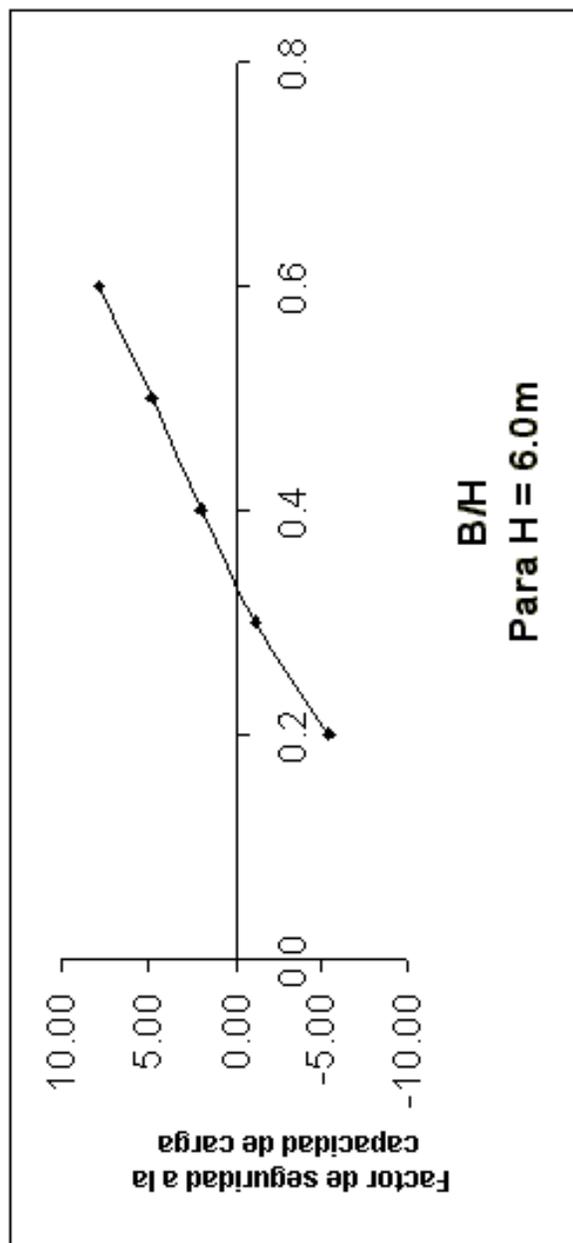


GRAFICO N° 5.5.4 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA PARA H=10m

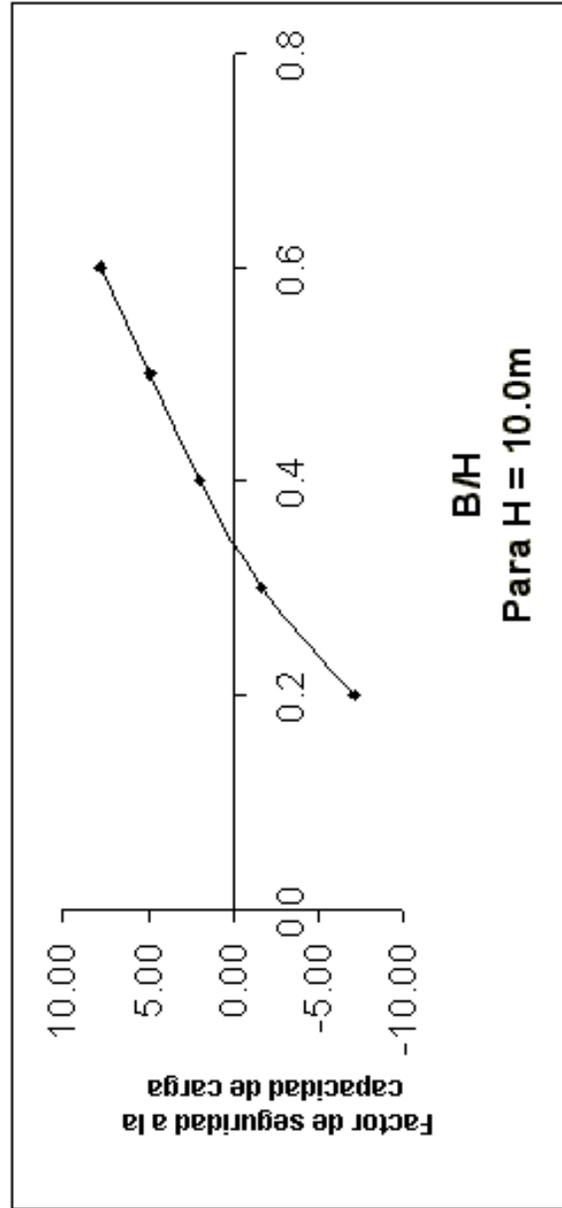


GRAFICO Nº 5.5.5 B/H vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA PARA H=15m

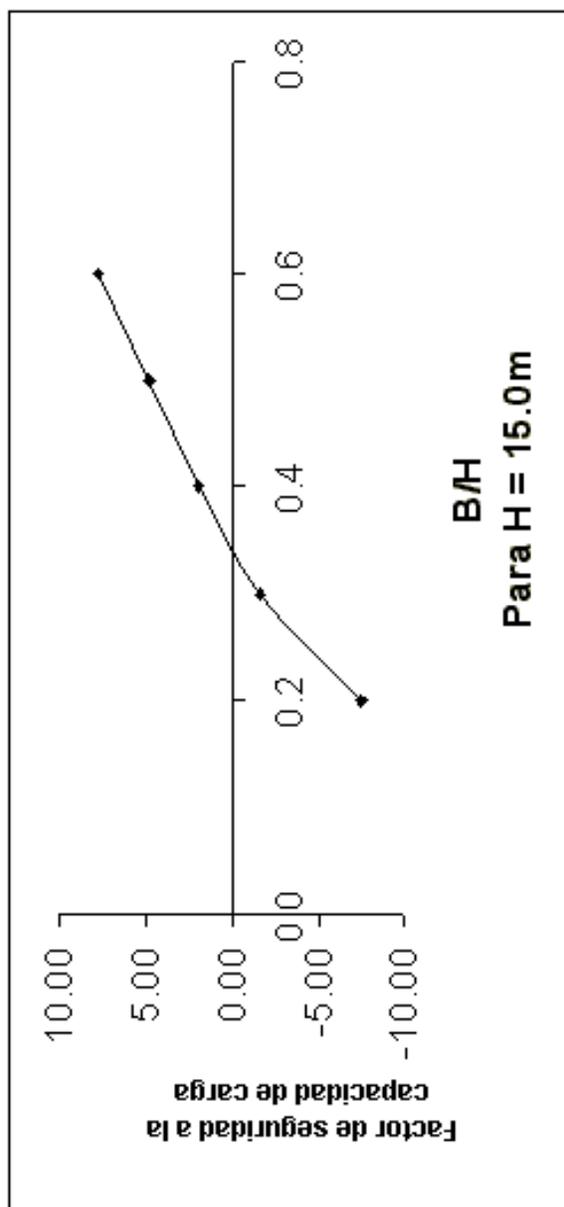


GRAFICO Nº 5.5.6 B/H vs. FACTORES DE SEGURIDAD PARA H=2m

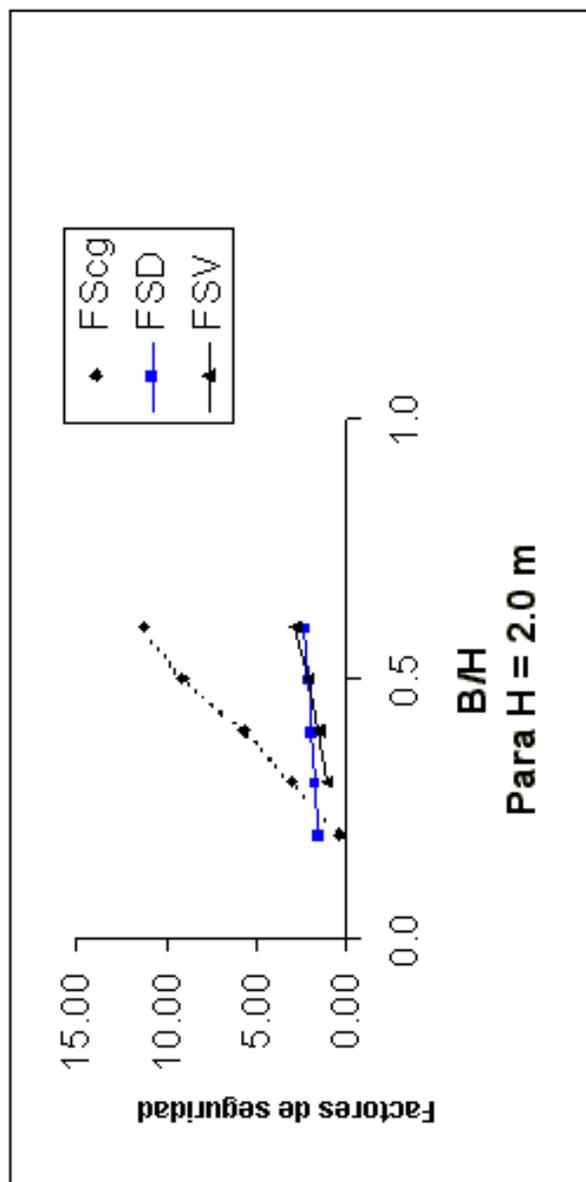


GRAFICO Nº 5.5.7 B/H vs. FACTORES DE SEGURIDAD PARA H=4m

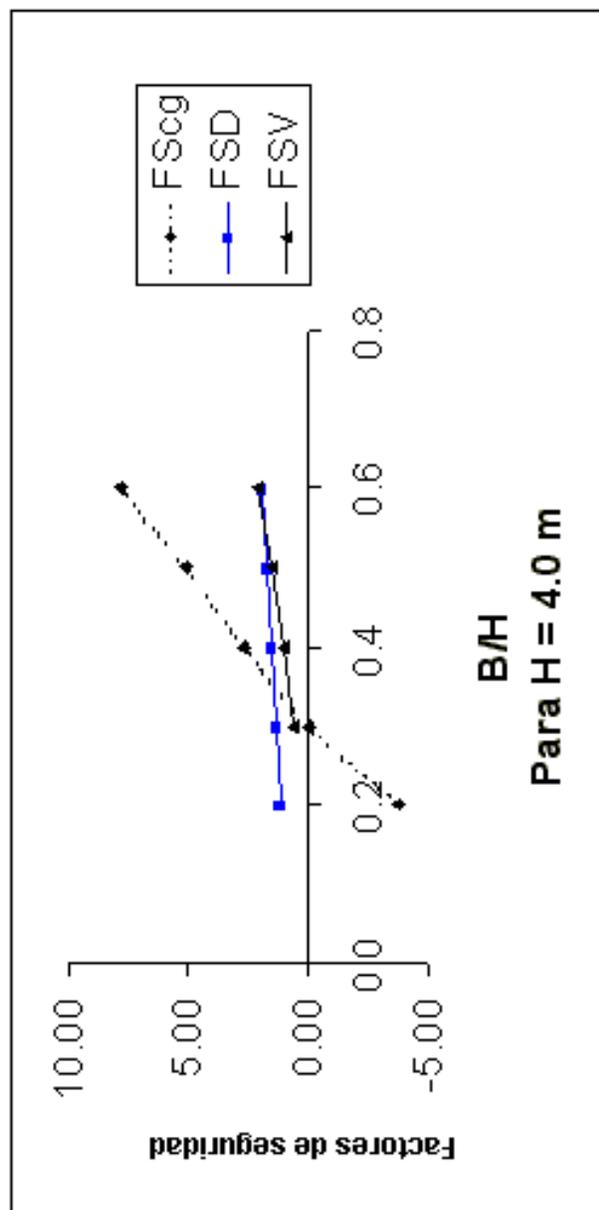


GRAFICO Nº 5.5.8 B/H vs. FACTORES DE SEGURIDAD PARA H=6m

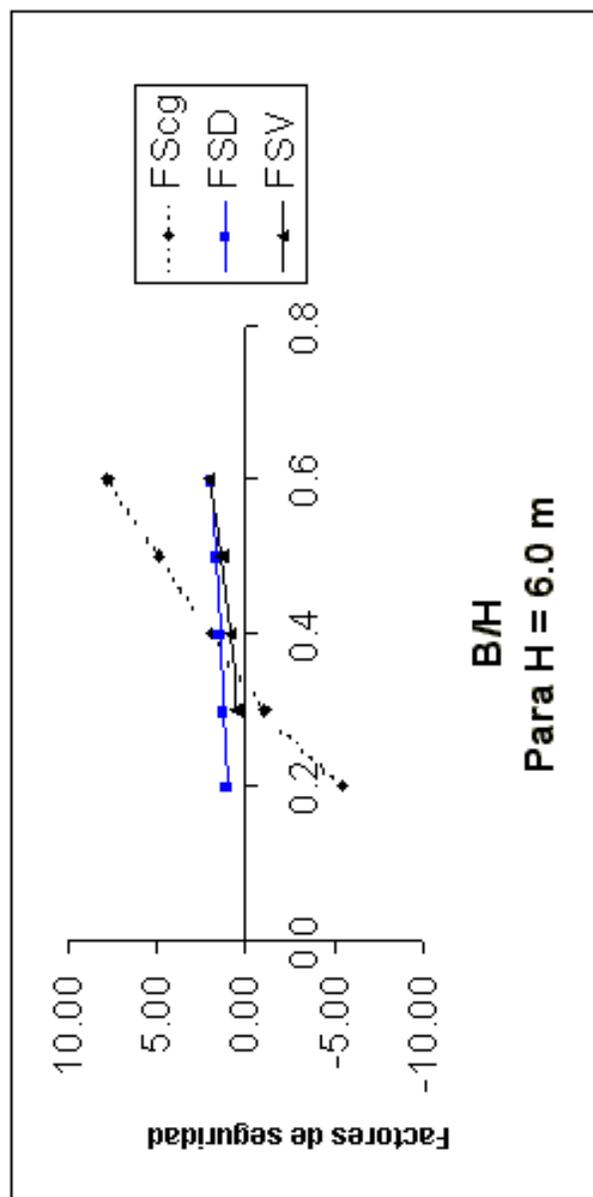


GRAFICO N° 5.5.9 B/H vs. FACTORES DE SEGURIDAD PARA H=10m

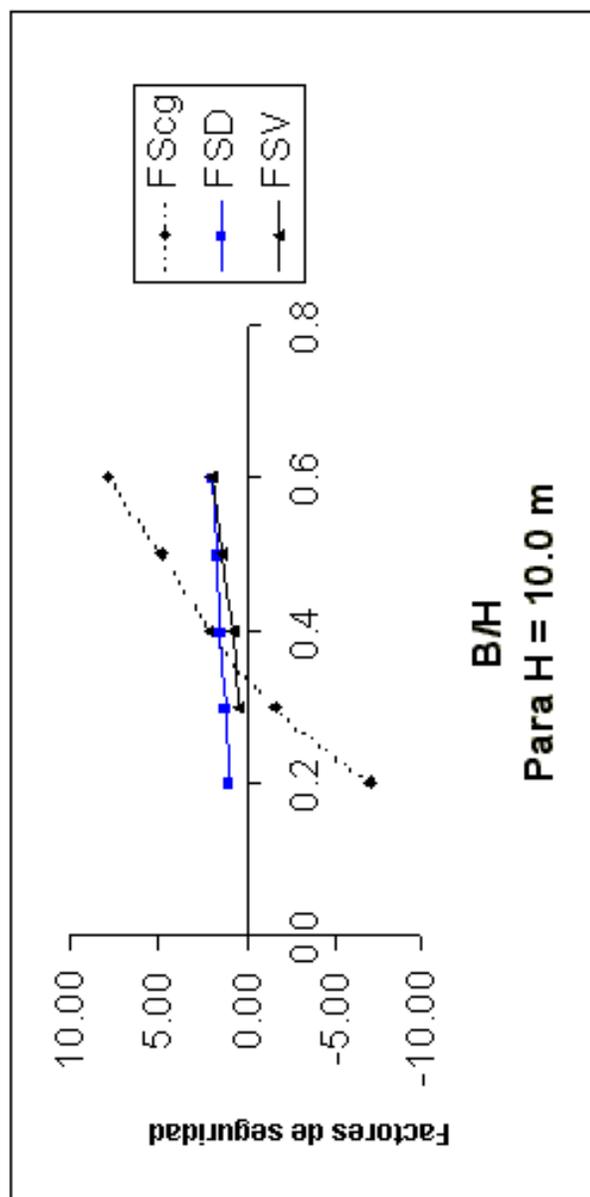
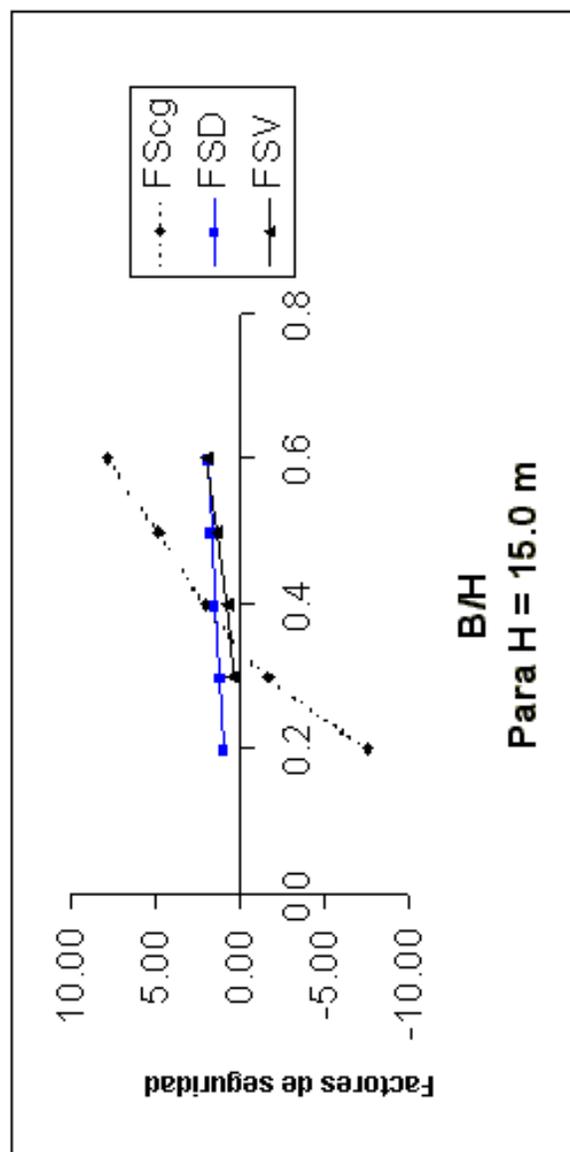


GRAFICO N° 5.5.10 B/H vs. FACTORES DE SEGURIDAD PARA H=15m



RELACION DE LOS MOMENTOS RESTITUIDORES vs. FACTORES DE SEGURIDAD

Considerando:

Muro de mampostería de piedra

Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$

Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$

Cohesión $C=0$

Inclinación del relleno $\beta=0$

Zona sísmica I

Variando los valores de la relación H_m obtenemos la siguiente tabla :

TABLA N° 5.6 Momentos motores y restituidores vs. Factores de seguridad

Hm (m)	FSV	FSD	FScg	MR(t/m)	MM(t/m)
2.00	3.70	2.34	11.28	4.49	1.21
4.00	2.86	1.88	7.82	27.75	9.70
6.00	2.86	1.88	7.82	93.66	32.72
8.00	2.86	1.88	7.82	222.01	77.56
10.00	2.86	1.88	7.82	433.61	151.49
12.00	2.86	1.88	7.82	749.28	261.78
14.00	2.86	1.88	7.82	1189.82	415.09
16.00	2.86	1.88	7.82	1776.06	620.50
18.00	2.86	1.88	7.82	2528.81	883.49

SECCIÓN TÍPICA:

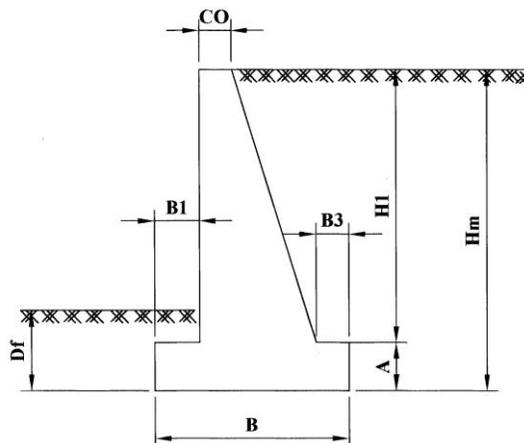


GRAFICO 5.6.1 MOMENTOS RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD
AL VOLTEO

