UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA DE POSTGRADO

IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EJECUCIÓN, DE LA PRESA DE TIERRA LACHOG, RECUBIERTA CON GEOSINTÉTICOS EN LA REGIÓN ANCASH, EN EL AÑO 2012.

Tesis para optar el grado de Maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención en Dirección de la Construcción.

CARLOS ALBERTO TERÁN LOLI.

Asesor: Mag. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA.

Huaraz – Ancash – Perú
2016

Nº. Registro: T0482

“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”

ESCUELA DE POSTGRADO

IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EJECUCIÓN, DE LA PRESA DE TIERRA LACHOG, RECUBIERTA CON GEOSINTÉTICOS EN LA REGIÓN ANCASH, EN EL AÑO 2012.

Tesis para optar el grado de Maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención en Dirección de la Construcción.

CARLOS ALBERTO TERÁN LOLI.

Asesor: Mag. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA.

Huaraz – Ancash – Perú
2016

Nº. Registro: T0482

MIEMBROS DEL JURADO

Magíster **Miguel Ronald Corrales Picardo** **Presidente**

_____

Magíster **Víctor Raúl Villegas Zamora** **Secretario**

_____

Magíster **Elio Alejandro Milla Vergara** **Vocal**

_____

ASESOR

Magíster **Elio Alejandro Milla Vergara**

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD SANTIAGO ANTÚNES DE MAYOLO, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Asesor de tesis, Mg. Elio Alejandro Milla Vergara por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, gracias por su enseñanza y sobre todo por su amistad.

.

ÍNDICE

RESUMEN vii
ABSTRACT x
I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETIVOS: 2
1.1.1. Objetivo General: 2
1.1.2. Objetivos Específicos: 2
1.2. HIPÓTESIS: 2
1.2.1. Hipótesis general 2
1.2.2. Hipótesis específicas 2
1.2.3. Variables 2
II. MARCO TEÓRICO 2
2.1. Antecedentes 3
2.2. Bases teóricas 9
2.2.1. Proceso constructivo para la cimentación de una presa de tierra. 9
2.2.2. Control de calidad en material de cantera para la construcción de una represa de tierra. 15
2.2.3. Geosintéticos. 19
2.3 Definición de términos 27
III. METODOLOGÍA 32
3.1. Tipo y diseño de investigación 32
3.2. Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico 32
3.2.1. Población 32
3.2.2. Muestra 32
3.3. Instrumentos de recolección de información 32
3.4. Plan de procesamiento y/o análisis estadístico de la información 33
IV. RESULTADOS 34
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 79
VI. CONCLUSIONES 82

VI. RECOMENDACIONES 88
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del número de presas y capacidad de almacenamiento de los embalses en el Perú 6
Figura 2: Deformaciones de carga – asentamiento – tiempo para una precarga con remoción total 10
Figura 3: Terraplén sobre suelo blando poco permeable, sin drenes y con drenes verticales 12
Figura 4: Utilización de zanjas drenantes y columnas de grava 14
Figura 5: Las principales secuencias del proceso de soldadura y la temperatura de fusión en tubería HDPE lisa…… …51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas de investigación de ensayos de campo norma técnica E.050 ….....15
Tabla 2: Aplicaciones y limitaciones de ensayos campo norma técnica E.050 …. 17
Tabla 3: Ensayos de laboratorio norma técnica E.050 ……..…....18
Tabla 4: Granulometría para material de prestamo compactado ……41
Tabla 5: Requisitos básicos del material de préstamo compactado ……..…….. 42
Tabla 6: Ensayos y frecuencias para el material de préstamo compactado ….……. ...43
Tabla 7: Propiedades físicas de la tubería HDPE lisas (Resina PE80)……..... ...46
Tabla 8: Propiedades físicas de la tubería HDPE lisas (Resina PE100)……..…….....47
Tabla 9: Melt Flow Rate……..…….... ..49
Tabla 10: Parametros de soldadura de tuberías HDPE lisas……..……..……...50
Tabla 11: Suministro e instalación de geotextil no tejido de 200 y 400 g/m2.....……..58
Tabla 12: Suministro e instalación de geomembrana LLDPE, e= 1.5 mm…….....….60
Tabla 13: Suministro e instalación de geomembrana LLDPE, e= 2.0 mm…….....…...61
Tabla 14: Tensión mínima aceptable geomembrana LLDPE…….……..... .66
Tabla 15: Contrastación de hipótesis especificas …….. 81
Tabla 16: Mejoras de las partidas principales en la ejecución de la represa de tierra …….....84

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo por objetivo desarrollar una propuesta de ingeniería para obtener un manual del procedimiento constructivo y especificaciones técnicas de las partidas más importantes en la ejecución del proyecto: Construcción de la represa de tierra Lachog ubicada en el distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi, región Ancash.