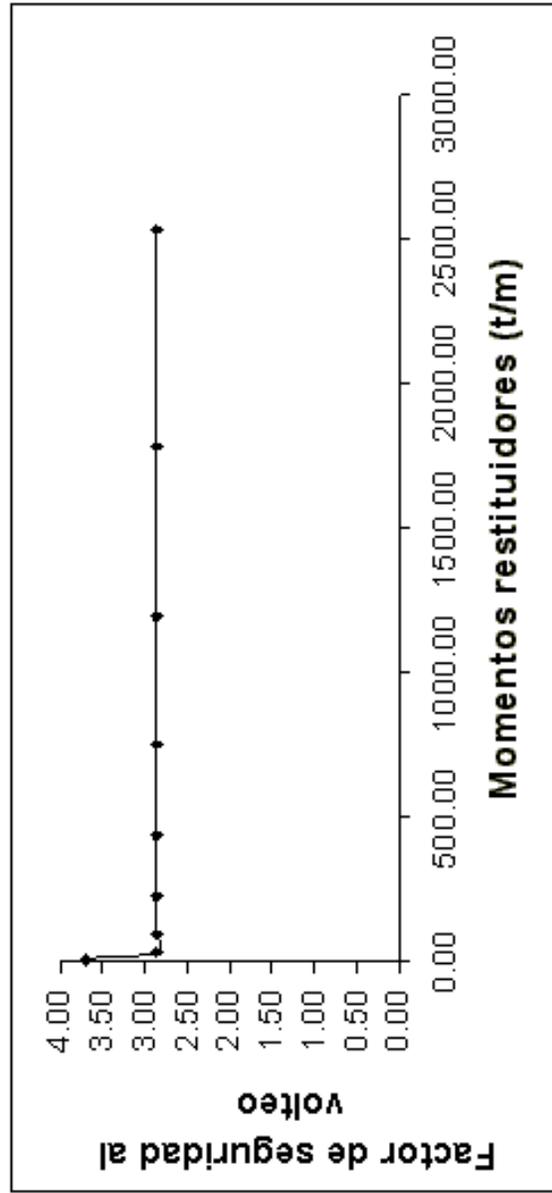


GRAFICO 5.6.2 MOMENTOS RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

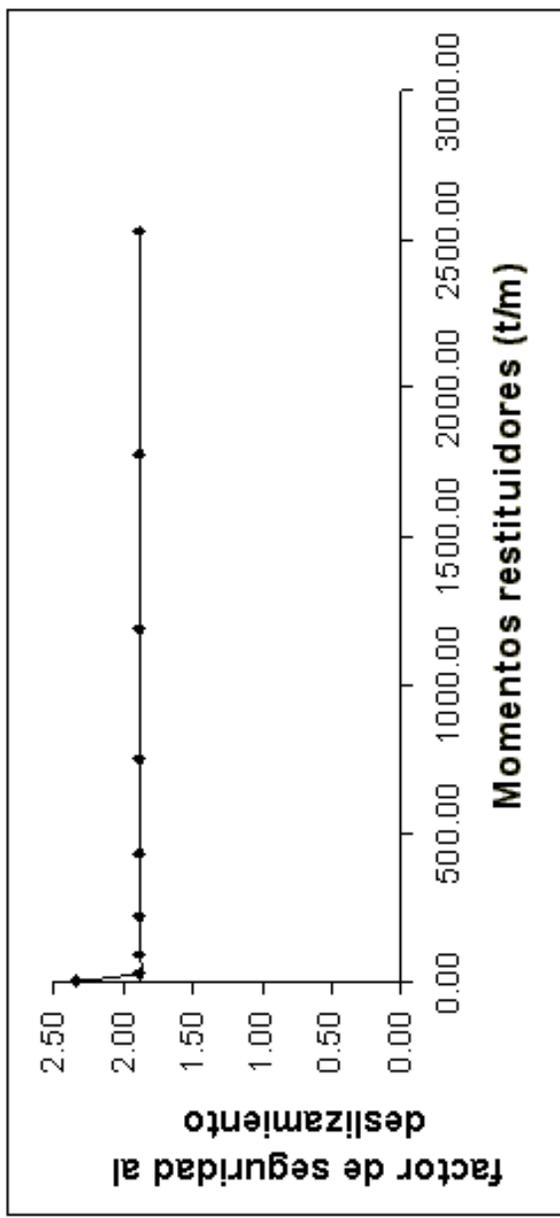


GRAFICO 5.6.3 MOMENTOS RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD
A LA CAPACIDAD DE CARGA

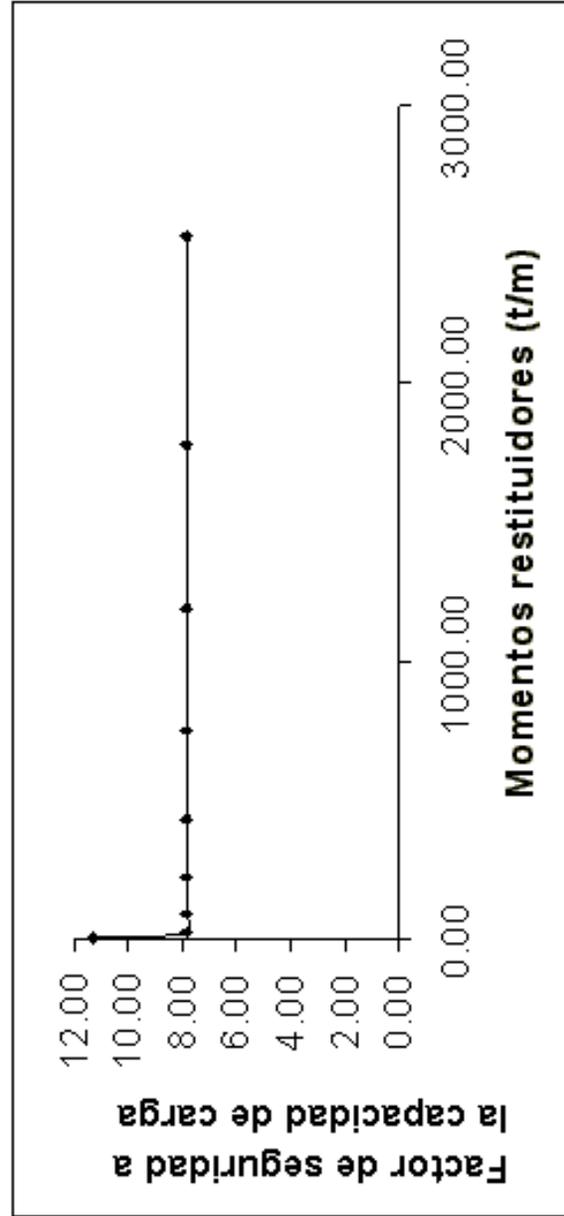


GRAFICO 5.6.4 MOMENTOS RESTITUIDORES vs. FACTORES DE SEGURIDAD

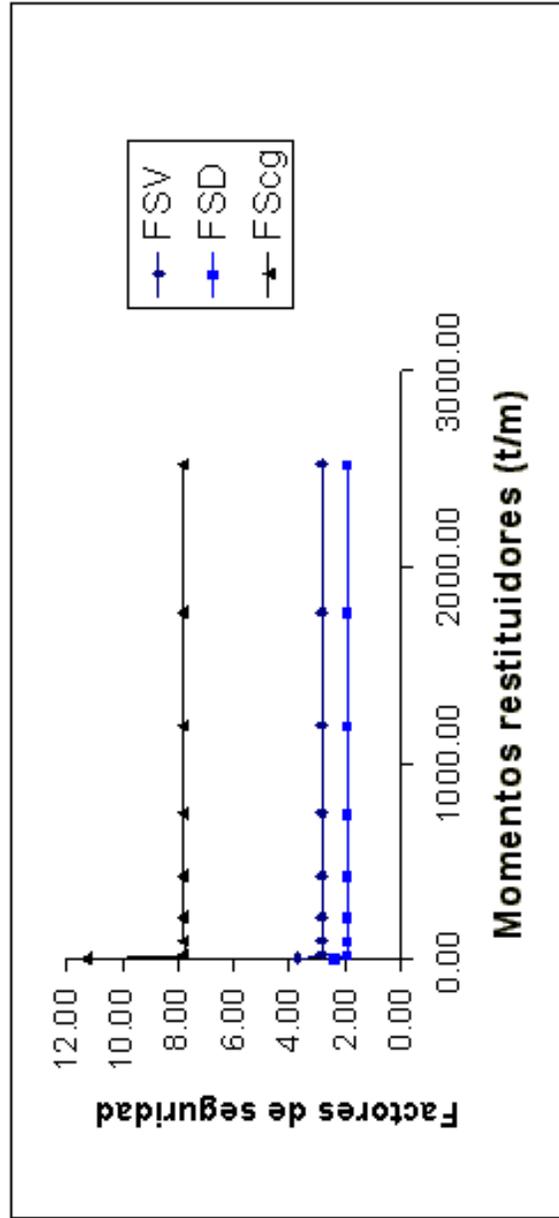


GRAFICO 5.6.5 MOMENTOS MOTORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

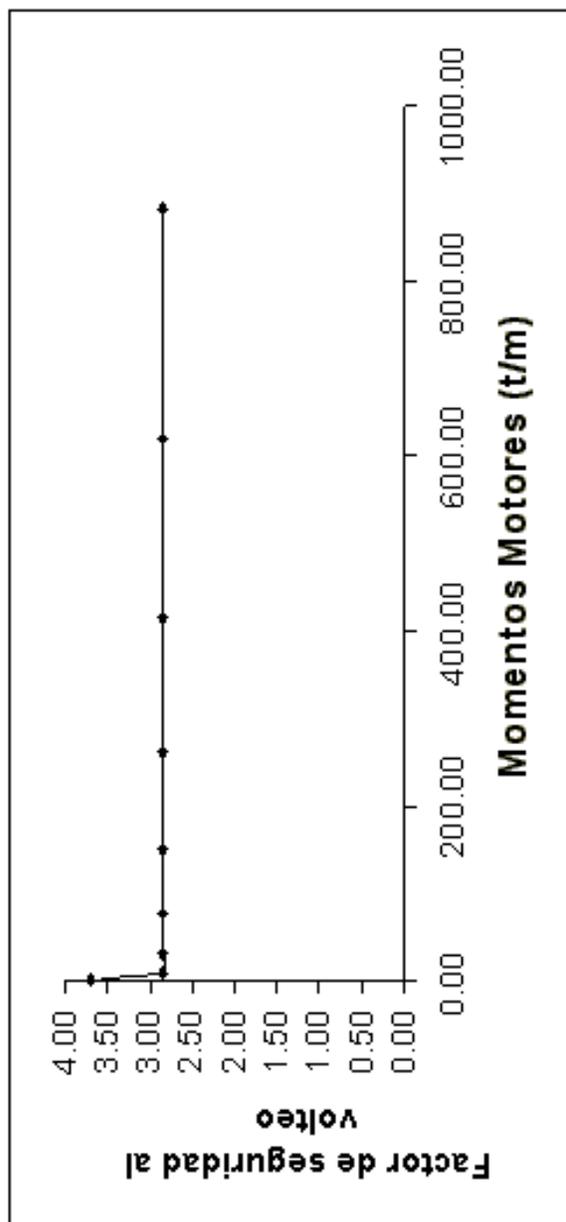


GRAFICO 5.6.6 MOMENTOS MOTORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

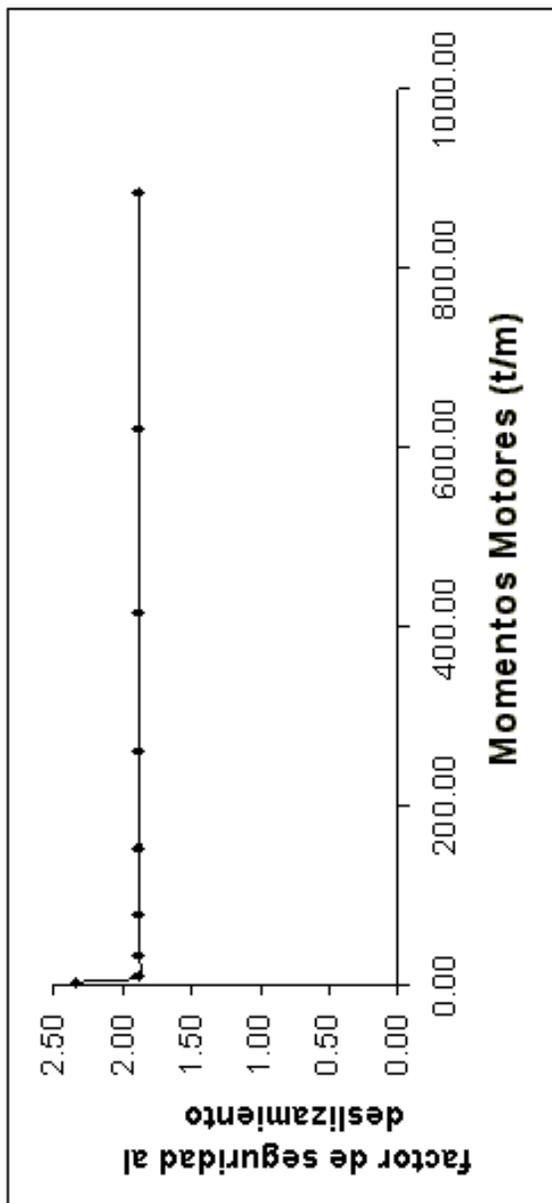


GRAFICO 5.6.7 MOMENTOS MOTORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA

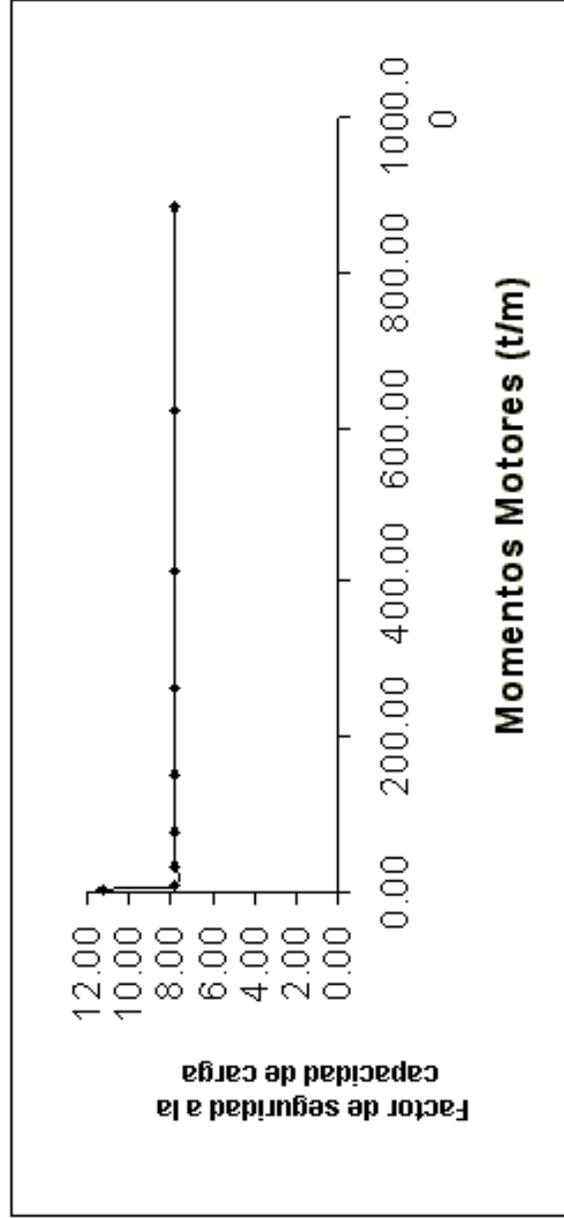


GRAFICO 5.6.8 MOMENTOS MOTORES vs. FACTORES DE SEGURIDAD

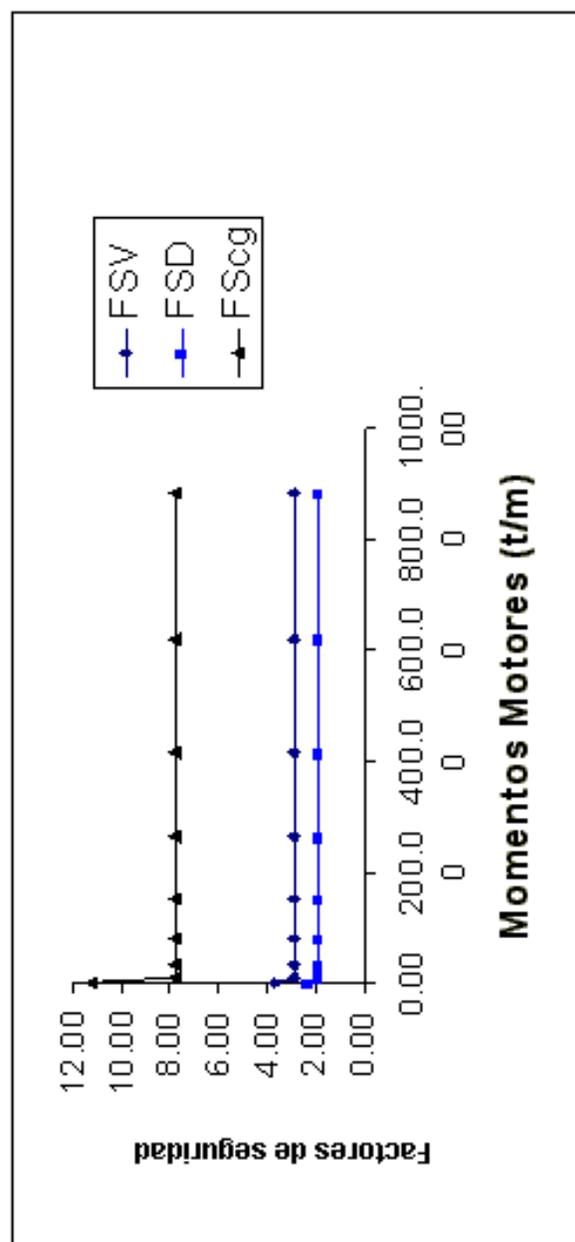


GRAFICO 5.6.9 MOMENTOS MOTORES Y RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

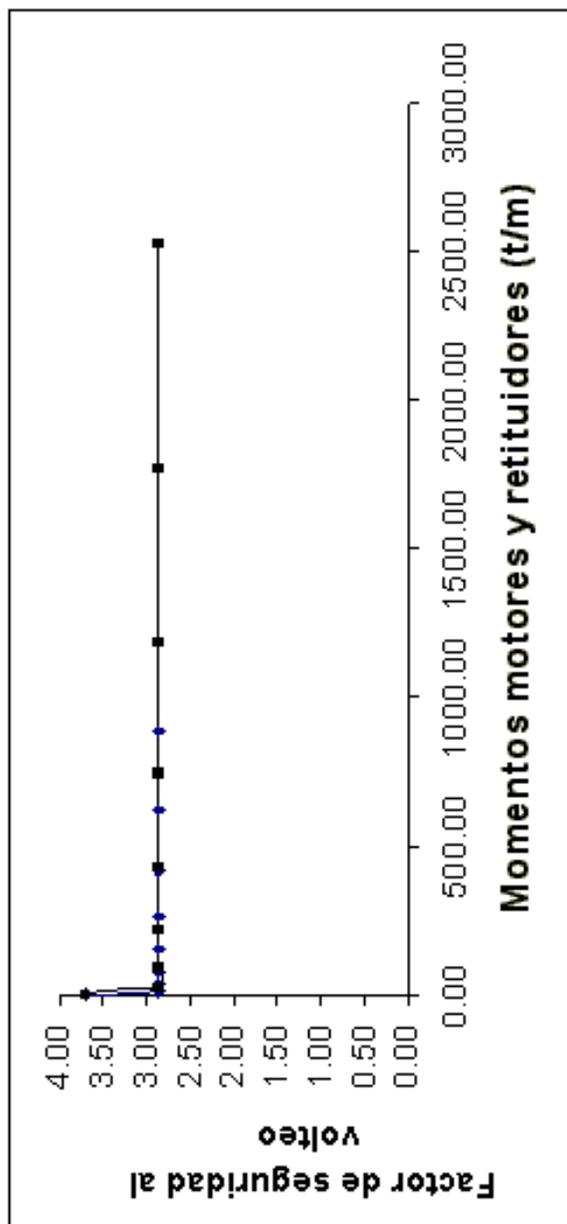


GRAFICO 5.6.10 MOMENTOS MOTORES Y RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

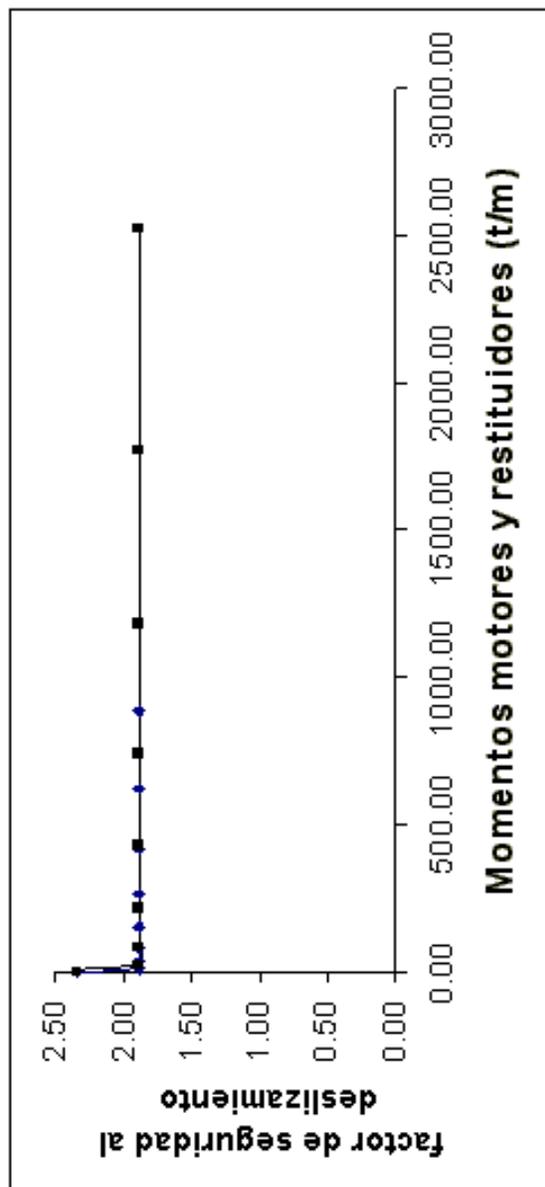
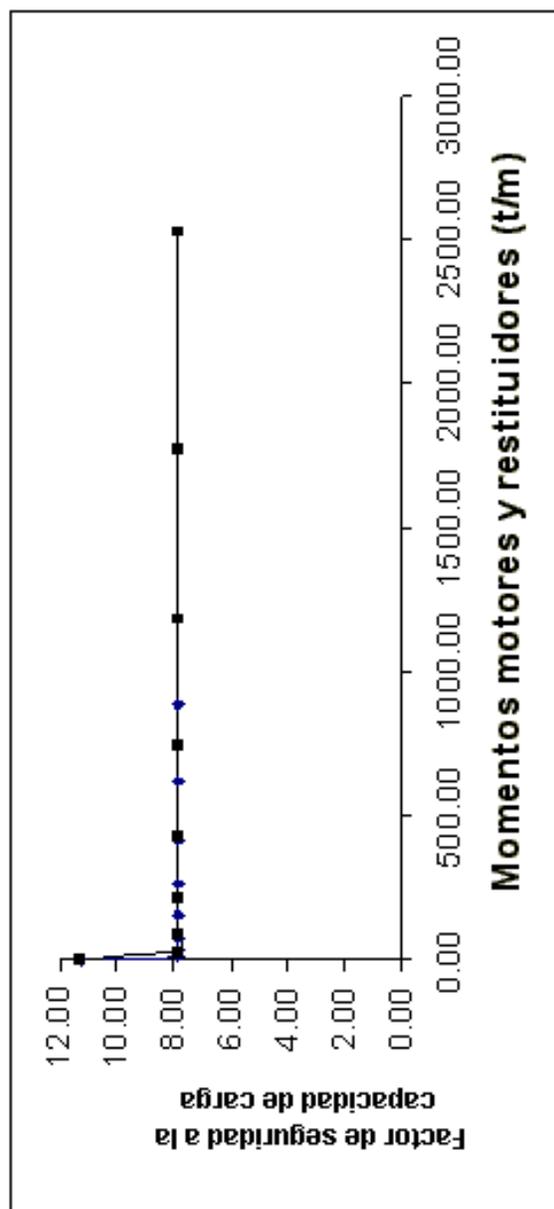


GRAFICO 5.6.11 MOMENTOS MOTORES Y RESTITUIDORES vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA



RELACION DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA vs. FACTORES DE SEGURIDAD

Considerando:

- Muro de mampostería de piedra
- Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$
- Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$
- Cohesión $C=0$
- Inclinación del relleno $\beta=0$
- Zona sísmica I
- Altura del muro $H_m=6 \text{ m}$

Variando los valores del ángulo de fricción interna se obtiene la siguiente tabla:

TABLA N° 5.7 Angulo de fricción interna vs. Factores de seguridad

ϕ	B(m)	A(m)	CO(m)	Df(m)	Hm(mt)	H1(mt)	B1(m)	B3(m)	FSV	FSD	FScg
15	29.10	0.90	4.85	1.50	6.00	5.10	6.79	4.81	51.64	1.50	4.99
20	16.50	0.90	2.75	1.50	6.00	5.10	3.85	2.75	20.49	1.50	6.25
25	9.30	0.90	1.55	1.50	6.00	5.10	2.17	1.55	8.60	1.51	5.94
30	4.70	0.90	0.78	1.50	6.00	5.10	1.10	0.78	3.52	1.51	4.63
35	3.60	0.90	0.60	1.50	6.00	5.10	0.84	0.60	2.86	1.88	7.82
40	3.60	0.90	0.60	1.50	6.00	5.10	0.84	0.60	3.22	2.57	21.62
45	3.60	0.90	0.60	1.50	6.00	5.10	0.84	0.60	3.62	3.49	64.00

SECCIÓN TÍPICA:

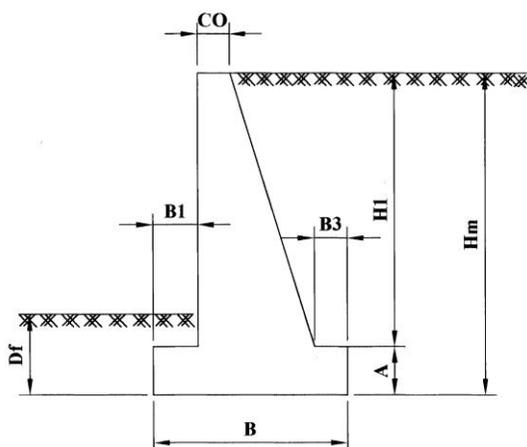


GRAFICO Nº 5.7.1 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

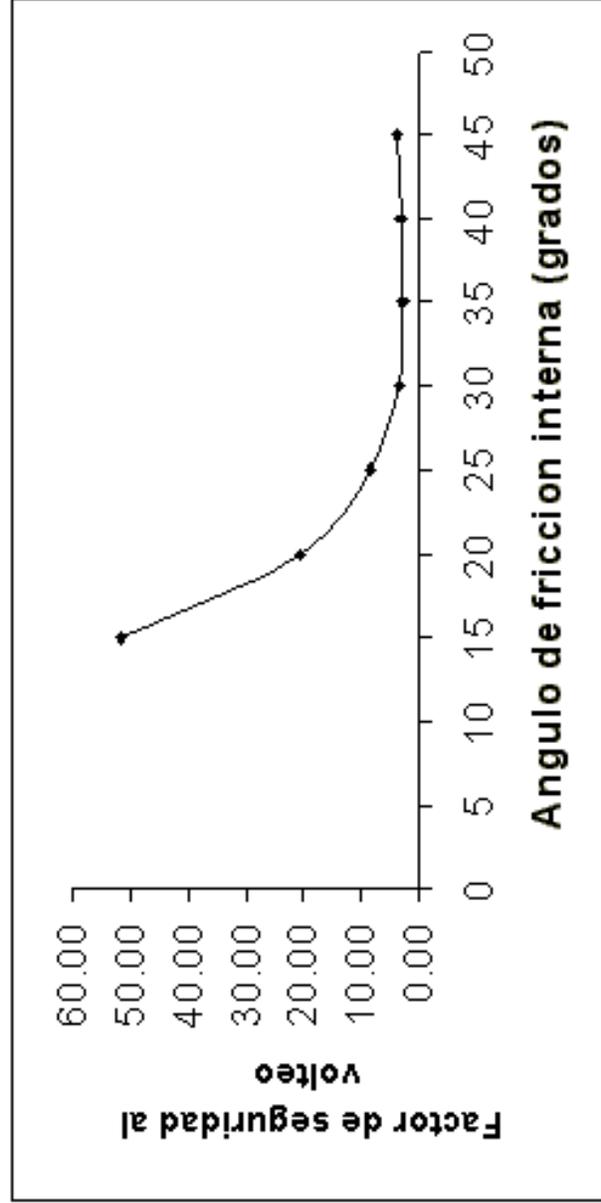


GRAFICO Nº 5.7.2 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

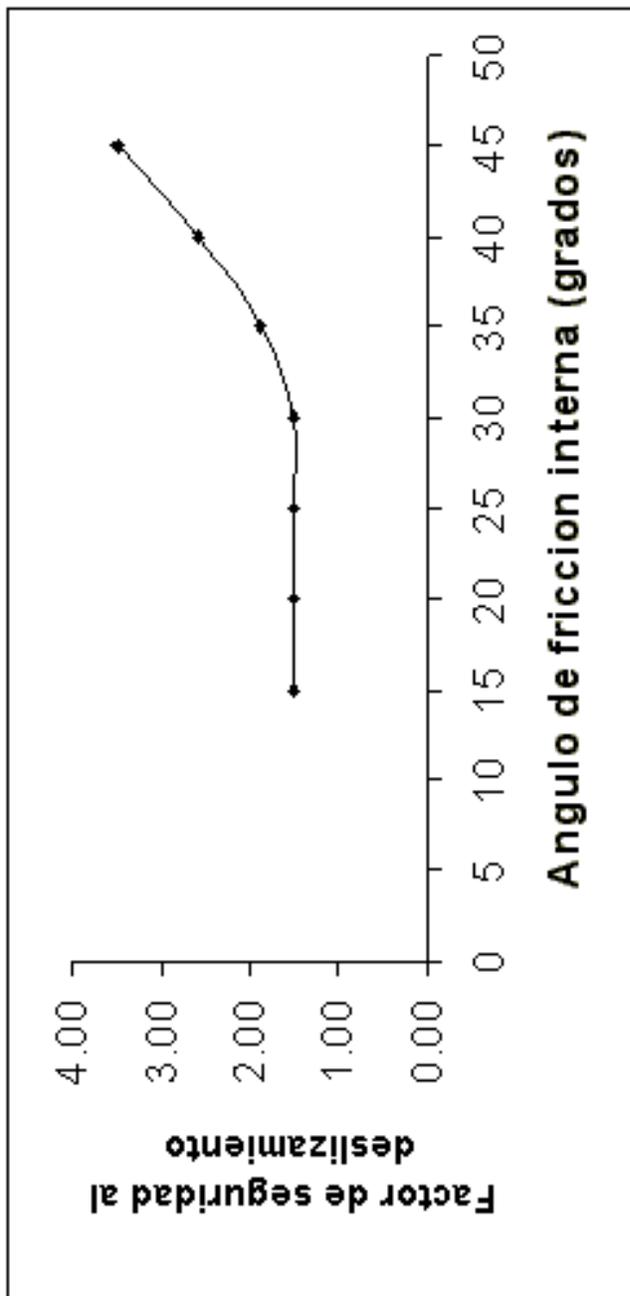


GRAFICO N° 5.7.3 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. FACTOR DE SEGURIDAD A LA CAPACIDAD DE CARGA

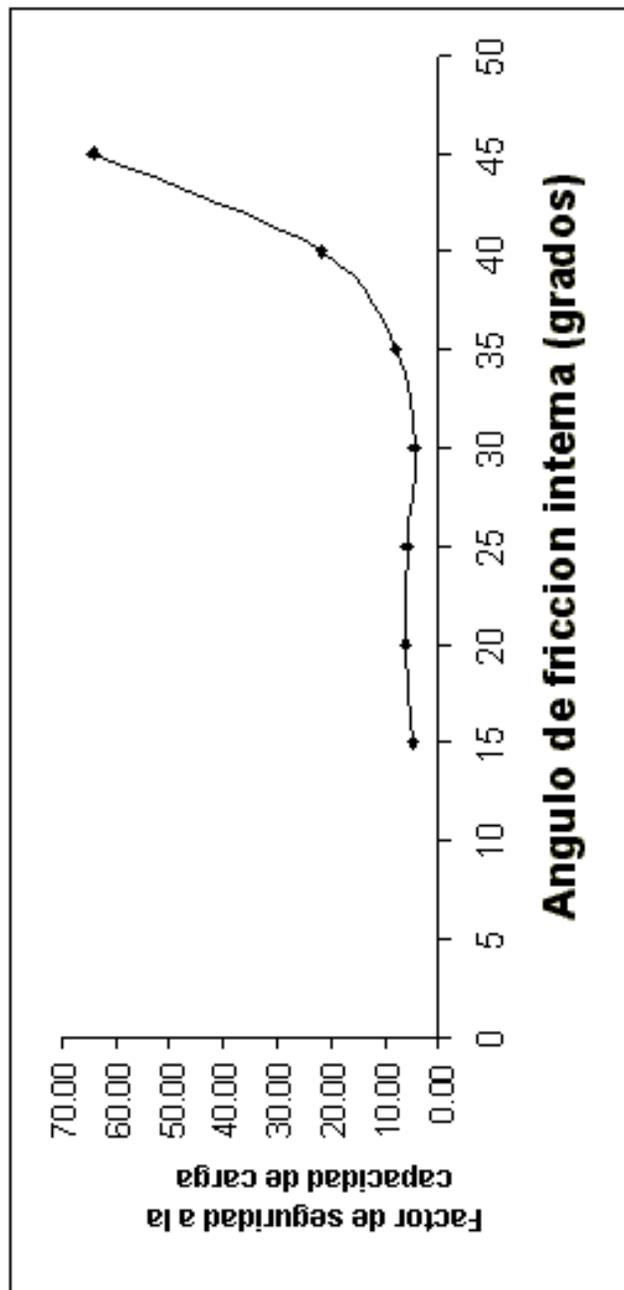
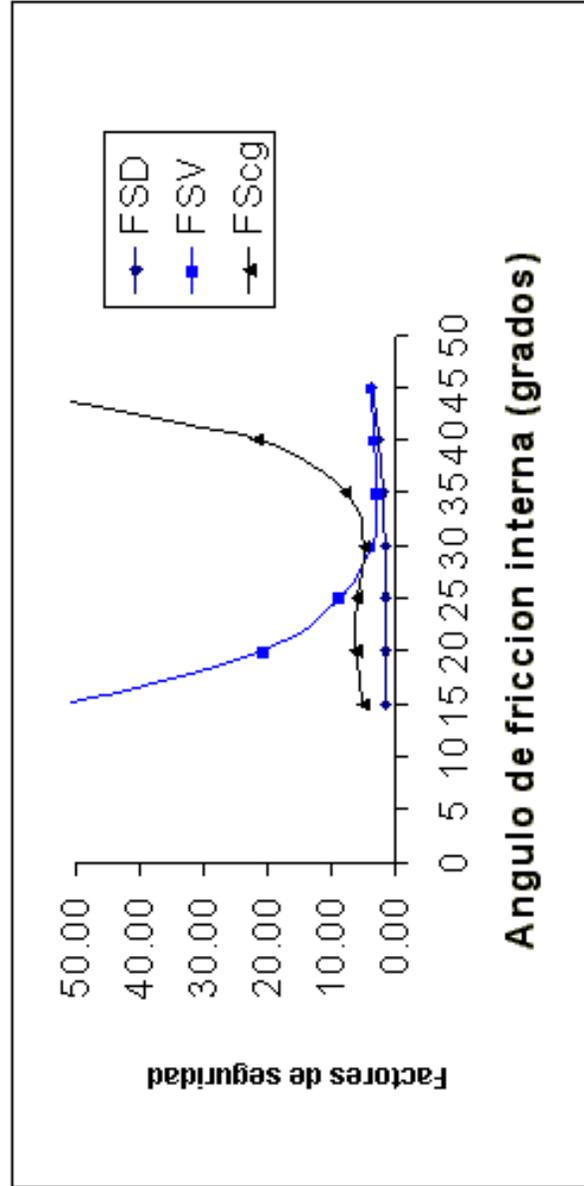


GRAFICO Nº 5.7.4 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. FACTORES DE SEGURIDAD



RELACION DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA vs. EMPUJES

Considerando:

- Muro de mampostería de piedra
- Peso volumétrico del suelo $\gamma_s=1.6 \text{ t/m}^3$
- Peso volumétrico de la piedra $\gamma_p=2.3 \text{ t/m}^3$
- Cohesión $C=0$
- Inclinación del relleno $\beta=0$
- Zona sísmica I
- Altura del muro $H_m=6 \text{ mt}$

TABLA N° 5.8 Angulo de fricción interna vs. Empujes

\emptyset	B(m)	A(m)	CO(m)	Df(m)	Hm(mt)	H1(mt)	B1(mt)	B3(mt)	FSV	Ep(t/m)	Ea(t/m)
15	26.20	0.90	4.37	1.50	6.00	5.10	6.11	4.37	71.49	3.06	16.96
20	11.90	0.90	1.98	1.50	6.00	5.10	2.78	1.98	16.75	3.67	14.12
25	7.40	0.90	1.23	1.50	6.00	5.10	1.54	1.10	7.36	4.44	11.69
30	4.80	0.90	0.80	1.50	6.00	5.10	0.96	0.68	3.53	5.40	9.60
35	3.60	0.90	0.60	1.50	6.00	5.10	0.84	0.60	2.28	6.64	7.80
40	3.40	0.90	0.57	1.50	6.00	5.10	0.77	0.55	2.31	8.28	6.26
45	3.10	0.90	0.52	1.50	6.00	5.10	0.70	0.50	2.20	10.49	4.94

SECCIÓN TÍPICA:

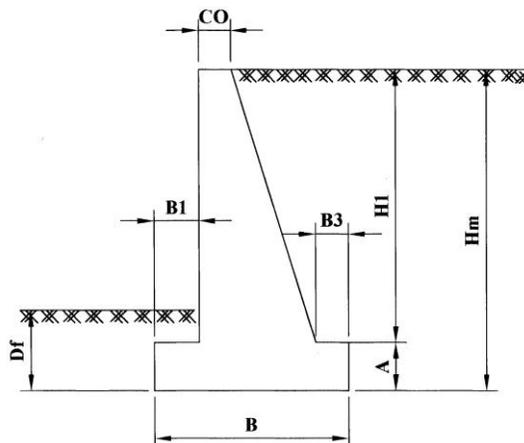


GRAFICO Nº 5.8.1 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. EMPUJE ACTIVO

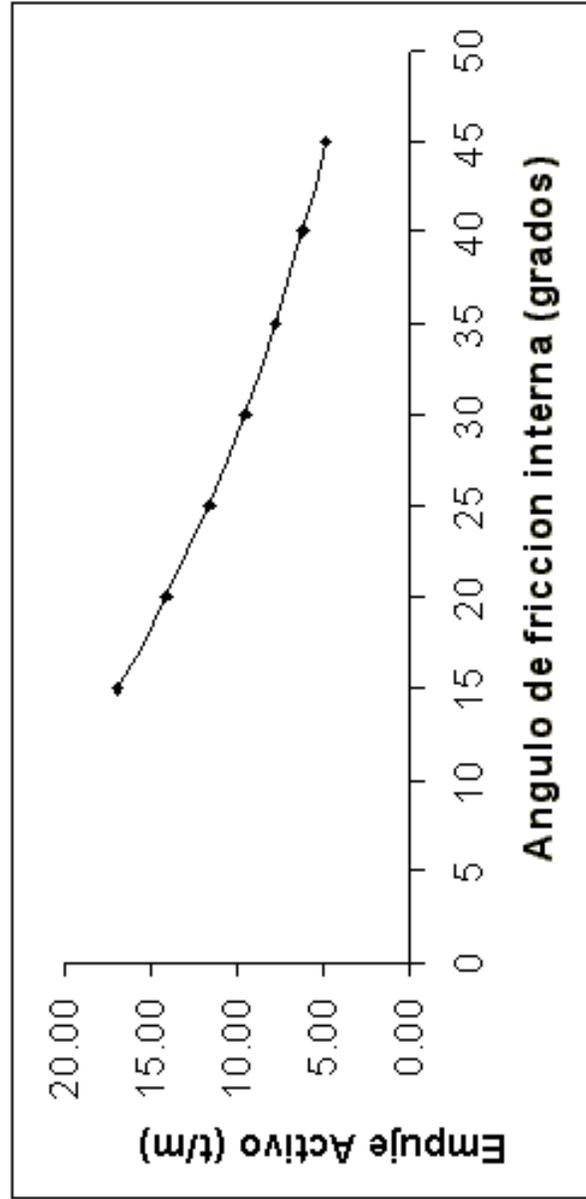


GRAFICO Nº 5.8.2 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. EMPUJE PASIVO

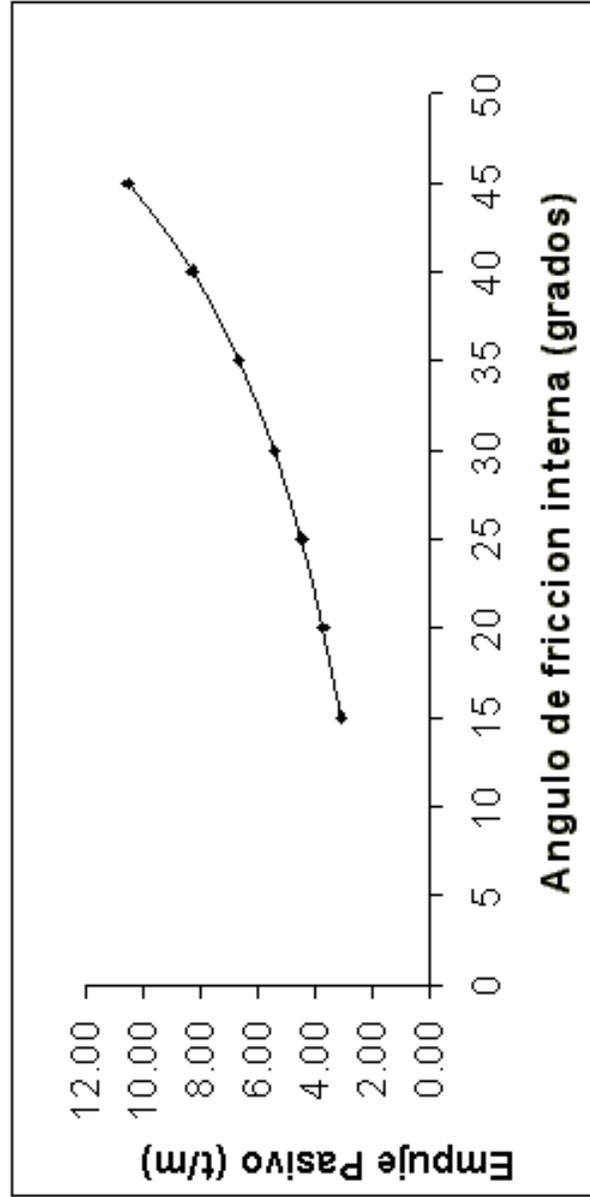
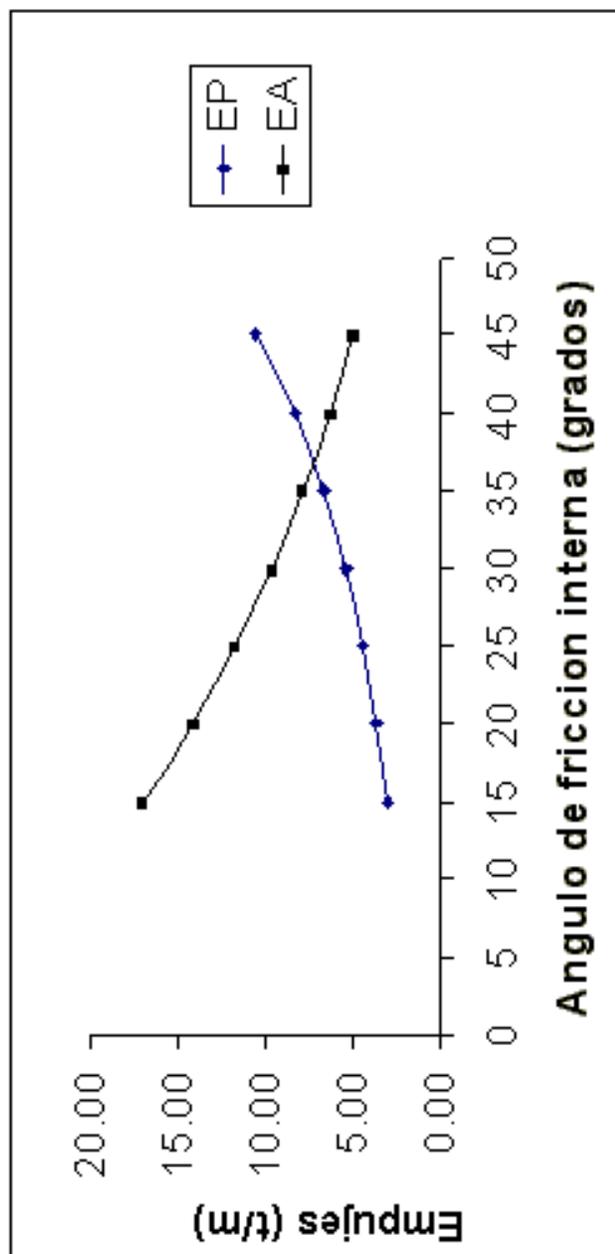


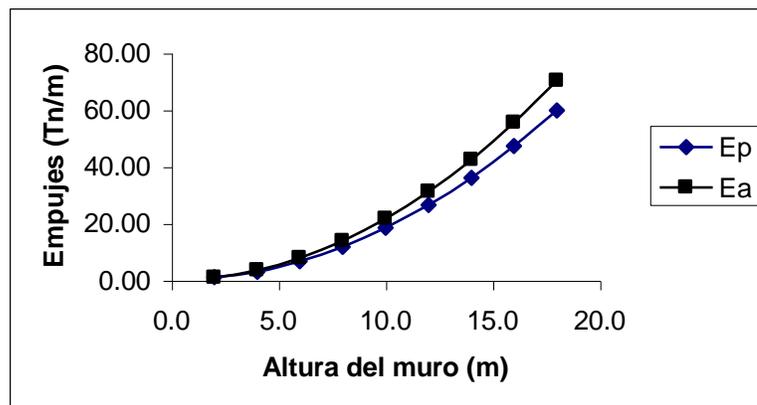
GRAFICO Nº 5.8.3 ANGULO DE FRICCION INTERNA vs. EMPUJES



5.2 ANALISIS DE RESULTADOS

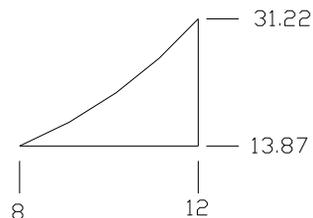
Basados siempre en la sección típica de la figura 5.1 para efectos de análisis, para un muro hecho de mampostería de piedra con un suelo friccionante, los resultados obtenidos en los correspondientes gráficos, se determina lo que indica individualmente, cada uno, o en conjunto, al sobreponerlos comparativamente para identificar una conjugación de los mismos e interpretar la composición total del funcionamiento que resulta para fines prácticos, que lleven a algún criterio; así, se describe el siguiente análisis de lo que indican los gráficos de las tablas N° 5.1 a N° 5.8:

5.2.1 Altura del muro vs. Empujes



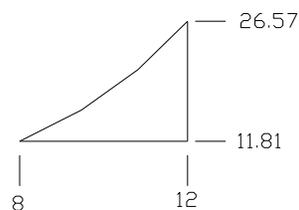
- Los gráficos tienden a crecer exponencialmente, lo que indica que en el nivel de funcionamiento del muro los empujes se incrementan uniformemente.
- Ninguno de los dos gráficos toca el punto (0,0)

- Al sobreponer los gráficos de Altura del muro vs Empujes, se observa que a medida que aumenta la altura del muro el empuje activo tiende a incrementar a una razón mayor que el empuje pasivo hasta 0.012 %
- Del gráfico de Altura del muro vs. Empuje Activo y tomando valores de altura de 8 m a 12 m se obtiene un gradiente de empuje activo:



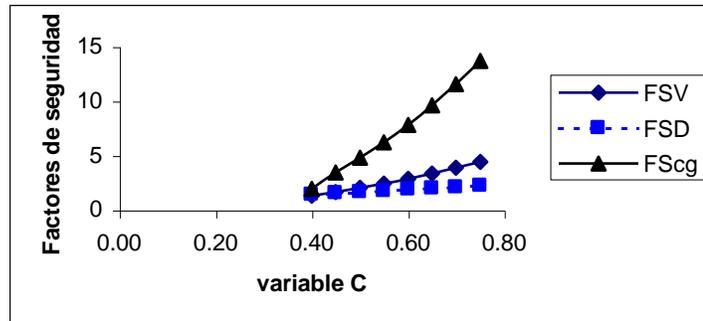
$$\text{Gradiente} = \frac{31.22 - 13.87}{12 - 8} = \frac{17.35}{4} = 4.34$$

- Del gráfico de Altura del muro vs. Empuje Pasivo y tomando valores de altura de 8 m a 12 m se obtiene un gradiente de empuje pasivo:



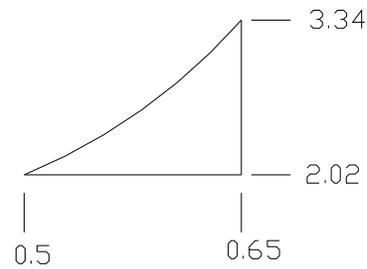
$$\text{Gradiente} = \frac{26 - 11.81}{12 - 8} = \frac{14.76}{4} = 3.69$$

5.2.2 Variable C vs. Factores de seguridad



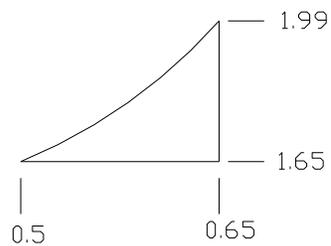
- Los gráficos tienden a crecer uniformemente, lo que indica que los factores de seguridad incrementan de la misma manera, a medida que aumenta el valor de la variable C.
- Al sobreponer los gráficos de C vs. Factores de seguridad, se observa que el factor de seguridad a la capacidad de carga aumenta a una razón mayor a medida que aumenta el valor de variable C, mientras el factor de seguridad al volteo y el factor de seguridad al deslizamiento aumentan a una razón muy menor.
- El valor del factor de seguridad mínimo al volteo de 2.0 se da cuando la variable C tiene el valor de 0.50.
- El valor del factor de seguridad mínimo al deslizamiento de 1.5 se da cuando la variable C tiene el valor de 0.43.
- El valor del factor de seguridad mínimo a la capacidad de carga de 3.0 se da cuando la variable C tiene un valor de 0.44.

- Del gráfico de la variable C vs. Factor de seguridad al volteo, tomando valores de C de 0.5 a 0.65 se obtiene un gradiente del factor de seguridad al volteo:



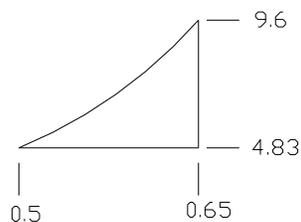
$$\text{Gradiente} = \frac{3.34 - 2.02}{0.65 - 0.5} = \frac{1.32}{0.15} = 8.8$$

- Del gráfico de la variable C vs. Factor de seguridad al deslizamiento y tomando valores de C de 0.5 a 0.65 se obtiene un gradiente del factor de seguridad al deslizamiento:



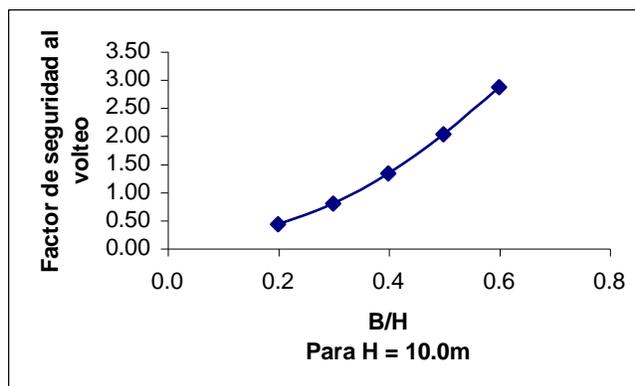
$$\text{Gradiente} = \frac{1.99 - 1.65}{0.65 - 0.5} = \frac{0.34}{0.15} = 2.27$$

- Del gráfico de la variable C vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga, tomando valores de C de 0.5 a 0.65 se obtiene un gradiente del factor de seguridad a la capacidad de carga:



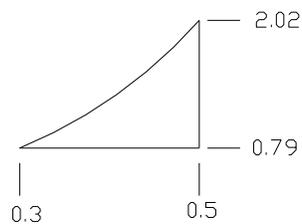
$$\text{Gradiente} = \frac{9.6 - 4.83}{0.65 - 0.5} = \frac{4.77}{0.15} = 31.8$$

5.2.3 Relación B/H vs. Factor de seguridad al volteo



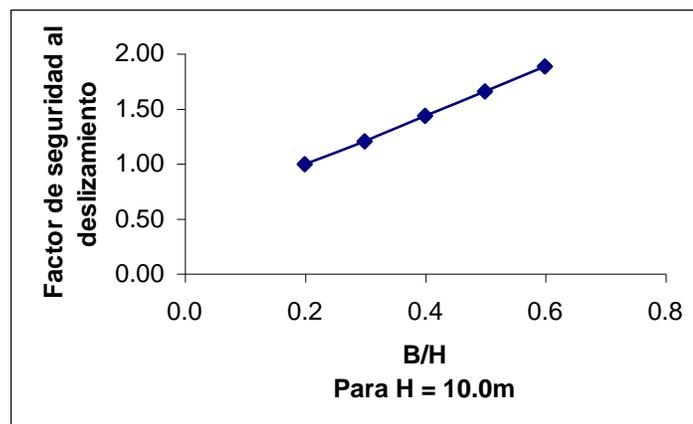
- Los gráficos de Altura del muro vs. Factor de seguridad al volteo tienden a crecer exponencialmente, lo que indica que el factor de seguridad al volteo se incrementa uniformemente a medida que aumenta el valor de la relación B/H.

- De los gráficos el valor del factor de seguridad mínimo al volteo de 2.0 se da cuando la relación B/H tiene el valor de 0.50.
- Del gráfico donde la altura del muro es 10 m y tomando valores de B/H de 0.3 a 0.5 se obtiene un gradiente del factor de seguridad al volteo:

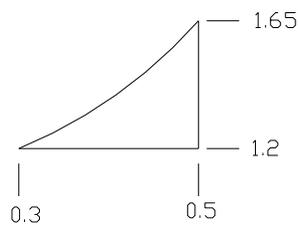


$$\text{Gradiente} = \frac{2.02 - 0.79}{0.5 - 0.3} = \frac{1.23}{0.20} = 6.15$$

5.2.3 Relación B/H vs. Factor de seguridad al deslizamiento

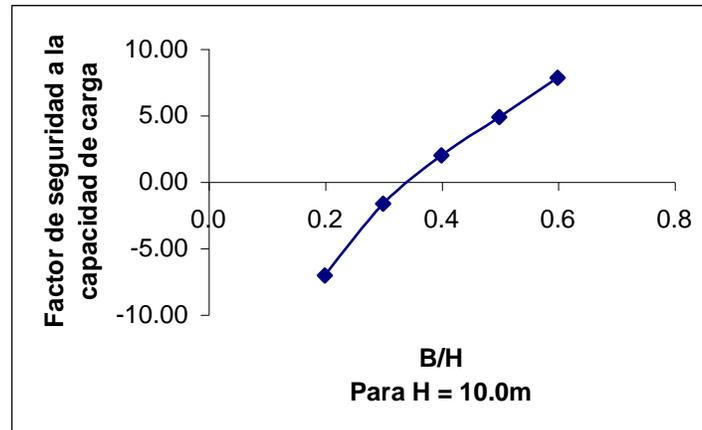


- Los gráficos de Altura del muro vs. Factor de seguridad al deslizamiento tienden a crecer linealmente, lo que indica que el factor de seguridad al deslizamiento se incrementa a medida que aumenta el valor de la relación B/H.
- De los gráficos, el valor del factor de seguridad mínimo al deslizamiento de 1.5 se da cuando la relación B/H tiene el valor de 0.43.
- Del gráfico donde la altura del muro es 10 m y tomando valores de C de 0.3 a 0.5 se obtiene un gradiente del factor de seguridad al deslizamiento:

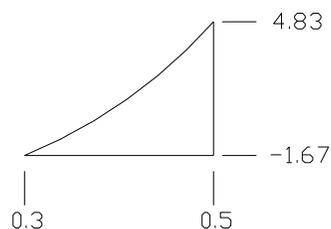


$$\text{Gradiente} = \frac{1.65 - 1.2}{0.5 - 0.3} = \frac{0.45}{0.20} = 2.25$$

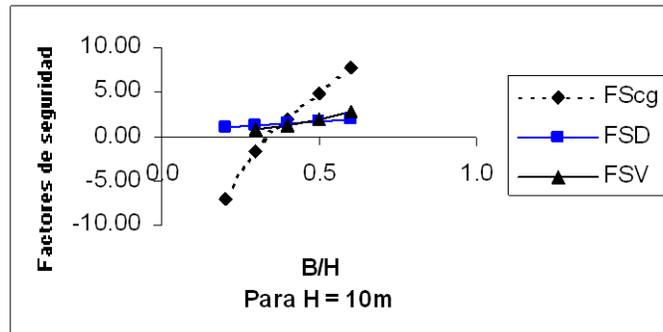
5.2.4 Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga



- Los gráficos de Altura del muro vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga tienden a crecer linealmente en el lado positivo del eje Y, lo que indica que el factor de seguridad por capacidad de carga se incrementa a medida que aumenta el valor de la relación B/H.
- De los gráficos el valor del factor de seguridad mínimo a la capacidad de carga de 3.0 se da cuando la relación B/H tiene el valor de 0.44.
- Del gráfico donde la altura del muro es 10 m y tomando valores de C de 0.3 a 0.5 se obtiene un gradiente del factor de seguridad a la capacidad de carga:

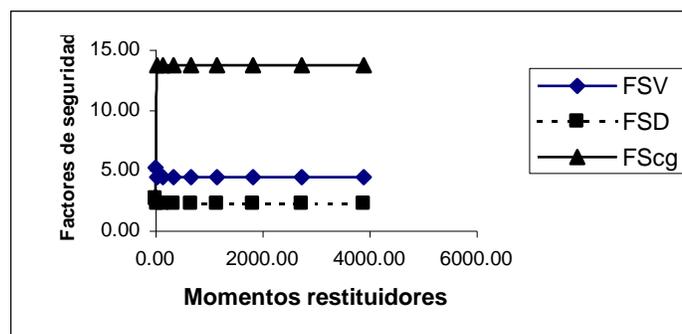


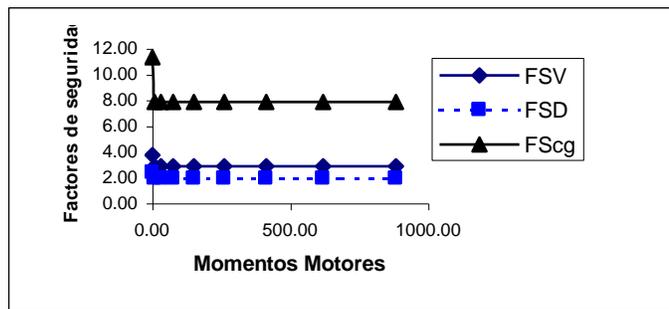
$$\text{Gradiente} = \frac{4.83 - (-1.67)}{0.5 - 0.3} = \frac{6.5}{0.20} = 32.8$$



- Al sobreponer los gráficos de B/H vs. Factores de seguridad, se observa que el factor de seguridad por capacidad de carga comienza a tener valores positivos a partir del valor B/H de 0.34.
- Al sobreponer los gráficos de B/H vs. Factores de seguridad, se observa que cuando B/H tiene el valor de 0.53 el factor de seguridad al volteo y el factor de seguridad al deslizamiento tienen el mismo valor de 2.0.

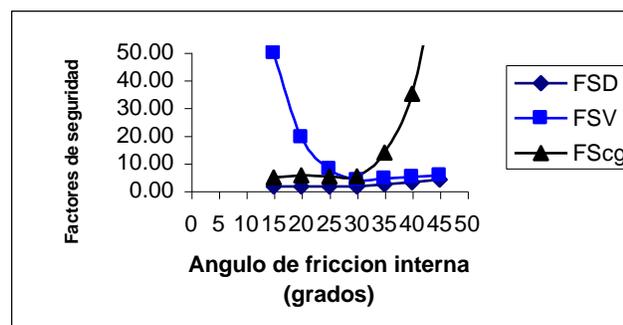
5.2.6 Momentos restituidores y motores vs. Factores de seguridad





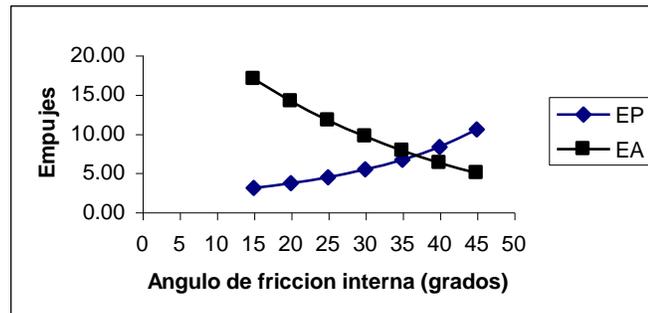
- Los gráficos presentan un pequeño tramo de variación uniforme, en aumento o disminución, según el caso, para luego llegar a definir un tramo casi constante.
- En el tramo de variación los valores de los factores de seguridad se reducen localmente muy rápido e instantáneamente a medida que aumenta el valor de los momentos restituidores, y los factores de seguridad en adelante casi no cambian permaneciendo casi constantes ante cualquier aumento en los momentos.

5.2.7 Angulo de fricción interna vs. Factores de seguridad



- El gráfico del Angulo de fricción interna vs. Factor de seguridad al volteo presenta una tendencia decreciente exponencialmente, suavizando la pendiente a partir de un valor del ángulo de fricción interna de 20° en adelante.
- El gráfico del Angulo de fricción interna vs. Factor de seguridad al deslizamiento tiende a crecer exponencialmente a partir de un ángulo de fricción interna de $32^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$.
- El gráfico del Angulo de fricción interna vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga tiende a crecer exponencialmente a partir de un ángulo de fricción interna de $32^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$.
- Al sobreponer los gráficos de Angulo de fricción interna vs. factores de seguridad, se observa que para el valor de ángulo de fricción interna de 28.5° el valor del factor de seguridad al volteo y del factor de seguridad a la capacidad de carga es de 5.0.
- Al sobreponer los gráficos de Angulo de fricción interna vs. factores de seguridad, se observa que para el valor de ángulo de fricción interna de 28.5° , a partir de este valor, el factor de seguridad al volteo decrece exponencialmente y el factor de seguridad a la capacidad de carga crece exponencialmente.

5.2.8 Angulo de fricción interna vs. Empujes



- El gráfico del Angulo de fricción interna vs. Empuje activo, tiende a decrecer exponencialmente, lo que significa que los empujes disminuyen uniformemente a medida que aumenta el ángulo de fricción interna.
- El gráfico del Angulo de fricción interna vs Empuje pasivo, tiende a crecer exponencialmente, lo que significa que los empujes incrementan uniformemente a medida que aumenta el ángulo de fricción interna.
- Al sobreponer los gráficos de Angulo de fricción interna vs. Empujes, se observa que para el valor de ángulo de fricción interna de 37° el valor del empuje activo y el empuje pasivo es de 7.5 Ton/m.

5.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Al encontrar algunas propiedades de los resultados con ayuda de los gráficos de la sección 5.1 se deducen algunos aspectos puntuales que resultan del análisis; esto es, la interpretación de resultados respecto a empujes del suelo, su falla por funcionamiento o funcionamiento seguro, basados en propiedades geométricas, del suelo y de los materiales de construcción, así como de la tecnología que se use para construir. Así, se tiene la siguiente interpretación de resultados.

5.3.1 Altura del muro vs. Empujes

- Hay que establecer que el empuje existe sin importar la altura del muro, ya que pueden ser mínimos pero nunca cero.
- Para muros con alturas menores que dos metros los empujes no son significativos pero si existen.
- Para muros con alturas mayores que dos metros el cálculo de los empujes se vuelve obligatorio ya que estos son significativos y tienen gran incidencia sobre el muro.
- El empuje activo aumenta a una razón mayor que el empuje pasivo a medida que aumenta la altura del muro.

5.3.2 Variable C vs. Factores de seguridad

- El valor óptimo de la variable C es de 0.50 (gráfico N° 5.2.4) ya que con este valor se cumplen los requisitos de estabilidad para los factores de seguridad al volteo, al deslizamiento y a la capacidad de carga.
- Las fallas que generan mayor problema son el volteo y la capacidad de carga de la cimentación ya que son más sensibles que el deslizamiento.
- La falla por deslizamiento es la que genera menos riesgo.

5.3.3 Relación B/H vs. Factor de seguridad al volteo

- La relación B/H necesaria para satisfacer el factor de seguridad mínimo por volteo de 2.0 es 0.50.

5.3.4 Relación B/H vs. Factor de seguridad al deslizamiento

- La relación B/H necesaria para satisfacer el factor de seguridad al deslizamiento mínimo de 1.5 es 0.43.

5.3.5 Relación B/H vs. Factor de seguridad a la capacidad de carga

- La relación B/H necesaria para satisfacer el factor de seguridad a la capacidad de carga mínimo de 3.0 es 0.44.

5.3.6 Momentos motores y restituidores vs. Factores de seguridad

- Los momentos tienen mayor incidencia en la estabilidad del muro en la falla por deslizamiento.
- Para un factor de seguridad de 1.5 cualquier muro cumple con los requisitos de estabilidad.

5.3.7 Ángulo de fricción interna vs. Factores de seguridad

- Si el ángulo de fricción interna es grande, el suelo es frágil y el factor de seguridad al volteo es reducido.
- De una prueba de campo, el laboratorio puede adoptar que un valor de $32^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$ de ángulo de fricción interna es un buen valor para que cumpla con la estabilidad respecto al deslizamiento.
- De una prueba de campo el laboratorio puede adoptar que un valor de 32 ± 2.5 de ángulo de fricción interna es un buen valor para que cumpla con la estabilidad respecto a la capacidad de carga.

5.3.8 Angulo de fricción interna vs. Empujes

- Para un ángulo de fricción interna de 37° el empuje activo y el empuje pasivo guardan equilibrio.
- Para valores de ángulo de fricción interna de hasta 15° , se considera que se empiezan a ser notorios los valores del empuje pasivo.

5.4 CRITERIOS

Como se citó en la sección 5.1, el análisis de los muros de retención se basa en la interacción del suelo y la estructura a partir de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño y en los procesos constructivos de los muros. Con base en esto se adoptaron varios criterios para la obtención de los datos a analizar por medio de la construcción de las tablas N° 5.1 a N° 5.8 y los correspondientes gráficos. Estos criterios son:

- El predimensionamiento es siempre el primer paso para el diseño de muros de retención, siguiéndole la imposición de cargas y la revisión de estabilidad.
- El adecuado diseño de los muros de retención requiere la estimación de la presión lateral de la tierra, que es una función de varios factores como el peso específico del suelo, el ángulo de fricción interno del suelo, la cohesión y las condiciones de humedad del suelo y las cargas fortuitas en este.

- Los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de carga son los parámetros utilizados para revisar la estabilidad de los muros.
- Los valores mínimos de los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de carga son 2.0, 1.5 y 3.0 respectivamente.

5.5 CONCLUSIONES

- Los empujes calculados representan el nivel de incidencia sobre la estructura, los cuales llegan a ser absorbidos por condiciones impuestas de diseño representadas en los factores de seguridad.
- El valor de 0.6 para la variable C que es la relación B/H adoptado en diferentes textos de ingeniería es un valor bastante conservador, ya que se puede reducir hasta el valor de 0.5 por medio de un buen diseño de la sección del muro.
- Para el valor del factor de seguridad al deslizamiento de 1.5 cualquier muro cumple con los requisitos de estabilidad al volteo y a la capacidad de carga.
- En condiciones normales, la falla por deslizamiento del muro a través de la base es la que genera menos riesgo.
- Un ángulo de fricción interna de 32° es un buen valor para que la estabilidad del muro a través del diseño no requiera de consideraciones especiales.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCION

El capítulo VI conclusiones y recomendaciones, comprende la evaluación final de los resultados obtenidos a través del desarrollo del trabajo de graduación Manual de procesos constructivos y diseño de muros de retención. Se hacen las consideraciones necesarias para la realización del programa (ver anexo 6) con el que se obtuvieron las tablas útiles para el análisis de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño de los muros de retención, así, como los nomogramas construidos para encontrar de manera más práctica y rápida el factor de seguridad al deslizamiento. Se concluye acerca de los parámetros y criterios obtenidos en el análisis de resultados. Además, plantea las recomendaciones a tomar en cuenta cuando se presenten ciertos casos particulares en la construcción de los diferentes tipos de muros.

6.1 CONSIDERACIONES

El análisis de los resultados obtenidos se hace para justificar los diferentes parámetros utilizados en la tecnología de los muros, tanto en la parte del diseño como en el proceso constructivo.

Al realizar la construcción de los nomogramas, para el cálculo del factor de seguridad al deslizamiento se considera el valor del ángulo de fricción interna y la cohesión del material de la cimentación como $2/3$ del valor original, respectivamente; también, no tomar en cuenta el empuje pasivo sobre el muro, esto, para dar mayor seguridad en la estabilidad del muro de retención.. El uso de los nomogramas se considera válido aplicable a muros con alturas de hasta dieciocho metros, que soportan paramento del relleno sin inclinación y retienen material no cohesivo.

Para la elaboración del software utilizado para el diseño de muros de retención por gravedad utilizado en el ejemplo de aplicación y en los análisis de resultados, se considera que la sección del muro es la misma mostrada en la figura N° 1.5, el ancho mínimo de corona es 0.4 m, el nivel de desplante mínimo es 0.6 m, la excentricidad es menor o igual que un sexto del ancho de la base y los factores de seguridad mínimos son, 1.5 al deslizamiento, 2.0 al volteo y 3.0 a la capacidad de carga. El cálculo de la presión lateral del suelo sobre la

pantalla del muro está basado en la teoría de Rankine para rellenos inclinados y el análisis para calcular la capacidad de carga del suelo se basa en los criterios de la capacidad del Doctor Terzaghi.

Los resultados obtenidos con el software, dimensiones del muro, empujes sobre el muro y factores de seguridad, resultan de la iteración del procedimiento de cálculo de la estabilidad del muro, aumentando en cada iteración la base en 0.1 m, hasta cumplir los valores de los factores de seguridad.

6.2 CONCLUSIONES

- La falta de terrenos con topografía uniforme ha obligado a la construcción en terrenos con topografía accidentada, lo que ha generado la creación de zonas de alto riesgo. Este fenómeno ha hecho necesario la construcción de obras de protección y retención de taludes y laderas, así como para mitigación de riesgos, siendo cada vez más utilizados para este fin los muros de retención.
- El estudio de suelos es una actividad obligada, en el diseño seguro, para conocer los diferentes parámetros utilizados en el cálculo de la presión lateral que el suelo ejerce sobre el muro, dato que es indispensable para

efectuar un correcto diseño y evitar sub o sobredimensionamientos que conlleven a encarecer la obra o a la falla de ésta; lo cual contribuye a reducir el impacto económico, en inversión, ambiental o social.

- El diseño de los muros de retención implica revisar la estabilidad y seguridad basadas en los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de carga. Una vez el muro cumpla los requisitos de seguridad es necesario diseñar cada componente de la estructura para lograr la resistencia adecuada y determinar la distribución del hierro de refuerzo cuando los elementos lo requieran.
- El valor de la relación B/H adoptada en diferentes textos de ingeniería geotécnica de 0.6 para el dimensionamiento preliminar de los muros, se puede reducir hasta el valor de 0.5 a través de un cuidadoso diseño de la sección del muro. En la práctica este valor, 0.6 ó 0.7, podría ser seguro sin un diseño formal (c, asumido) pero podría resultar antieconómico. Por eso conviene un diseño como el del caso de aplicación, anexo 6.
- La falla por deslizamiento del muro a través de la base en condiciones normales de construcción y diseño, es la que genera menos riesgo de falla en la estabilidad del muro.

6.3 RECOMENDACIONES

- Cuando se construyan muros de mampostería de piedra, no se debe permitir que las piedras se apoyen una directamente sobre la otra, sino, a través, de una junta de mortero proporción 1:5 y cualquier trabajo de cantar las piedras deberá hacerse antes de su colocación en el muro, no deberán golpearse o martillarse posterior a su colocación.
- Cuando se construyan muros de mampostería de bloques, la lechada para el llenado de éstos deberá tener un revenimiento mínimo de 11 pulgadas, para lograr la fluidez necesaria y llenar íntegramente todas las cavidades del muro.
- El procedimiento de nivelación previo a la colocación de los moldes, cuando se construyan muros de concreto reforzado, deberá ser lo más preciso posible, ya que por ser elementos monolíticos, la posición de los moldes determina la forma final del muro.
- Cuando se construyan muros en presencia de arcillas expansivas o rellenos difíciles de drenar, hay que evitar que el agua penetre al relleno, localizando primero el lugar de donde proviene el agua y luego desviándola para alejarla de él. Si el agua se filtra por la superficie del relleno, este se puede

pavimentar con una capa flexible e impermeable de asfalto o arcilla plástica. En todo caso, se debe colocar drenaje superficial y darle atención al agua que penetra por las grietas que se forman en la parte superior entre el muro y el relleno. Si el agua proviene de filtraciones subterráneas se colocan drenes interceptores para impedir que el agua penetre al relleno.