Este trabajo tuvo el enfoque de estudio netamente descriptivo, la muestra estudiada fue el proyecto: Construcción de la represa de tierra Lachog, en la cual se utilizó la prueba estadística descriptiva - binomial para el análisis de los datos y el contraste de la hipótesis.

En los resultados de la siguiente investigación se implementó el manual de ingeniería de las especificaciones técnicas y el proceso constructivo de las partidas más importantes en la ejecución de la presa de tierra Lachog y éstas fueron: Movimiento de tierras, relleno compactado con material de préstamo, suministro e instalación de tubería HDPE lisa y sólida/perforada, relleno de grava limpia T.M= 2"/ cama de arena para tuberías, perfilado de taludes para la instalación de geosintéticos, acondicionamiento de material eliminado en botaderos, geosintéticos, suministro e instalación de gavión caja y gavión colchón, obras de concreto, suministro e instalación de piezómetros – inclinómetros finalmente y plan de manejo ambiental, obteniendo mejoras importantes en la calidad de ejecución de obra del proyecto elegido.

Al finalizar la investigación se obtuvo tres conclusiones y éstas fueron: Se detectó graves deficiencias en temas de calidad de obra en el proceso constructivo y especificaciones técnicas en el expediente técnico del proyecto, se planteó las mejoras y se obtuvo el manual de construcción de la represa de tierra Lachog, según el D.S. N° 184-2008-EF en el anexo N° 21 y la ley legislativa N° 1017 y finalmente se realizó la comprobación de los resultados in situ concluyendo que la hipótesis planteada fue verdadera.

Palabras clave: Presa de tierra, proceso constructivo, especificaciones técnicas y geosintéticos.

ABSTRACT

This present study to investigation had for objective develop a proposal of engineer to obtain a construction procedure manual and technical specifications of the most representative items what secure the quality of execution of project in the construction of the earth dam Lachog located in the Chingas district, Antonio Raimondi province, Ancash department.

This research work thesis had the purely descriptive approach, the sample studied was the project: Construction of the dam Lachog, in which it was used the descriptive- binomial statistics for the data analysis and hypothesis testing.

In the results of the investigation they were implemented the guidelines main items and these are: Preliminary work, temporary works, excavation, compacted fill with material loan, HDPE pipe supply and installation lisa and solid / perforated, fill clean gravel TM = 2 "/ sand bed for pipes, shaping of slopes for installation of geosynthetics, conditioning material removed in dumps, geosynthetics, supply and installation of gabion box gabion and gabion mattress, concrete works , supply and installation of piezometers – inclinometers, concrete works and finally environmental management plan.

To the finished of the investigation it has three conclusions and detected serious deficiencies in subject the quality assurance in the construction process and technical specifications, it was proposed the improvements in the construction process and technical specifications of the earth dam Lachog according the D.S. N° 184-2008-EF in the annexed N° 21 and the legislative law N° 1017 and finally check is performed of the results in situ getting quality improvements of the project construction of the earth dam Lachog and it is concluded that the raised hypothesis is true.

Keywords: Earth dam, constructive process, technical specifications and geosynthetics.

I. INTRODUCCIÓN

En la región Ancash se ubica uno de los mayores potenciales en recursos hídricos del Perú y éstos en la actualidad no se vienen aprovechando eficientemente en gran porcentaje. Es por esta deficiencia, la necesidad de la construcción de infraestructura que permita el almacenamiento del recurso hídrico en cantidades considerables para darles un mejor uso adecuado y eficaz. Es de ahí que nacen los proyectos de construcción de una represa de tierra que son estructuras versátiles en costos y tiempo que pueden almacenar grandes cantidades de agua con fines de agricultura, hidroeléctrica, consumo humano entre otros.

El proyecto escogido como tema de estudio se denomina: "Construcción de la represa Lachog impermeabilizado con geosintético", ésta constó de la ejecución de las siguientes partidas principales: 01 dique de tierra impermeabilizado con geotextil y geomembrana protegido con colchones antisocavantes en corona y pie de dique, 01 toma y salida de explotación de tubería PVC SAP C-10 d=12", 01 vertedero de demasías de concreto armado f'c=210 kg/cm^2, 01 caseta y caja de válvula de d=12", 01 tanque de amortiguación de concreto armado f'c=210 kg/cm^2, mitigación de impacto ambiental y finalmente capacitación en el uso y manejo de agua e infraestructura de riego.

Está represa fue diseñada para almacenar un volumen de 855,134.40 m^3 de agua de escorrentía superficial y con un caudal de diseño de 420 l/s, según balance hídrico y cédula de cultivo; este proyecto es el más grande de la provincia de Antonio Raimondi y beneficia a 620 ha de cultivo agrícola que en su mayoría se dedican a la producción de choclo de exportación.