- Dimensionar el muro de manera tal que la excentricidad sea cero, lo cual se logra haciendo que la resultante de las fuerzas verticales intercepte el centro de la base del muro, para obtener una distribución de presiones uniformes.
- Elaborar un nuevo software para obtener la sección óptima del muro partiendo de los resultados obtenidos mediante el software presentado en el presente trabajo de graduación, por medio del cual se reduzcan las dimensiones de algunos de los elementos que conforman el muro, y se vuelva a revisar la estabilidad, obteniendo la sección mínima para la cual el muro es estable, cuando se construya con mampostería de piedra o de bloque reforzado y concreto reforzado, variando la geometría respectiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre Ramírez, Gil Oswaldo y otros. (1996). Manual de Fundaciones de las Estructuras según Tipos de Suelos y Condiciones de Terreno. Trabajo de Graduación. Ing. Civil UES. El Salvador.
2. Barros, J.. (1974). Muros de Contención. 1ª edición. Ediciones CEAC, S.A. España.
3. Borja S., Ángel. (1992). Muros de Retención, Nuevo Sistema Modular de Construcción. Contención de Taludes Erosionales con un Sistema Agradable y Económicamente Bello. Revista Construcción y Tecnología. Nº 55. Pág. 19-20.
4. Das, Braja M.. (2001). Fundamentos de Ingeniería de Geotécnica. 4ª edición. Editorial Thomson. México.
5. Das, Braja M.. (2001). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4ª edición. Editorial Thomson. México.
6. Escobar Tejada, Edna Isabel. (1984). Solución Propuesta para el Tratamiento de Taludes en el Área Metropolitana de San Salvador. Trabajo de Graduación. Ing. Civil. UES. El Salvador.
7. Flores vargas, Lázaro y otros. (1998). Propuesta para los Procedimientos de la Supervisión en la Construcción de Edificios de Concreto Reforzado. Trabajo de Graduación. Ing. Civil. UES. El salvador.

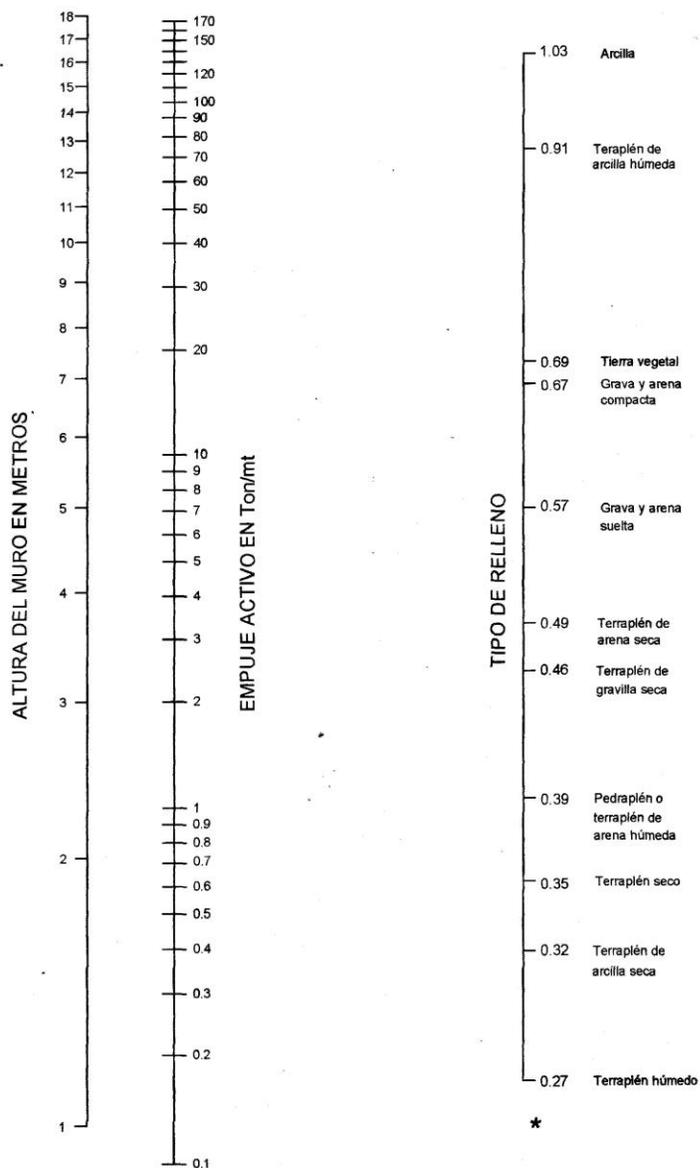
8. Guandique Menjívar, Salvador y otros. (1995). La Mecánica de los Suelos Aplicada a los Problemas Prácticos de Ingeniería. Trabajo de Graduación. Ing. Civil. UES. El Salvador.
9. Guzmán Urbina, Mario Ángel. (1984). Muros, Determinación de Empujes sobre Muros y Tablestacas. Revista ASIA N° 78.
10. Juárez Badillo, Eulalio. (1979). Mecánica de Suelos. 2ª edición. Editorial Limusa, S.A. México. Tomo II.
11. Lipka, Joseph. (1965). Computaciones Mecánicas y Gráficas. 6ª edición. Compañía Editorial Continental, S.A. México.
12. Meli, Roberto. (1987). Muros de mampostería, Diseño y Construcción de Estructuras de mampostería. Revista IMCYC N° 198. Pág. 52-64.
13. Miranda Téllez, Abel. (1993). Muros de Mampostería, Aspectos Estructurales de los Muros. Revista Construcción y Tecnología N° 64. Pág. 40-44.
14. Puentes Cortez, Emilio A.. (1981). Muros de Retención Prefabricados, Puentes, Bóvedas, y Muros de Retención Prefabricados. 5º Congreso Nacional de Ingeniería. San Salvador, Pág. 403-414.
15. Rodríguez De Greiff, Javier. (1996). Muros de retención de Tierra Armada, Sistema de Muros de Retención de Tierra Armada. Revista ISCYC N°1. Pág. 11-14. San salvador.

16. Rodríguez Deras, Jorge A.. (1981). Muros de Concreto Reforzado, Criterios para el Dimensionamiento de Muros de Gravedad y Concreto Reforzado. Revista ASIA N° 64. Pág. 52-64. San salvador.
17. Valero Ruiz, Faustino. (1991). Muros Prefabricados de Contención, Muros de Retención Prefabricados Vegetalizables. Revista Cemento-Hormigón N° 735. España. Pág. 983-1004.
18. Zapata M., Blanca Elena. (1992). Muros de Retención con Suelo - cemento, Suelo-cemento Ensacado. Revista Construcción y Tecnología N° 49. Pág. 6,8,10-11.

ANEXOS

ANEXO 1

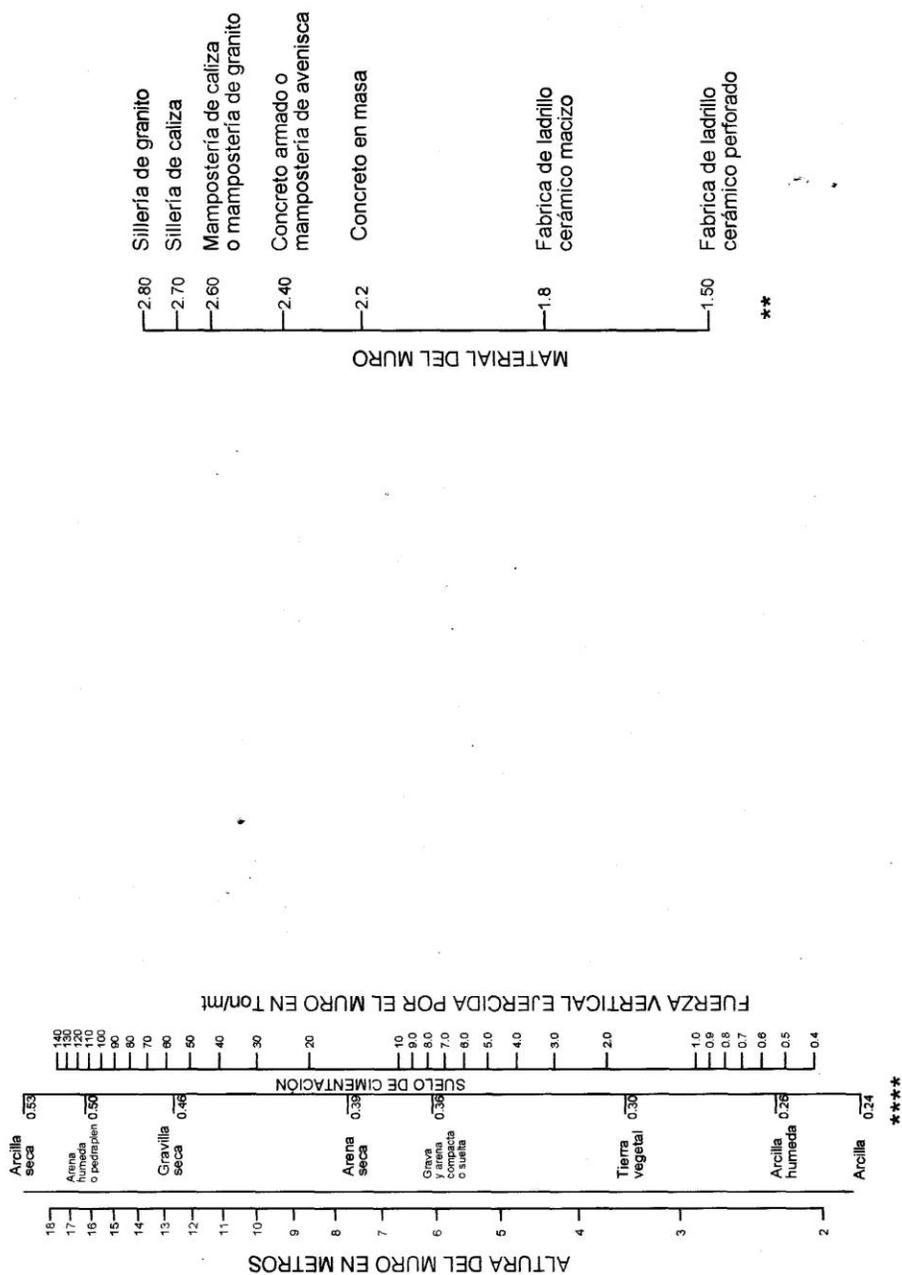
NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR EL EMPUJE ACTIVO



* = valores del producto del peso específico del material de relleno por Ka

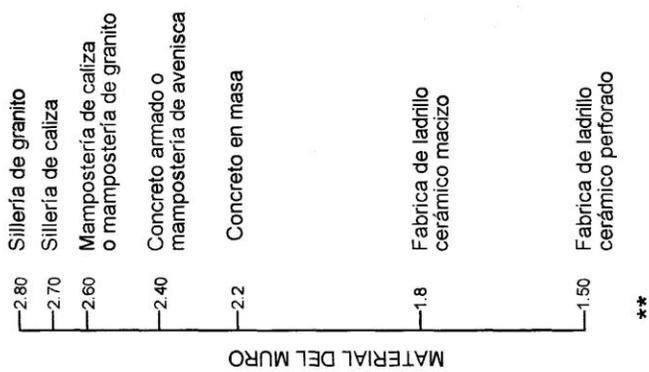
ANEXO 2

NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR LA FUERZA VERTICAL EJERCIDA POR EL MURO



** = valores del peso específico del material de construcción del muro

***** = valores de Tan2/3 del ángulo de fricción interna del material de la cimentación



**

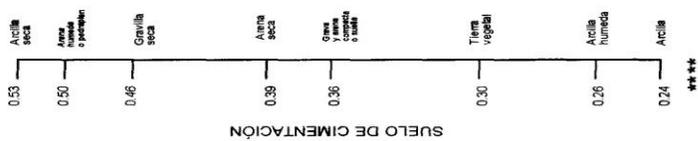
ANEXO 3

NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR LA FUERZA VERTICAL EJERCIDA POR EL SUELO DE RELLENO

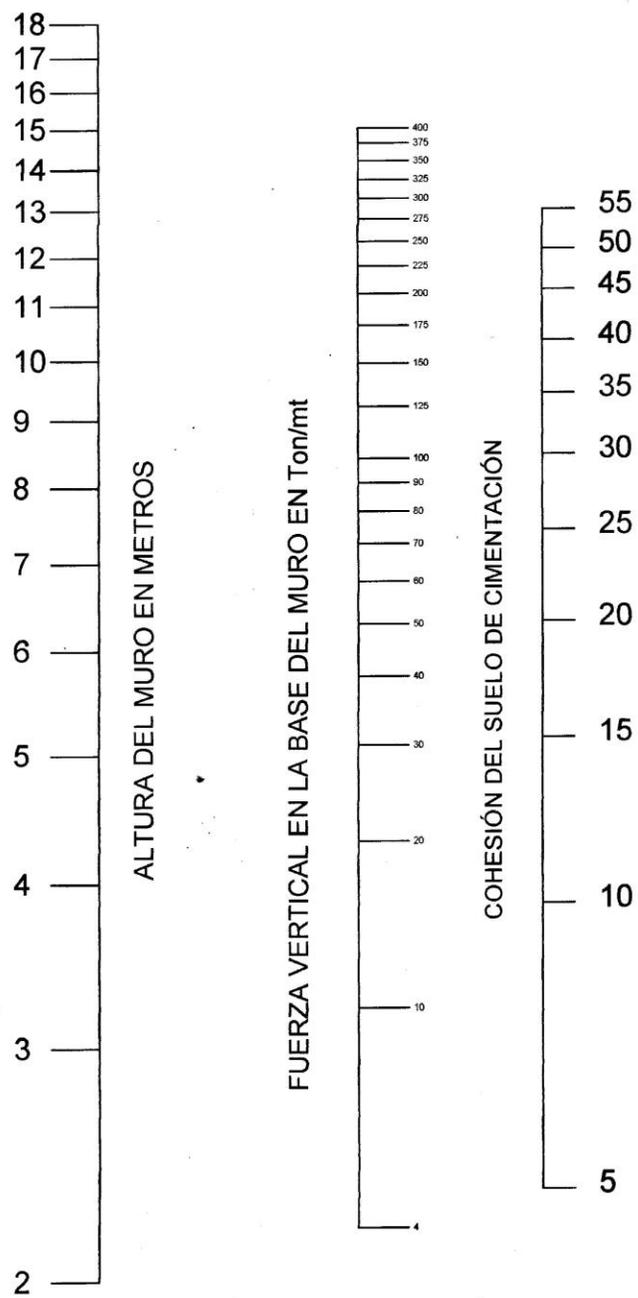


** = valores del peso específico del material de relleno

*** = valores de $Tan\alpha/3$ del ángulo de fricción interna del material de la cimentación

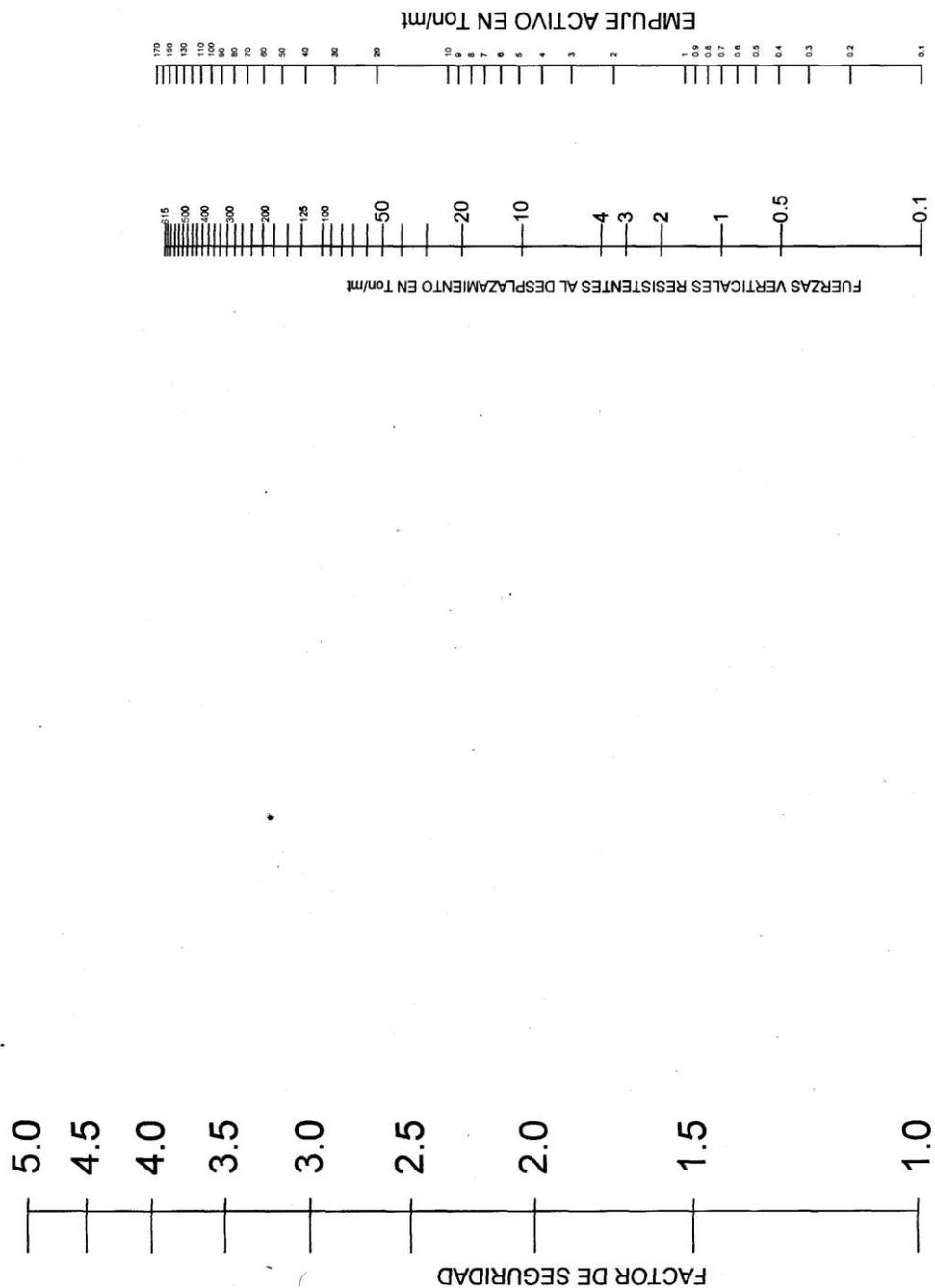


ANEXO 4

NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR LA FUEZA VERTICAL EN
LA BASE DEL MURO

ANEXO 5

NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR EL FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO



**ANEXO 6: FORMULARIOS PARA EL PROGRAMA DE DISEÑO
DE MUROS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA**

**FORMULARIO No.1 PARA EL PROGRAMA DE DISEÑO DE
MUROS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA**

Option Explicit

Private Sub Frame1_DragDrop(Source As Control, X As Single, Y As Single)

End Sub

Private Sub Label2_Click()

End Sub

Private Sub cmdCALCULAR_Click()

Dim Hm As Single, C As Single, DELTA As Single, ROR As Single, ROC As
Single, FI As Single, BETA As Single

Dim CO As Single, ROP As Single, SOBRE As Single

Dim RAD As Single, GRAD As Single, DF As Single, YEP As Single, Ka As
Single, Kp As Single

Dim Ep As Single, HT As Single, YEA As Single, Ea As Single, Ahmax As
Single

Dim Avmax As Single, EDH As Single, YEDH As Single, EDV As Single

Dim EDVT As Single, YEDVT As Single, B As Single, B1 As Single

Dim B2 As Single, B3 As Single, A As Single, H1 As Single
Dim W1 As Single, XW1 As Single, W2 As Single, XW2 As Single
Dim W3 As Single, XW3 As Single, W4 As Single, XW4 As Single
Dim W5 As Single, XW5 As Single, W6 As Single, XW6 As Single
Dim W7 As Single, XW7 As Single, W8 As Single, XW8 As Single
Dim FVT As Single, Ff As Single, FR As Single, FA As Single
Dim MR As Single, MA As Single, e As Single, qmax As Single
Dim I As Single, FSV As Single, FSD As Single, FSA As Single
Dim AREA As Single, FI2 As Single, C2 As Single, B4 As Single

Hm = txtHm.Text

ROR = TXTROR.Text

ROC = TXTROC.Text

FI = TXTFI.Text

C = TXTC.Text

ROP = TXTROP.Text

SOBRE = txtSOBRE.Text

BETA = TXTBETA.Text

FI2 = TXTFI2.Text

C2 = txtC2.Text

'DETERMINAR DIMENSIONES

$$CO = 0.1 / 0.6 * B$$

$$B = 0.6 * Hm$$

$$B1 = 0.14 / 0.6 * B$$

$$B2 = 0.36 / 0.6 * B$$

$$B3 = 0.1 / 0.6 * B$$

$$B4 = B2 - CO$$

$$A = 0.15 * Hm$$

$$H1 = Hm - A$$

If CO < 0.4 Then

$$CO = 0.4$$

End If

' MsgBox "B =" & B & Chr(13) & _

"B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _

Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _

Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO

'DETERMINAR EMPUJE PASIVO

RAD = 3.14159265358979 / 180

GRAD = 1 / RAD

Kp = Cos(RAD * BETA) * (((Cos(RAD * BETA) + Sqr((Cos(RAD * BETA)) ^ 2 - _
 (Cos(RAD * FI2)) ^ 2))) / ((Cos(RAD * BETA) - _
 Sqr((Cos(RAD * BETA)) ^ 2 - (Cos(RAD * FI2)) ^ 2))))

DF = 0.25 * Hm

If DF < 0.6 Then

 DF = 0.6

Else

 DF = DF

End If

' MsgBox "DF =" & DF

Ep = 0.5 * ROC * DF ^ 2 * Kp + 2 * C2 * DF * Sqr(Kp)

YEP = DF / 3

' MsgBox "Kp =" & Kp & Chr(13) & _

 "Ep =" & Ep & Chr(13) & "YEP =" & YEP

'DETERMINAR EMPUJE ACTIVO

$$Ka = \cos(\text{RAD} * \text{BETA}) * (((\cos(\text{RAD} * \text{BETA}) - \text{Sqr}((\cos(\text{RAD} * \text{BETA}))^2 - (\cos(\text{RAD} * \text{FI}))^2))) / ((\cos(\text{RAD} * \text{BETA}) + \text{Sqr}((\cos(\text{RAD} * \text{BETA}))^2 - (\cos(\text{RAD} * \text{FI}))^2))))))$$

HT = Hm + SOBRE / ROR

$$Ea = 0.5 * (HT - 2 * C / (ROR * \text{Sqr}(Ka))) * (ROR * HT * Ka - 2 * C * \text{Sqr}(Ka))$$

YEA = HT / 3

' MsgBox "Ka=" & Ka & Chr(13) & _

 "Ea=" & Ea & Chr(13) & _

 "YEA =" & YEA

'DETERMINAR EMPUJE DINAMICO HORIZONTAL

If optZ1.Value = True Then

 Ahmax = 0.2

 Avmax = 0.1

Else

 Ahmax = 0.1

 Avmax = 0.05

End If

$$EDH = 3 / 8 * ROR * Hm ^ 2 * Ahmax$$

$$YEDH = 0.6 * Hm$$

```
' MsgBox "EDH =" & EDH & Chr(13) & _
  "YEDH =" & YEDH
```

'DETERMINAR EMPUJE DINAMICO VERTICAL

$$EDV = 0.5 * ROR * Hm ^ 2 * Avmax$$

$$EDVT = EDV * Ka$$

$$YEDVT = Hm / 3$$

```
' MsgBox "EDVT =" & EDVT & Chr(13) & _
  "YEDVT =" & YEDVT
```

$$I = 1$$

RED1:

'DETERMINAR FUERZAS VERTICALES

$$W1 = ROP * CO * H1$$

$$W2 = 0.5 * ROP * H1 * (B4)$$

$$W3 = ROP * A * B$$

$$W4 = 0.5 * ROR * H1 * (B4)$$

$$W5 = ROR * H1 * B3$$

$$W6 = ROR * 0.5 * (B3 + B4) ^ 2 * Tan(RAD * BETA)$$

$$FVT = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6$$

$$XW1 = B1 + CO / 2$$

$$XW2 = B1 + CO + B4 / 3$$

$$XW3 = B / 2$$

$$XW4 = B1 + CO + 2 / 3 * B4$$

$$XW5 = B - B3 / 2$$

$$XW6 = B - (B3 + B4) / 3$$

' MsgBox "W1 =" & W1 & Chr(13) & _

"XW1 =" & XW1 & Chr(13) & "W2 =" & W2 & _

Chr(13) & "XW2 =" & XW2 & Chr(13) & "W3 =" & W3 & _

Chr(13) & "XW3 =" & XW3 & Chr(13) & "W4 =" & W4 & _

Chr(13) & "XW4 =" & XW4 & Chr(13) & "W5 =" & W5 & _

Chr(13) & "XW5 =" & XW5 & Chr(13) & "W6 =" & W6 & _

Chr(13) & "XW6 =" & XW6 & Chr(13) & "W7 =" & W7 & _

Chr(13) & "XW7 =" & XW7 & Chr(13) & "W8 =" & W8 & _

Chr(13) & "XW8 =" & XW8 & Chr(13) & "FVT =" & FVT

'FUERZAS ACTUANTES Y FUERZAS RESISTENTES

$$Ff = FVT * \tan(2 / 3 * (\text{RAD} * F12)) + B * C2$$

$$FR = Ep + Ff$$

$$FA = Ea + EDH + EDVT$$

' MsgBox "FR =" & FR & Chr(13) & _

"FA =" & FA

'DETERMINACION DE MOMENTOS ACTUANTES

$$MR = W1 * XW1 + W2 * XW2 + W3 * XW3 + W4 * XW4 + W5 * XW5 + W6 * XW6 + Ep * YEP$$

$$MA = Ea * YEA + EDH * YEDH + EDVT * YEDVT$$

'MsgBox "MR =" & MR & Chr(13) & _

"MA =" & MA

'DETERMINAR EXCENTRICIDAD

$$e = \text{Abs}((MR - MA - (FVT * B / 2)) / FVT)$$

'msgBox "e =" & e

Debug.Print I, e, B / 6

If e >= B / 6 Then

$$B = B + 0.1$$

$$B1 = 0.14 / 0.6 * B$$

$$B2 = 0.36 / 0.6 * B$$

$$B3 = 0.1 / 0.6 * B$$

$$B4 = B2 - CO$$

```
CO = 0.1 / 0.6 * B
  If CO < 0.4 Then
CO = 0.4
  End If
  If I = 1000 Then
  Exit Sub
Else
  I = I + 1
End If

GoTo RED1:

Else
  qmax = FVT / B * (1 + (6 * e) / B)
End If

'msgBox "B =" & B & Chr(13) & _
  "B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _
  Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _
  Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO
' MsgBox "qmax =" & qmax
```

'DETERMINACION DE CARGA MAXIMA ADMISIBLE

Dim Nq As Single, Nc As Single, Nr As Single, q As Single

Dim Bb As Single, fcd As Single, fqd As Single, frd As Single

Dim Y As Single, fci As Single, fqi As Single, fri As Single

Dim qu As Single, qadm1 As Single

$$Nq = ((\tan((45 + (F12 / 2)) * \text{RAD})) ^ 2) * ((2.71828182845) ^ (3.14159265358979 * \tan(F12 * \text{RAD})))$$

$$Nc = (Nq - 1) * ((\cos(F12 * \text{RAD})) / (\sin(F12 * \text{RAD})))$$

$$Nr = 2 * (Nq + 1) * (\tan(F12 * \text{RAD}))$$

$$q = \text{ROC} * \text{DF}$$

$$Bb = B - 2 * e$$

$$fcd = 1 + 0.4 * (\text{DF} / B)$$

$$fqd = 1 + 2 * (\tan(F12 * \text{RAD})) * ((1 - \sin(F12 * \text{RAD})) ^ 2) * (\text{DF} / B)$$

$$frd = 1$$

$$Y = (\text{Atn}(Ea / \text{FVT})) * \text{GRAD}$$

$$fci = (1 - (Y / 90)) ^ 2$$

$$fqi = (1 - (Y / 90)) ^ 2$$

$$fri = (1 - (Y / F1)) ^ 2$$

$$\text{'longitud} = 1$$

$$'fcs = 1 + (b / longitud) * (nq / nc)$$

$$'fqs = 1 + (b / (longitud * (Tan(sngfi2 * k))))$$

$$'frs = 1 - 0.4 * (b / longitud)$$

$$qu = C2 * Nc * fcd * fci + q * Nq * fqd * fqi + 0.5 * ROC * B * Nr * frd * fri$$

$$qadm1 = (qu - q) / 3$$

' MsgBox "Nq =" & Nq & Chr(13) & _

"Nc =" & Nc & Chr(13) & "Nr =" & Nr & _

Chr(13) & "q =" & q & Chr(13) & "fcd =" & fcd & _

Chr(13) & "fqd =" & fqd & Chr(13) & "frd =" & frd & _

Chr(13) & "Y =" & Y & Chr(13) & "fci =" & fci & _

Chr(13) & "fqi =" & fqi & Chr(13) & "fri =" & fri & _

Chr(13) & "qu =" & qu & Chr(13) & "qadm1 =" & qadm1

'REVISAR POR VOLTEO

$$FSV = MR / MA$$

'msgBox "B =" & B & Chr(13) & _

"B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _

Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _

Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO & _

```
Chr(13) & "FSV =" & FSV
```

```
Debug.Print I, "FSV", FSV
```

```
If FSV <= 2# Then
```

```
    B = B + 0.1
```

```
    B1 = 0.14 / 0.6 * B
```

```
    B2 = 0.36 / 0.6 * B
```

```
    B3 = 0.1 / 0.6 * B
```

```
    B4 = B2 - CO
```

```
    CO = 0.1 / 0.6 * B
```

```
    If CO < 0.4 Then
```

```
        CO = 0.4
```

```
    End If
```

```
If I = 1000 Then
```

```
    Exit Sub
```

```
Else
```

```
    I = I + 1
```

```
End If
```

```
GoTo RED1:
```

```
Else
```

```
    FSV = FSV
```

End If

'REVISAR POR DESLIZAMIENTO

FSD = FR / FA

'msgBox "B =" & B & Chr(13) & _

"B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _

Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _

Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO & _

Chr(13) & "FSV =" & FSV & Chr(13) & "FSD =" & FSD

Debug.Print I, "FSD", FSD

If FSD <= 1.5 Then

B = B + 0.1

B1 = 0.14 / 0.6 * B

B2 = 0.36 / 0.6 * B

B3 = 0.1 / 0.6 * B

B4 = B2 - CO

CO = 0.1 / 0.6 * B

If CO < 0.4 Then

CO = 0.4

End If

```
If I = 1000 Then
```

```
Exit Sub
```

```
Else
```

```
I = I + 1
```

```
End If
```

```
GoTo RED1:
```

```
Else
```

```
FSD = FSD
```

```
End If
```

```
'REVISAR POR ASENTAMIENTO
```

```
FSA = qu / qmax
```

```
'msgBox "B =" & B & Chr(13) & _
```

```
"B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _
```

```
Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _
```

```
Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO & _
```

```
Chr(13) & "FSV =" & FSV & Chr(13) & "FSD =" & FSD & _
```

```
Chr(13) & "FSA =" & FSA
```

```
Debug.Print I, "FSA", FSA
```

```
If FSA <= 3# Then
```

$B = B + 0.1$

$B1 = 0.14 / 0.6 * B$

$B2 = 0.36 / 0.6 * B$

$B3 = 0.1 / 0.6 * B$

$B4 = B2 - CO$

$CO = 0.1 / 0.6 * B$

If $CO < 0.4$ Then

$CO = 0.4$

End If

If $I = 1000$ Then

Exit Sub

Else

$I = I + 1$

End If

GoTo RED1:

Else

$FSA = FSA$

End If

'CALCULO DEL AREA DE SECCION TRANSVERSAL

$$\text{AREA} = \text{CO} * \text{H1} + 0.5 * \text{H1} * (\text{B4}) + \text{A} * \text{B}$$

```

'lblresultados.Caption = "RESULTADOS : " & Chr(13) & _
    "B base del muro(m)      :" & Format(B, "0.00") & Chr(13) & _
    "A altura de la base(m)  :" & A & Chr(13) & _
    "CO corona(m)           :" & Format(CO, "0.00") & Chr(13) &
_
    "Df desplante del muro(m)  :" & DF & Chr(13) & _
    "H1 altura de la pantalla(m) :" & H1 & Chr(13) & _
    "B1 Longitud de la punta(m):" & Format(B1, "0.00") & Chr(13) & _
    "B3 Longitud del talon(m)  :" & Format(B3, "0.00") & Chr(13) & _
    " FSV > 1.5              :" & Format(FSV, "0.00") & Chr(13) &
_
    " FSD > 1.5              :" & Format(FSD, "0.00") & Chr(13) &
_
    " FScp > 3.0            :" & Format(FSA, "0.00") & Chr(13) &
_
    "AREA area de la seccion (m) :" & Format(AREA, "0.00")

' MsgBox "B=" & B & Chr(13) & _

```

```
"B1 =" & B1 & Chr(13) & "B2 =" & B2 & _  
Chr(13) & "B3 =" & B3 & Chr(13) & "A =" & A & _  
Chr(13) & "H1 =" & H1 & Chr(13) & "CO =" & CO & _  
Chr(13) & "FSV =" & FSV & Chr(13) & "FSD =" & FSD & _  
Chr(13) & "FSA =" & FSA  
  
'msgBox "FSV =" & FSV & Chr(13) & _  
    "FSD =" & FSD & Chr(13) & "FSA =" & FSA  
  
RESULTADOS_MURO.TXTB.Text = Format(B, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.txtA.Text = Format(A, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.txtCO.Text = Format(CO, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTDF.Text = Format(DF, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTH1.Text = Format(H1, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTB1.Text = Format(B1, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTB3.Text = Format(B3, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTFSV.Text = Format(FSV, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTFSD.Text = Format(FSD, "0.00")  
RESULTADOS_MURO.TXTFSA.Text = Format(FSA, "0.00")  
  
RESULTADOS_MURO.Show  
  
End Sub  
  
Private Sub cmdsalir_Click()
```

End

End Sub

Private Sub TXTBETA_GotFocus()

TXTBETA.SelStart = 0

TXTBETA.SelLength = Len(TXTBETA.Text)

End Sub

Private Sub TXTBETA_KeyPress(KeyAscii As Integer)

If KeyAscii = 13 Then

TXTC.SetFocus

End If

End Sub

Private Sub TXTC_GotFocus()

TXTC.SelStart = 0

TXTC.SelLength = Len(TXTC.Text)

End Sub

Private Sub TXTC_KeyPress(KeyAscii As Integer)

If KeyAscii = 13 Then

txtC2.SetFocus

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtC2_GotFocus()
```

```
txtC2.SelStart = 0
```

```
txtC2.SelLength = Len(txtC2.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtC2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTR0P.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTF1_GotFocus()
```

```
TXTF1.SelStart = 0
```

```
TXTF1.SelLength = Len(TXTF1.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTF1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTF12.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTFI2_GotFocus()
```

```
TXTFI2.SelStart = 0
```

```
TXTFI2.SelLength = Len(TXTFI2.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTFI2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTBETA.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtHm_GotFocus()
```

```
txtHm.SelStart = 0
```

```
txtHm.SelLength = Len(txtHm.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtHm_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTROR.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROC_GotFocus()
```

```
TXTROC.SelStart = 0
```

```
TXTROC.SelLength = Len(TXTROC.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROC_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTFI.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROP_GotFocus()
```

```
TXTROP.SelStart = 0
```

```
TXTROP.SelLength = Len(TXTROP.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROP_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
txtSOBRE.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROR_GotFocus()
```

```
TXTROR.SelStart = 0
```

```
TXTROR.SelLength = Len(TXTROR.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TXTROR_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
TXTRORC.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtSOBRE_GotFocus()
```

```
txtSOBRE.SelStart = 0
```

```
txtSOBRE.SelLength = Len(txtSOBRE.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtSOBRE_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
If KeyAscii = 13 Then
```

```
txtHm.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

FORMULARIO No.2 PARA EL PROGRAMA DE DISEÑO DE MUROS DE
MAMPOSTERIA DE PIEDRA

```
Dim intContador As Integer
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
intContador = 0
```

```
img_presentacion.Picture = ImageList1.ListImages("minerva").Picture
```

```
lblCreditos.Caption = ""
```

```
End Sub
```

```
Private Sub tmrContro1_Timer()
```

```
intContador = intContador + 1
```

```
If intContador = 8 Then
```

```
    lblCreditos.FontSize = 15
```

```
    lblCreditos.Caption = "Desarrollado por:" & Chr(13) & _
```

```

"          CORTEZ VELASQUEZ, RICARDO ENRIQUE "
& Chr(13) & _
"          RIVERA GARCIA, JAVIER OMAR" & Chr(13) &
_
"          "
End If

If intContador = 4 Then

    lblCreditos.FontSize = 15

    lblCreditos.Caption = "Módulo elaborado como parte del trabajo de
graduación:" & Chr(13) & _
        "MANUAL DE DISEÑO Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE
MUROS DE RETENCION"

End If

If intContador = 6 Then

    lblCreditos.FontSize = 15

    lblCreditos.Caption = "Dirigido por:" & Chr(13) & _
        "          ING. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ
(Coordinador)" & Chr(13) & _
        "          ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA
(Asesor)" & Chr(13) & _
        "          ING. MAURICIO ISAIAS VELAZQUEZ PAZ
(Asesor)"

```

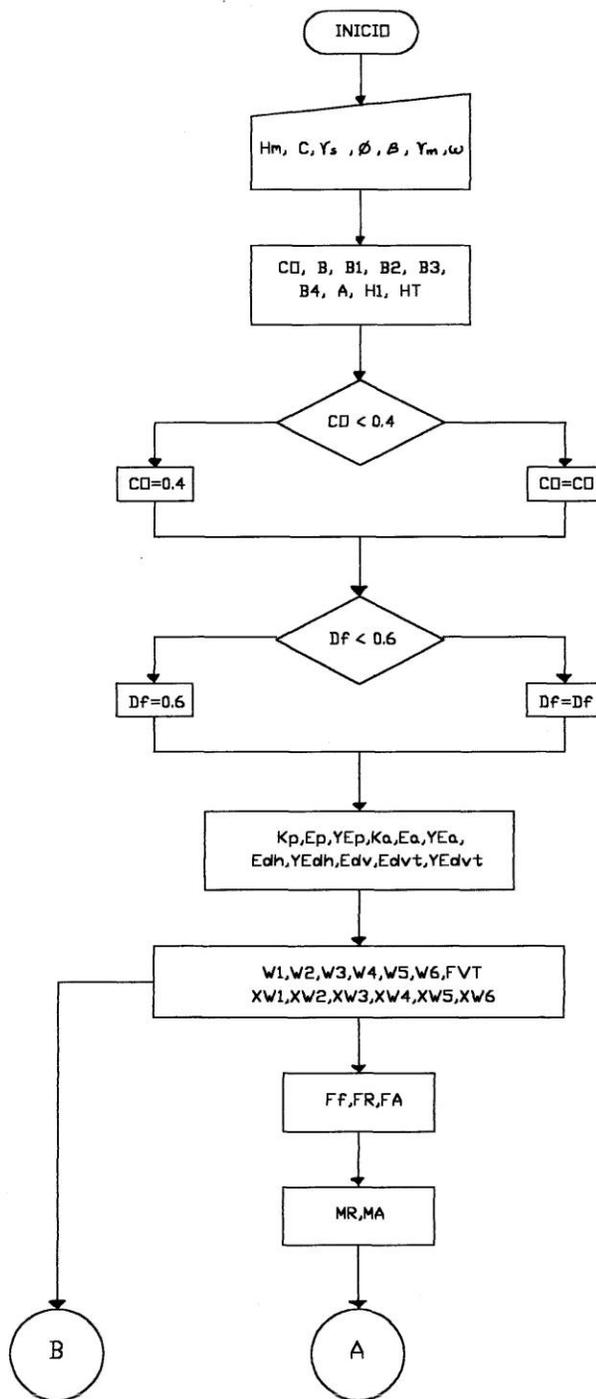
```
End If  
  
If intContador = 13 Then  
    DISEÑO_DE_MURO_MAPOSTERIA.Show  
    Unload Me  
    'End  
End If  
  
End Sub
```

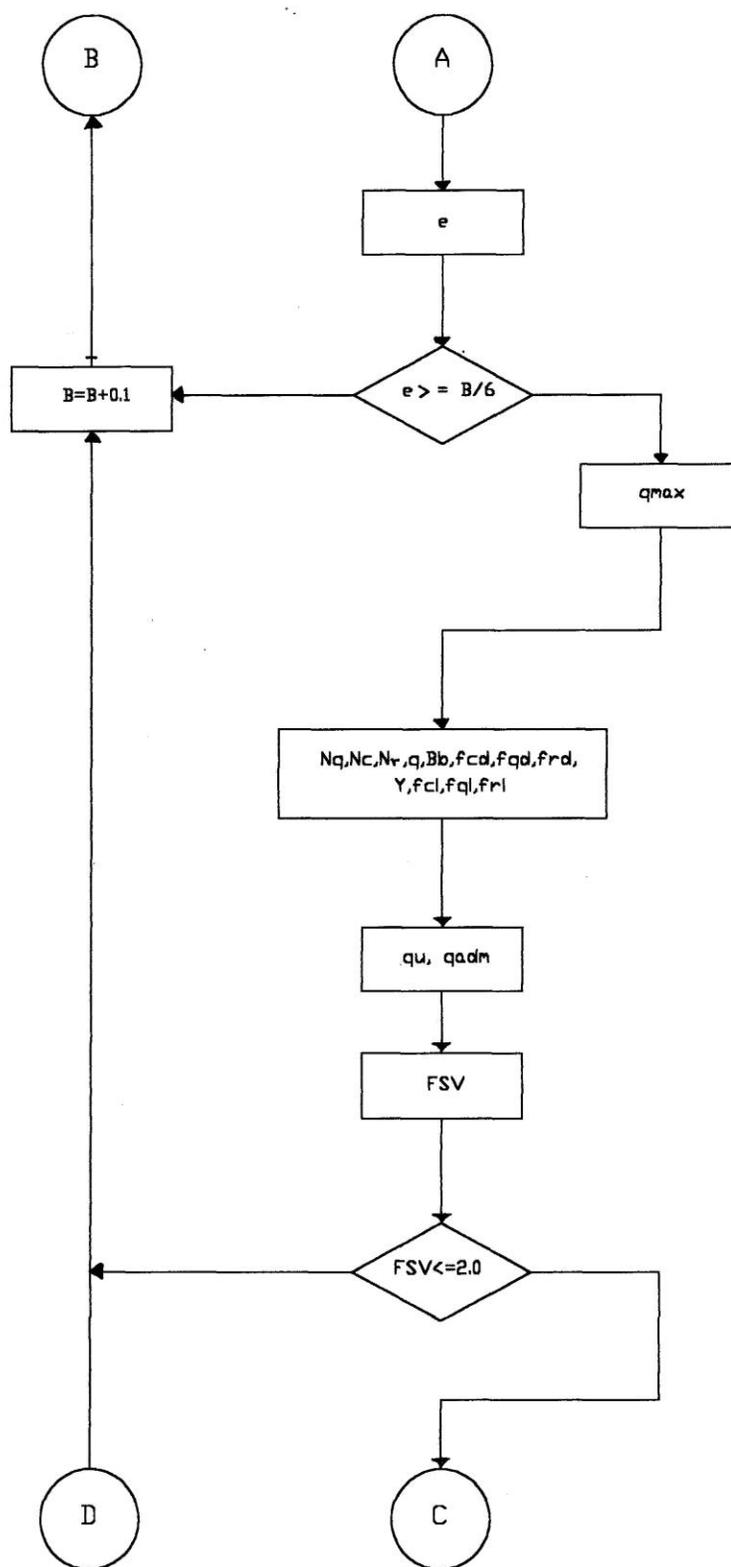
FORMULARIO No.3 PARA EL PROGRAMA DE DISEÑO DE MUROS DE
MAMPOSTERIA DE PIEDRA

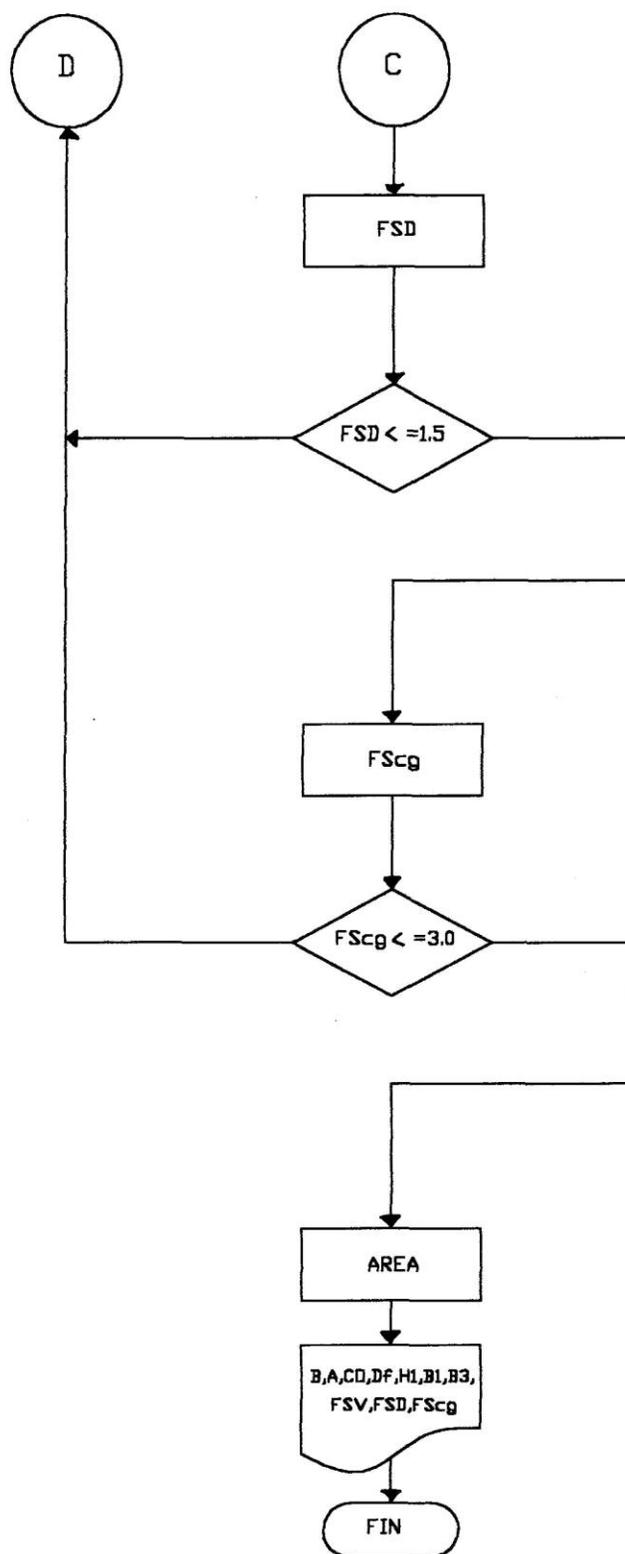
```
Private Sub comcerrar_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

ANEXO 7: DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CALCULO DE UN MURO

GRAVEDAD







ANEXO 8: METODO GRAFICO DE CULLMANN PARA ENCONTRAR LA FUERZA RESULTANTE QUE ACTUA EN UN MURO DE CUALQUIER TIPO.

Los métodos gráficos ayudan al diseño de muros de cualquier tipo, tal como el método de Cullmann ¹⁶, en el cual se determina el valor máximo del empuje ejercido contra el muro por un relleno arenoso. El método es general y puede ser aplicado a rellenos, de cualquier forma, escogiendo una sección unitaria . Por estar basado en los principios de Coulomb, es indispensable conocer el ángulo de fricción interna del relleno ϕ , obtenido por medio de la realización de las pruebas triaxiales establecidas en la norma de la ASTM D2850-87, o de valores típicos para arenas y limos (ver tabla No.1.1), y estimar el ángulo de fricción entre el suelo y el muro δ , que para consideraciones prácticas, en el caso de un relleno granular suelto, éste se toma igual al valor del ángulo de fricción interna ϕ del suelo. Para rellenos granulares densos, δ es menor que ϕ y está en el rango $\phi/2 \leq \delta \leq (2/3)\phi$ para así obtener el ángulo θ , que es el valor de la inclinación del plano de falla con respecto a la horizontal y es establecido por medio de la siguiente fórmula $\theta = 45 + \phi/2$, necesario para la aplicación del método.

¹⁶ Juárez Badillo, Mecánica de Suelos, Tomo II.

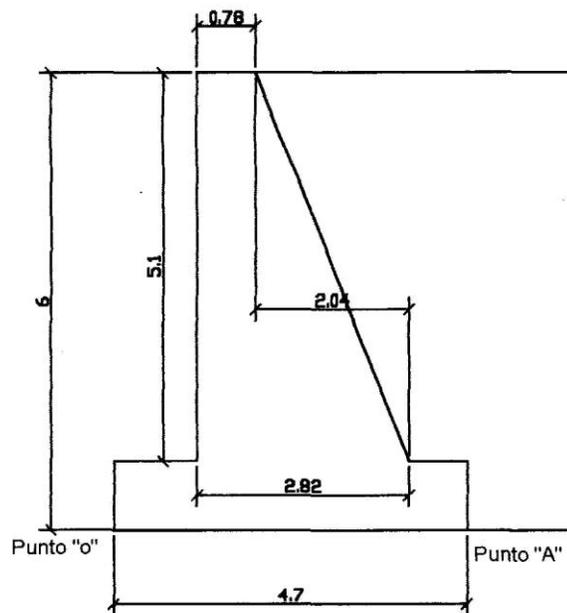
TABLA No.1.1 Valores típicos del ángulo de fricción para arenas y limos

Tipo de Suelo	ϕ (grados)
<i>Arena: granos redondeados</i>	
Suelta	27-30
Media	30-35
Densa	35-38
<i>Arena: granos angulares</i>	
Suelta	30-35
Media	35-40
Densa	40-45
<i>Grava con algo de arena</i>	
	34-48
Limos	26-35

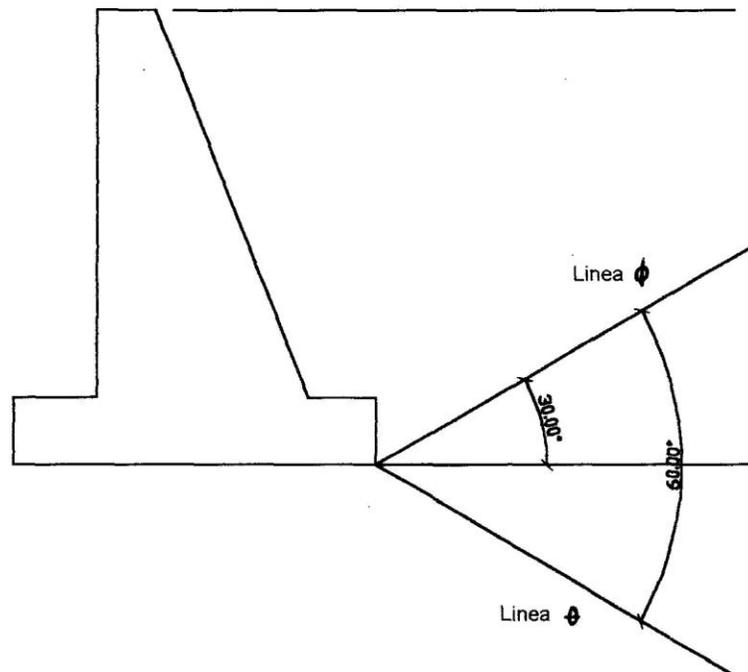
FUENTE: Braja M: Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.

El método consiste en los siguientes pasos:

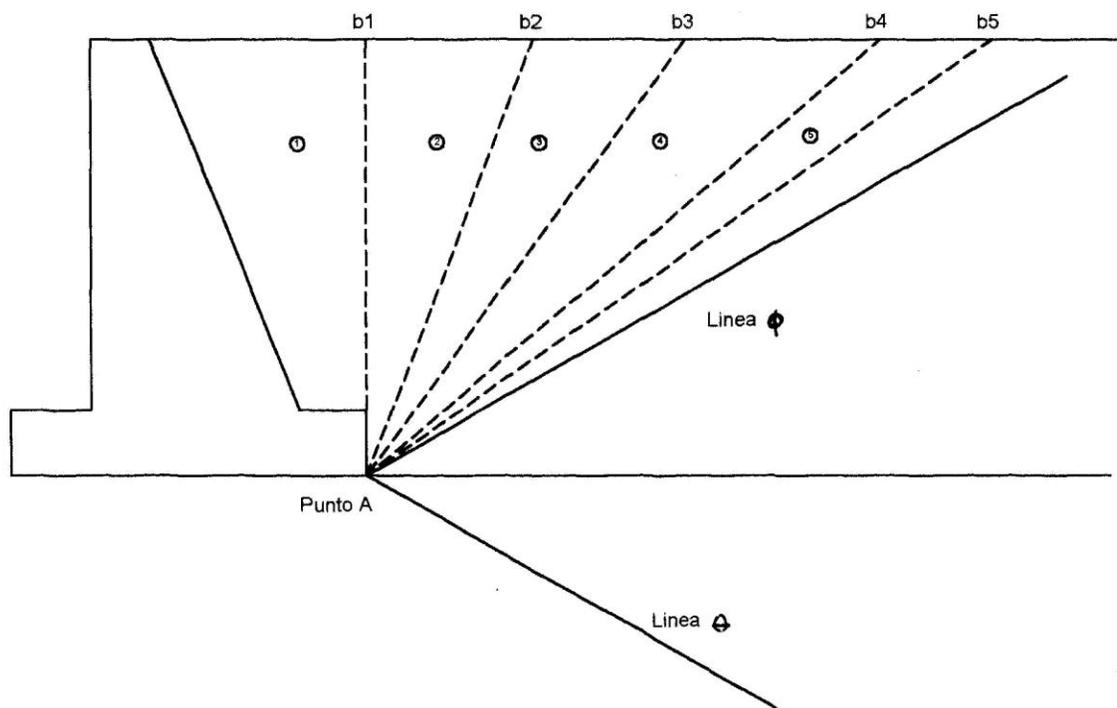
1. Dibujar a escala conveniente una sección tentativa del muro con su relleno.



2. Por el punto A a partir de la base del muro trazar la línea ϕ , subtendiendo el ángulo ϕ en sentido antihorario respecto a la horizontal y luego trazar la línea θ , subtendiendo el ángulo θ en sentido horario respecto a la línea ϕ .



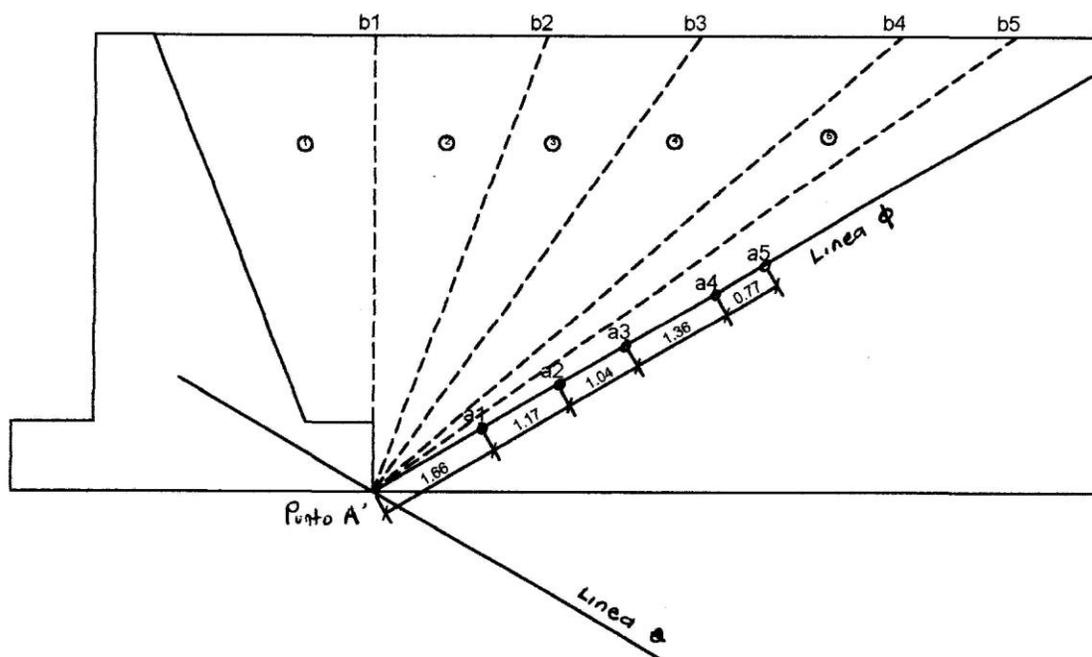
3. Escoger diferentes planos hipotéticos de deslizamiento (Ab_1 , Ab_2 , Ab_3 , ..., etc).



4. Encontrar el peso de cada cuña formada, multiplicando el peso específico γ por el área de la cuña correspondiente (Ton/m).

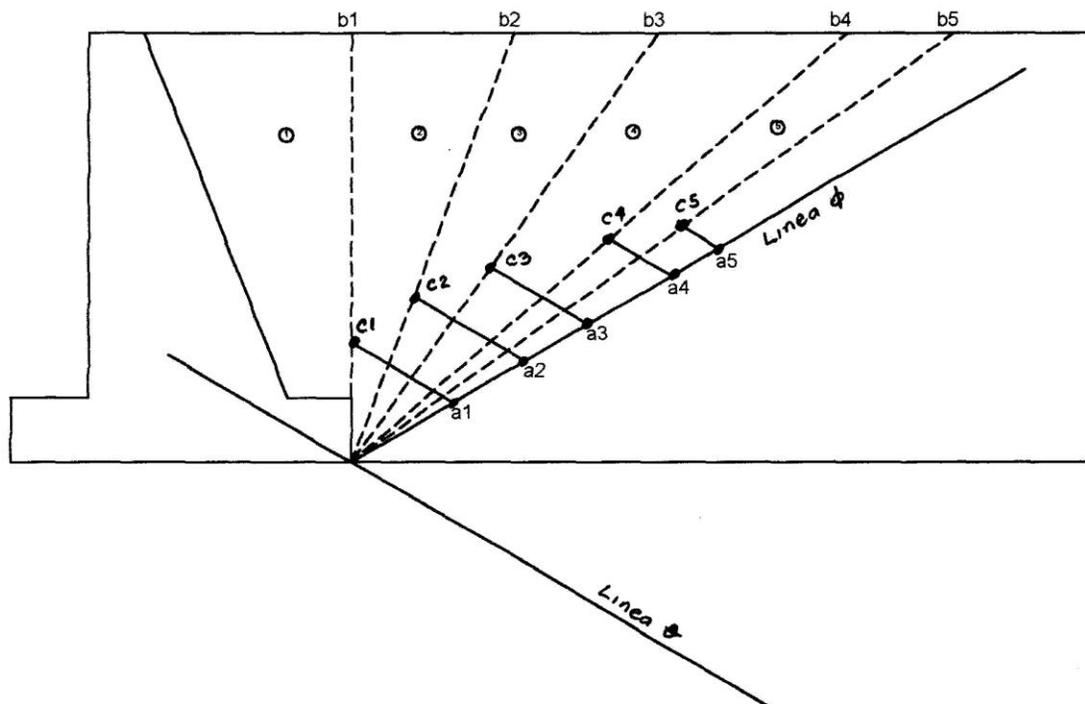
SECCION	AREA (A)	γ_s	$A * \gamma_s$	$0.1 * A * \gamma_s$ (factor de escala 0.1)
1	9.78	1.7	16.63	1.66
2	6.87	1.7	11.68	1.17
3	6.12	1.7	10.40	1.04
4	8.01	1.7	13.62	1.36
5	4.52	1.7	7.98	0.77

5. Sobre la línea ϕ , llevar a partir de A, los distintos pesos obtenidos, a una escala de fuerzas conveniente; obteniendo así los puntos $a_1, a_2 \dots$ etc. (ver figura No.1.6)

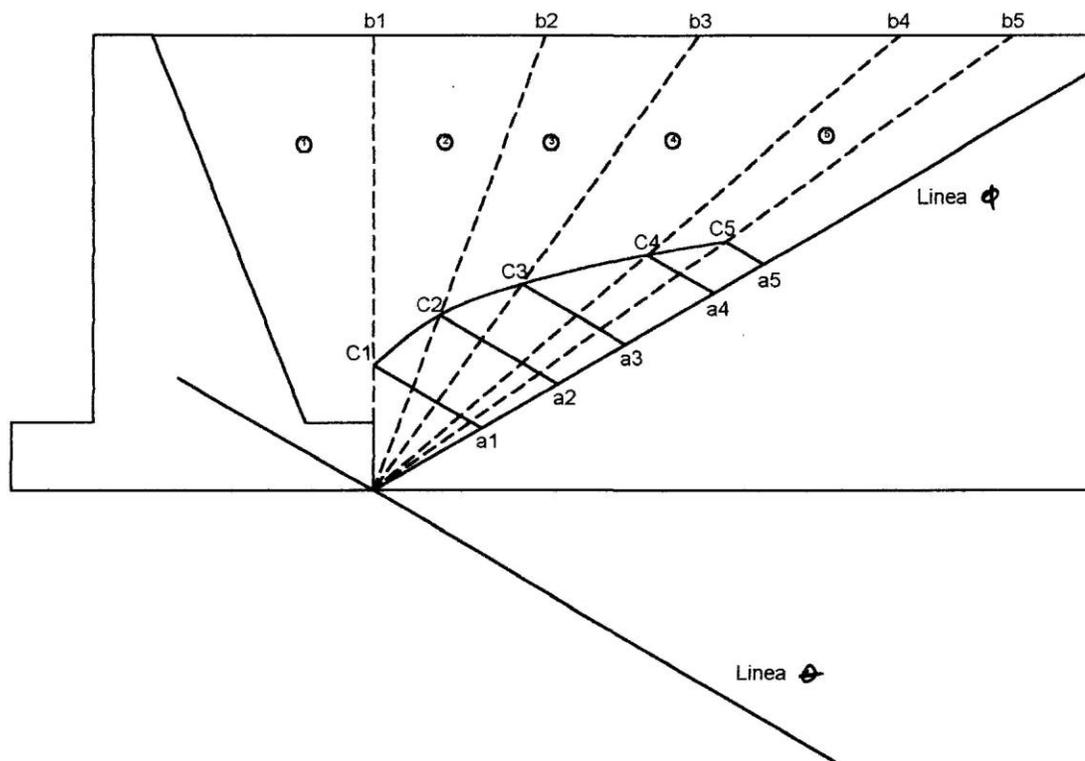


6. Por los puntos $a_1, a_2 \dots$ etc, trazar paralelas a la línea θ hasta cortar en los puntos C_1, C_2, C_3, \dots etc. a los respectivos planos de falla supuestos. Los segmentos $a_1 C_1, a_2 C_2, a_3 C_3, \dots$ etc., representan a la escala de fuerzas empleadas, los empujes que producen cada una de las cuñas asumidas. Así, en la figura No.1.7 el triángulo $A C_3 a_3$ es semejante al polígono de fuerzas 123, ya que la distancia $C_3 a_3$ es equivalente al empuje

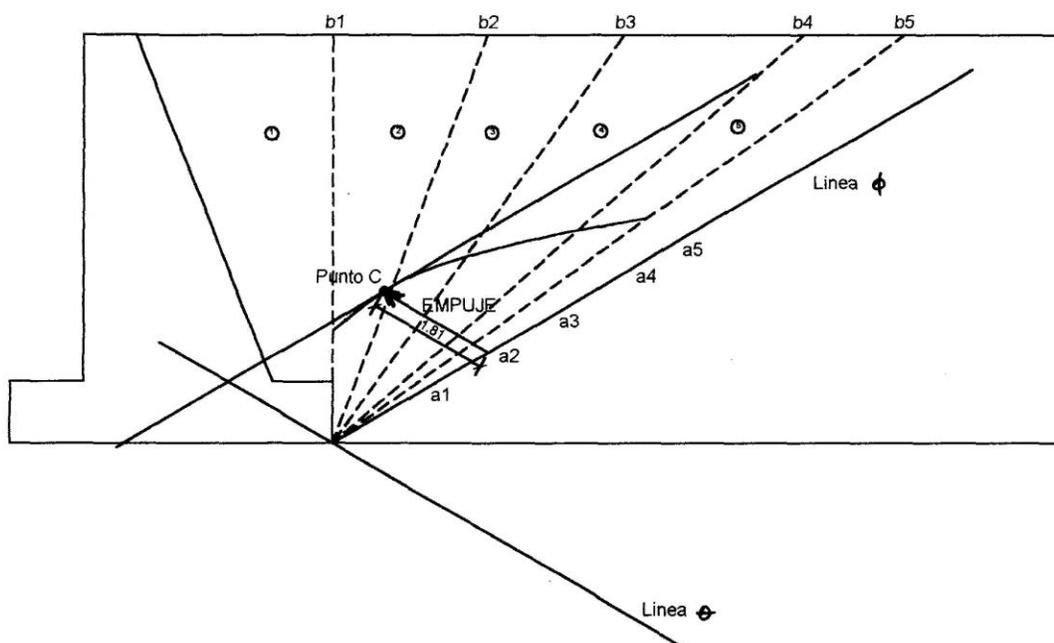
correspondiente a la superficie de deslizamiento Ab_3 y Aa_3 es proporcional al peso de la cuña (W). El ángulo en a_3 es θ por ser a_3c_3 paralela a la "línea θ ". Evidentemente, el ángulo en A, del triángulo Aa_3c_3 , es $\beta - \phi$, siendo β , el ángulo que forma el plano de deslizamiento Ab_3 con la horizontal.



7. Trazar una línea envolvente que contenga los puntos C obtenidos, la curva que resulta, se llama línea de empujes o línea de Cullmann.



8. Trazar una línea paralela a la línea ϕ y que sea tangente a la línea de Cullmann determinando así el punto de tangencia "C"; el segmento ac representa el empuje E a la escala de fuerzas usada.



El empuje E da un valor de 1.81 T/m, en la escala de fuerzas usada lo que nos da un valor real de $E = 18.1$ T/m.

La línea Ab , determina el plano de falla correspondiente al empuje máximo. El punto de aplicación del empuje se encuentra siguiendo el método de Terzaghi, y es obtenido mediante el siguiente procedimiento:

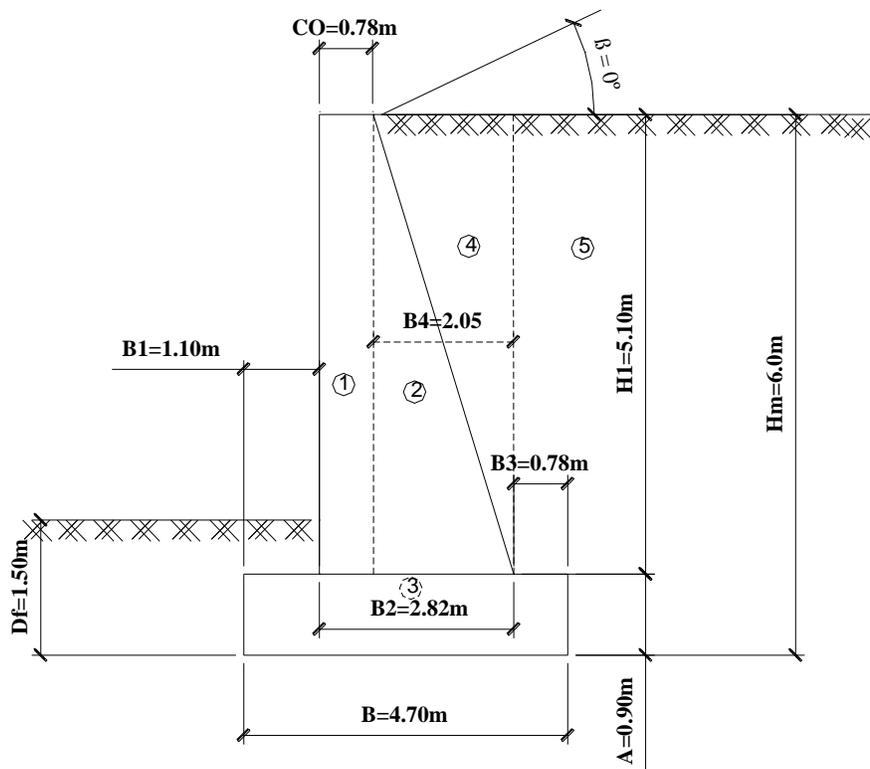
1. Dibujar a escala el muro con su respectiva cuña de falla (triángulo ABb).
2. Obtener los puntos a' , b' y c' , ubicados en la mitad de cada uno de los lados del triángulo " ABb ".
3. Unir el punto a' con el vértice b .
4. Unir el punto b' con el vértice A .

APENDICES

APENDICE 1

CALCULO PARA EL DISEÑO DE UN MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA.

El análisis de los empujes ejercidos sobre el muro se harán basándose en la teoría de Rankine para rellenos inclinados. Para fines de análisis se tomara la sección de un muro de mampostería de piedra bajo condiciones ya definidas, cuyas dimensiones cumplen con los requisitos de seguridad al volteo, al deslizamiento y a la capacidad de carga, tal y como se muestra en la siguiente figura:



DATOS:

Altura del muro en metros $H_m = 6.0\text{m}$

Peso volumétrico del suelo de relleno $\gamma_{sr} = 1.7 \text{ Ton/m}^3$

Peso volumétrico del suelo de cimentación $\gamma_{sc} = 2.0 \text{ Ton/m}^3$

Angulo de fricción interna del suelo de relleno $\phi_{sr} = 30^\circ$

Angulo de fricción interna del suelo de cimentación $\phi_{sc} = 30^\circ$

Inclinación del relleno $\beta = 0^\circ$

Cohesión del suelo de relleno $C_{sr} = 0$

Cohesión del suelo de cimentación $C_{sc} = 0$

Peso volumétrico del material del muro $\gamma_m = 2.3 \text{ Ton/m}^3$

Sobrecarga impuesta $\omega = 0$

Zona Sísmica : I

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1) Calcular el Empuje Pasivo "Ep"

Debemos calcular primero el coeficiente de presión pasiva de Rankine para rellenos inclinados en donde β es el ángulo que forma el relleno con la horizontal que para este caso en particular es cero.

$$K_p = \cos \beta \left[\frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$Kp = \cos(0) \left[\frac{\cos(0) + \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2(35)}}{\cos(0) - \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2(35)}} \right]$$

$$Kp = 3.00$$

Luego calculamos el empuje pasivo y su respectivo brazo con respecto al punto "o" mediante la siguientes formulas:

$$Ep = \frac{1}{2} \gamma Df^2 Kp + 2 C Df \sqrt{Kp}$$

$$Ep = \frac{1}{2} (1.7) (1.5)^2 (3.0) + 2 (0) (1.5) \sqrt{3.0}$$

$$Ep = 6.75 \text{ Ton/m (Empuje Pasivo)}$$

$$Y_{Ep} = \frac{Df}{3}$$

$$Y_{Ep} = \frac{1.5}{3}$$

$$Y_{Ep} = 0.5 \text{ m}$$

2) Determinar la altura total equivalente considerando la sobrecarga si la hay, mediante la siguiente ecuación:

$$Ht = Hm + \frac{w}{\gamma_s}$$

$$Ht = 6.0 + \frac{0}{1.7}$$

$$Ht = 6.0 \text{ m}$$

- 3) Calcular el empuje activo “Ea” y su respectivo brazo con respecto al punto “o”

$$Ka = \cos \beta \left[\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$Ka = \cos(0) \left[\frac{\cos(0) - \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2(35)}}{\cos(0) + \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2(35)}} \right]$$

$$Ka = 0.333$$

$$Ea = \frac{1}{2} \left(Ht - \frac{2C}{\gamma_s \sqrt{Ka}} \right) \left(\gamma_s Ht Ka - 2C \sqrt{Ka} \right)$$

$$Ea = \frac{1}{2} \left(6.0 - \frac{2(0)}{1.7 \sqrt{0.33}} \right) \left(1.7 (6.0) (0.33) - 2(0) \sqrt{0.333} \right)$$

$$Ea = 10.20 \text{ Ton/m (Empuje Activo)}$$

$$Y_{Ea} = \frac{Ht}{3}$$

$$Y_{Ea} = \frac{6.0}{3}$$

$$Y_{Ea} = 2.0 \text{ m}$$

- 4) Calcular el Empuje Dinámico Horizontal “Edh” tomando en consideración la zona en la cual esta ubicado el suelo en estudio, las cuales tienen

asignado su respectivo coeficiente de aceleración máxima horizontal y vertical como se puede observar en la siguiente tabla:

	Ahmax	Avmax
ZONA I	0.2	0.1
ZONA II	0.1	0.05

$$Edh = \frac{3}{8} \gamma_s H m^2 Ah \max$$

$$Edh = \frac{3}{8} (1.7)(6.0)^2 (0.2)$$

$$Edh = 4.59 \text{ Ton/m}$$

Brazo de I empuje dinámico horizontal con respecto al punto "o"

$$Y_{Edh} = 0.6 H m$$

$$Y_{Edh} = 0.6 (6.0)$$

$$Y_{Edh} = 3.6 m$$

5) Calcular el empuje dinámico vertical "Edvt"

$$Edv = \frac{1}{2} \gamma_s H m^2 Av \max$$

$$Edv = \frac{1}{2} (1.7)(6.0)^2 (0.1)$$

$$Edv = 3.06 \text{ Ton/m}$$

$$Edvt = Edv * Ka$$

$$Edvt = 3.06 * 0.33$$

$$Edvt = 1.02 \text{ Ton/m}$$

Brazo de la componente horizontal del empuje dinámico vertical

$$Y_{Edvt} = \frac{Hm}{3}$$

$$Y_{Edvt} = \frac{6.0}{3}$$

$$Y_{Edvt} = 2.0 \text{ m}$$

6) Determinar las fuerzas verticales "FVT" (ver figura)

$$W_1 = \gamma_m CO H_1$$

$$W_1 = 2.3(0.78)(5.1)$$

$$W_1 = 9.19 \text{ Ton/m}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \gamma_m H_1 B_4$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (2.3)(5.1)(2.05)$$

$$W_2 = 12.04 \text{ Ton/m}$$

$$W_3 = \gamma_m B A$$

$$W_3 = (2.3)(4.7)(0.90)$$

$$W_3 = 9.73 \text{ Ton/m}$$

$$W_4 = \frac{1}{2} \gamma_s H_1 B_4$$

$$W_4 = \frac{1}{2} (1.7)(5.1)(2.05)$$

$$W_4 = 8.90 \text{ Ton/m}$$

$$W_5 = \gamma_s H_1 B_3$$

$$W_5 = (1.7)(5.1)(0.78)$$

$$W_5 = 6.79 \text{ Ton/m}$$

$$W_6 = \frac{1}{2} \gamma_s (B_3 + B_4)^2 \tan \beta$$

$$W_6 = \frac{1}{2} (1.7) (0.78 + 2.05)^2 \tan 0$$

$$W_6 = 0 \text{ Ton/m}$$

$$\sum FVT = \sum W_i$$

$$\sum FVT = 9.19 + 12.04 + 9.73 + 8.9 + 6.79 + 0$$

$$\sum FVT = 46.65 \text{ Ton/m}$$

- 7) Determinar los brazos de las fuerzas verticales con respecto al punto "o" ubicado en el borde inferior de la punta de base.

$$XW_1 = B_1 + \frac{CO}{2}$$

$$XW_1 = 1.10 + \frac{0.78}{2}$$

$$XW_1 = 1.49 \text{ m}$$

$$XW_2 = B_1 + CO + \frac{B_4}{3}$$

$$XW_2 = 1.10 + 0.78 + \frac{2.05}{3}$$

$$XW_2 = 2.56 \text{ m}$$

$$XW_3 = \frac{B}{2}$$

$$XW_3 = \frac{4.7}{2}$$

$$XW_3 = 2.35 \text{ m}$$

$$XW_4 = B_1 + CO + \frac{2}{3} B_4$$

$$XW_4 = 1.10 + 0.78 + \frac{2}{3} (2.05)$$

$$XW_4 = 3.25 \text{ m}$$

$$XW_5 = B - \frac{B_3}{2}$$

$$XW_5 = 4.7 - \frac{0.78}{2}$$

$$XW_5 = 4.30 \text{ m}$$

$$XW_6 = B - \frac{(B_3 + B_4)}{3}$$

$$XW_6 = 4.7 - \frac{(0.78 + 2.05)}{3}$$

$$XW_6 = 3.75 \text{ m}$$

8) Determinar las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes

$$Ff = FVT \left[\tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) \right] + B C$$

$$Ff = 46.65 \left[\tan\left(\frac{2}{3}(30)\right) \right] + (4.7) (0)$$

$$Ff = 16.98 \text{ Ton/m (Fuerza de fricción suelo-muro)}$$

$$FR = Ep + Ff$$

$$FR = 6.75 + 16.98$$

$$FR = 23.73 \text{ Ton/m (Fuerzas Restituidoras)}$$

$$FA = E_a + Edh + Edvt$$

$$FA = 10.20 + 4.59 + 1.02$$

$$FA = 15.81 \text{ Ton/m (Fuerzas Actuantes o Motoras)}$$

9) Determinar los momentos resistentes y los momentos actuantes

$$MR = W_1 XW_1 + W_2 XW_2 + W_3 XW_3 + W_4 XW_4 + W_5 XW_5 \\ + W_6 XW_6 + Ep Y_{Ep}$$

$$MR = 9.19(1.49) + 12.04(2.56) + 9.73(2.35) + 8.9(3.25) + \\ 6.79(4.30) + 0(3.75) + 6.75(0.5)$$

$$MR = 128.98 \text{ Ton-m (Momentos Restituidores)}$$

$$MA = Ea Y_{Ea} + Edh Y_{Edh} + Edvt Y_{Edvt}$$

$$MA = 10.20(2.0) + 4.59(3.60) + 1.02(2.00)$$

$$MA = 38.96 \text{ Ton-m (Momentos Actuantes o motores)}$$

10) Determinar la excentricidad

$$e = \sqrt{\frac{MR - MA - \frac{1}{2} FVT * B}{FVT}}$$

$$e = \sqrt{\frac{128.98 - 38.96 - \frac{1}{2} (46.65) * (4.7)}{46.65}}$$

$$e = 0.42$$

11) Determinar la carga máxima admisible y las cargas impuestas

$$q_{\max} = \frac{FVT}{B} \left(1 + \frac{6e}{FVT} \right)$$

$$q_{\max} = \frac{46.65}{4.7} \left(1 + \frac{6(0.42)}{46.65} \right)$$

$$q_{\max} = 15.26 \text{ Ton/m}^2 \text{ (Carga máxima aplicada en el suelo)}$$

$$q_u = C N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qc} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

C = cohesión del suelo de cimentación

Q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

γ = peso específico del suelo de cimentación

B = ancho de la cimentación

F_{cd},f_{qd},f_{rd} = factores de profundidad

F_{ci},f_{qi},f_{ri} = factores por inclinación de carga

N_c,N_q,N_r = factores de capacidad de carga

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) e^{\pi \tan 30}$$

$$N_q = 18.40$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_c = (18.40 - 1) \cot(30)$$

$$N_c = 30.14$$

$$q = \gamma D_f$$

$$q = 1.7(1.5)$$

$$q = 2.55 \text{ Ton/m}^2$$

$$N\gamma = 2(Nq + 1)\tan\phi$$

$$N\gamma = 2(18.40 + 1)\tan(30)$$

$$N\gamma = 22.40$$

$$Bb = B - 2e$$

$$Bb = 4.7 - 2(0.42)$$

$$Bb = 3.86\text{ m}$$

$$fcd = 1 + 0.4\left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$fcd = 1 + 0.4\left(\frac{1.5}{4.7}\right)$$

$$fcd = 1.13$$

$$fqd = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$fqd = 1 + 2 \tan(30) (1 - \sin(30))^2 \left(\frac{1.5}{4.7}\right)$$

$$fqd = 1.10$$

$$F\gamma d = 1$$

$$F\gamma d = 1$$

$$F\gamma d = 1$$

$$Y = \tan^{-1}\left(\frac{Ea}{FVT}\right)$$

$$Y = \tan^{-1}\left(\frac{10.20}{46.65}\right)$$

$$Y = 12.33$$

$$f_{ci} = f_{qi} = \left(1 + \frac{y}{90}\right)^2$$

$$f_{ci} = f_{qi} = \left(1 + \frac{12.33}{90}\right)^2$$

$$f_{ci} = f_{qi} = 0.74$$

$$f_{\gamma i} = \left(1 + \frac{y}{q}\right)$$

$$f_{\gamma i} = \left(1 + \frac{12.33}{2.55}\right)$$

$$f_{\gamma i} = 0.35$$

Retomando la formula de la capacidad de carga última:

$$q_u = C N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qc} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 0(30.14)(1.13)(0.74) + 3(18.40)(1.09)(0.74) \\ + \frac{1}{2} (2.0)(4.7)(22.40)(1.0)(0.35)$$

$$q_u = 81.41 \text{ Ton/m}^2$$

12) Determinar el factor de seguridad al volteo

$$FSV = \frac{MR}{MA}$$

$$FSV = \frac{128.98}{38.96}$$

$$FSV = 3.31$$

13) Determinar el factor de seguridad al deslizamiento

$$FSD = \frac{FR}{FA}$$

$$FSD = \frac{23.73}{15.81}$$

$$FSD = 1.50$$

14) Determinar el factor de seguridad a la capacidad de carga del suelo

$$FS_{cg} = \frac{q_u}{q_{\max}}$$

$$FS_{cg} = \frac{81.41}{15.26}$$

$$FS_{cg} = 5.34$$

APENDICE 2 LA FALLA O ROTURA EN LOS MUROS DE RETENCION

En los muros de retención, las fallas o roturas se explican como el resultado de la acción de factores como la lluvia en la época invernal, que humedece el suelo superficial y el subsuelo hasta saturarla, provocando el debilitamiento de las masas de suelo internamente; los efectos dinámicos provocan no sólo el daño de la estructura sino la inestabilidad y la inseguridad; la imposición de sobrecargas contribuye a la inestabilidad y genera grandes riesgos y pérdidas a las personas.

Las estructuras de retención o muros de cualquier tipo, según el fin que estos cumplan, pueden ser dañadas por efectos propios del peso, la carga y la sobrecarga, los efectos dinámicos fortuitos, locales y regionales, como los sismos, otros “permanentes” como el tráfico vehicular, también factores antrópicos y climáticos causan rotura de los muros tales como grandes árboles que han crecido a la par de estos con fines ornamentales.

Generalmente, son los empujes activos los que ejercen las mayores acciones que provocan grietas, fallas, roturas o la inestabilidad de la estructura en cuanto existan factores que hagan que estos se incrementen así como los cambios cíclicos en el tiempo en la existencia de la estructura, tal como se ilustra en la figura AP.2.1.



Figura AP.2.1a

Indica la actividad incidente, de los empujes activos en el tiempo y la contribución del efecto gravitatorio sobre la masa del suelo y muro.

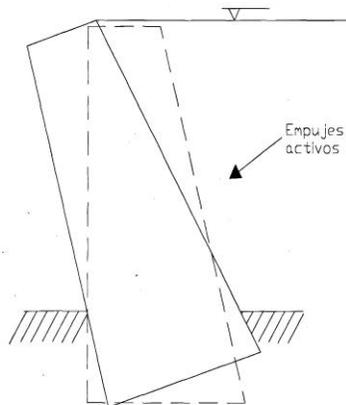


Figura AP.2.1b

Efecto de giro por los empujes de la masa de suelo, en la existencia del muro de retención.

El agrietamiento o rotura en el cuerpo del muro se manifiesta en los espesores del mortero que liga los bloques de la mampostería en el caso de la piedra y los bloques prefabricados, y en el concreto es en la masa endurecida o petrificada; sin embargo, la piedra o los bloques de la mampostería a la vez, pueden cortarse en la tendencia de la grieta o rotura, según ocurran los esfuerzos que se generen internamente en el muro.

Los daños por funcionamiento o por alguna causa diferente a este que causan los empujes pueden ocurrir en cualquier punto de la estructura el cual está relacionado con el diseño, la construcción o ambas, y factores inherentes a este como el antrópico por vandalismo o grandes raíces de árboles que han

crecido muy cerca del muro. Los tipos de daños pueden ser, grietas verticales, diagonales u horizontales con aberturas de hasta unos 5cm a 10cm y sus longitudes son variables generalmente en zig-zac; roturas, quebraduras o cuarteamientos que denotan la desconformación geométrica de la estructura hasta quedar parcialmente como testigo de la existencia de ella; desplazamientos o giros según la forma que la inestabilidad llegue entre suelo y muro, estos son, deslizamientos horizontales en la base, hundimientos, verticalmente, en la base, giro horario o antihorario al separarse de la verticalidad el cuerpo del muro.

Algunos tipos de daños en distintos tipos de muros se indican en las figuras de la N° AP.2.2 a la N° AP.2.6.

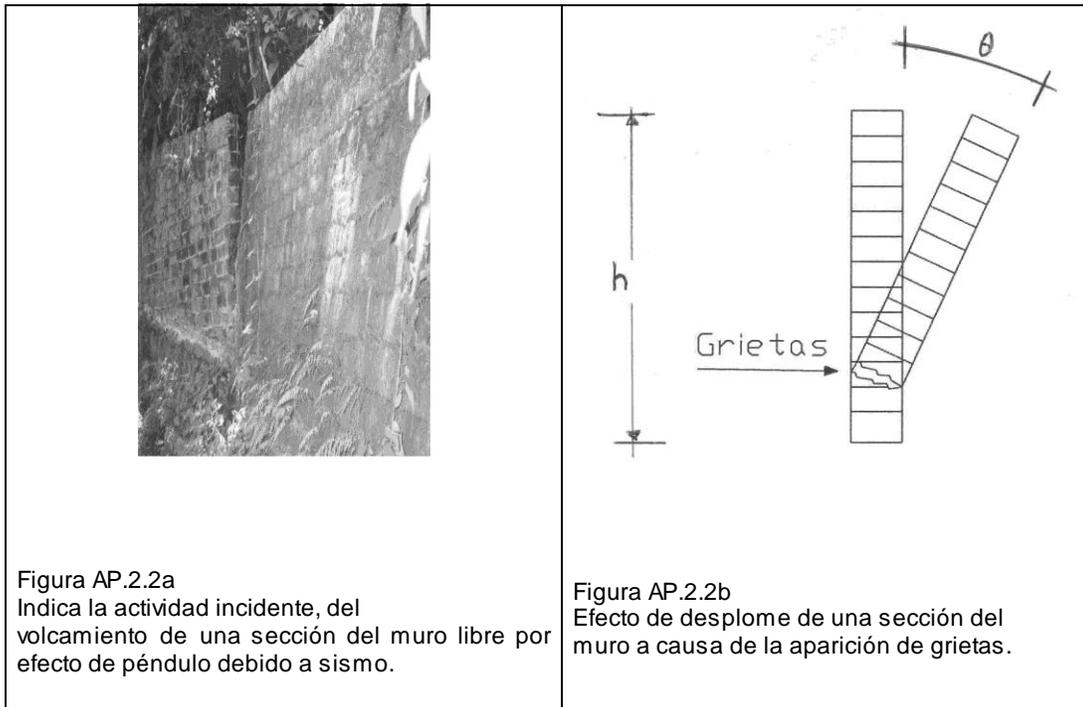




Figura AP.3.1a
Indica la actividad incidente, de los efectos de árboles cercanos a los muros

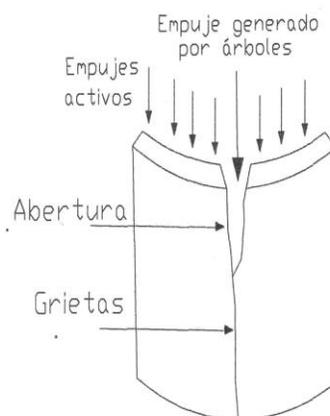


Figura AP.3.1b
Efecto de la abertura del muro debido a los empujes activos y a los generados por raíces de árboles



Figura AP.4.1a
Indica la actividad incidente, concentración local de esfuerzos entre la cimentación y el muro en un punto de desligue.

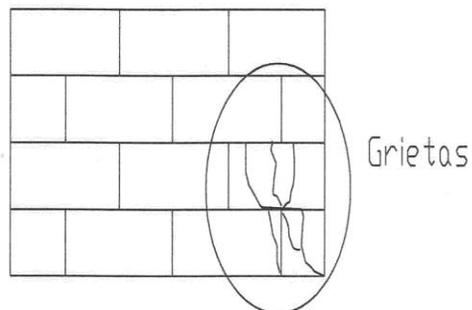


Figura AP.4.1b
Agrietamiento del muro en el espesor del mortero de unión y en los bloques, en la tendencia de las grieta.



Figura AP.5.1a
Indica la actividad incidente, de los empujes a través del tiempo y de las zonas críticas del muro como lo son las esquinas curvas o rectas provocando volteo.

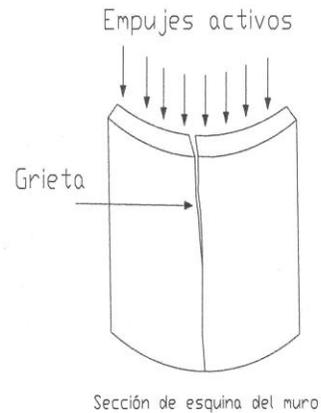


Figura AP.5.1b
Efecto de agrietamiento vertical y volteo en una zona crítica del muro y esquina curva, debido a los empujes de la masa de suelo.

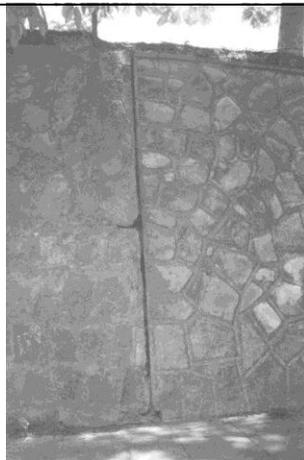


Figura AP.6.1a
Indica la actividad incidente, de los empujes activos y de el desligue de las secciones del muro.

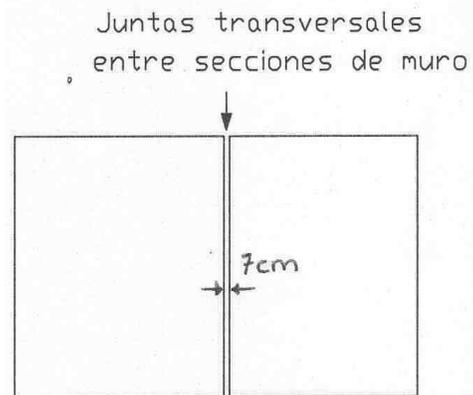


Figura AP.6.1b
Efecto de desligue de dos secciones del muro, y la presencia de junta transversal para evitar el fallo total.

De la experiencia encontrada en muros construidos que están funcionando sometidos a empujes activos, se puede acotar respecto a grietas, fallas, roturas o inestabilidad al interactuar suelo y muro, lo siguiente:

El diseño o construcción inadecuada de los muros, generalmente se manifiesta en daños en la estructura; se desconforma la geometría o se provoca el cambio de posición de la estructura respecto a la original cuando fue emplazada. Se pone en riesgo las buenas condiciones de la población.

Los daños en los muros son grietas, roturas o reventaduras, desplazamientos o giros, debido a la severidad de las cargas o los empujes, así como factores climáticos o fuerzas fortuitas generadas por temblores o sismos.

A menudo se encuentran muros con secciones no desligadas que han fallado en grandes grietas o roturas, generalmente en el cuerpo de las esquinas, esto debido a las secciones adoptadas en el diseño y a la falta de juntas, lo que genera puntos de falla inducida para grietas transversales que conllevan a la falla del muro. Este fenómeno de desligue de las diferentes secciones del muro también es causado por la adopción de carteles muy largos, secciones de muro con juntas muy distantes o sin ellas y zonas críticas como las esquinas y puntos donde el muro cambia de dirección sin juntas, ya que la observación en distintos muros que están contruidos llevan a concluir que estas zonas son críticas y es donde comúnmente se dan las fallas, por concentración de esfuerzos generados por los empujes activos sobre el muro debido a la acción del suelo de retención y a demás factores que están contribuyendo a aumentar cada vez los empujes activos.

El vandalismo es un factor que afecta a los muros. Este factor antrópico si bien es cierto no afecta ni genera fallas en los muros como las provocadas por los empujes activos, es capaz de hacer que la estructura falle si los daños causados son tales que afecten la condición de estabilidad estructural del muro.

La construcción de juntas transversales en los puntos de esquinas o donde el muro cambie de dirección, la buena distribución de las secciones del muro, el adecuado proceso constructivo y el buen diseño en función de los empujes disminuirán o preverán la posibilidad de aparición de grietas o roturas que luego provocan la falla del muro, ya que siempre existen otros factores antrópicos, climáticos, naturales como los árboles que crecen cercanos a estos que pueden generar daño en los muros.

Es importante que en los muros de retención, el diseño y la construcción hayan previsto la mejor forma de absorber o disipar los empujes activos, principalmente, y las fuerzas o fuerzas fortuitas como el sismo; esto es, a través de drenajes adecuados, juntas de construcción a cada cierta longitud, desligues en puntos críticos como esquinas en curva, sección transversal mejoradas en partes de muros largos que así lo requieran o los muy sobrecargados, aumentando, reforzando o anclando la posición correspondiente; es decir que se busque seguridad y estabilidad, económicamente.