Es por esta razón, en particular, que esta investigación se orienta a desarrollar una propuesta de lineamientos en el proceso constructivos y especificaciones técnicas de las partidas más representativas en la construcción de la represa de tierra Lachog con la finalidad de asegurar la calidad de obras similares en la región Ancash.

1.1. OBJETIVOS:

1.1.1. Objetivo General:

- Desarrollar una propuesta de implementación de lineamientos en el proceso constructivos y especificaciones técnicas de las partidas más representativas en la ejecución de la represa de tierra Lachog, ubicada en el distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi, región Ancash, con la finalidad de asegurar la calidad de ejecución de obra.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Analizar el expediente técnico del proyecto, exclusivamente en el capítulo de especificaciones técnicas y proceso constructivo de la represa de tierra Lachog, para comparar lo ejecutado con lo proyectado.
- Plantear las mejoras en las especificaciones técnicas y proceso constructivo del expediente técnico de la construcción de la represa de tierra Lachog, en base a la bibliografía y antecedentes encontrados sobre el tema.
- Validar los resultados in situ de forma descriptiva, con la finalidad de que esta metodología planteada permita asegurar la calidad en la ejecución de obra.

1.2. HIPÓTESIS:

1.2.1. Hipótesis general

- Con la adecuada implementación de un proceso constructivo y especificaciones técnicas en la construcción de presas de tierra Lachog recubierta con geosintéticos, se mejora la calidad de ejecución de obra.

1.2.2. Hipótesis específicas

- Con el análisis del expediente técnico se verifica si las especificaciones técnicas y el procedimiento constructivo elaborados por el proyectista, corresponden al entorno del proyecto.

1.2.3. Variables

a) Variable independiente:

- Implementación de un proceso constructivo en la construcción de presas de tierra recubierta con geotextil y geomembrana.

b) Variable dependiente:

- Mejorar la Calidad de ejecución de obra reduciendo costos y tiempo programados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Control de Calidad en la represa de tierra las Tres Gargantas, que pertenece a la república popular de China y es la represa más grande del mundo, construida en el 2010.

La represa de tierra las Tres Gargantas esta ubicada en el curso del río Yangtsé en China. Esta presa provee de recurso hídrico a la planta hidroeléctrica más grande del mundo, superando holgadamente a la de Itaipú sobre el río Paraná (Brasil-Paraguay), la cual quedó relegada al segundo lugar y a la del embalse de Guri (Venezuela) al tercer lugar. (Según Egúsquiza economistas, 2009, 25).

La presa mide 2,335 metros de longitud de corona y 185 metros de altura e incluye una compuerta capaz de manipular barcos de hasta 3.000 toneladas. Desde tiempos inmemoriales, el río sufría inundaciones masivas de sus orillas cada diez años y sólo en el siglo XX, según las autoridades chinas, murieron unas 300.000 personas por culpa de este fenómeno. La presa está diseñada para evitar estos sucesos y mejorar el control del cauce del río, y para proteger a más de 15 millones de personas que viven en sus márgenes. (Según Egúsquiza economistas, 2009, 45).

La presa de las Tres Gargantas, en la actualidad, ostenta el título de "la mayor represa de generación de energía del mundo". Hasta hace poco la más grande era la represa de Itaipú, ubicada entre Paraguay y Brasil, pero la presa china hoy genera energía mediante la utilización de 26 turbinas, más 8 unidades en construcción (6 × 700 MW, 2 x 50 MW); cada una de las unidades operativas actuales tiene una capacidad de 700 MW, sumando una capacidad instalada total de 18.200 MW (Itaipú 14.000 MW). A lo largo del año 2011, tuvo lugar una ampliación que llegó a alcanzar una capacidad de 22.500 MW. (Según Egúsquiza economistas, 2009, 22).

Proceso constructivo en la represa de tierra Poechos, construida por Energoprojekt y supervisada por Binnie & Partners corporación peruana de ingeniería S.A. La presa de tierra Poechos, está ubicada en el cauce del río Chira a 40 Km al noreste de la

ciudad de Sullana en el Perú. Es una presa de tierra de tipo terraplenado con una altura máxima de 48 m. y con cota en la corona de la presa de 108 m s. n. m.

La integran: el dique principal que cierra el lecho del río Chira, los diques laterales izquierdo y derecho; formando un embalse de 1,000 MMC de capacidad. La represa de tierra de Poechos es la más grande del Perú. (Según Energoprojekt, 2008, 87).

Para la construcción de la presa se emplearon de relleno 18 MMC de tierra de 14 tipos de materiales diferentes, y se excavaron 9.2 MMC. En las obras de concreto armado, se emplearon 401,000 m^3 de hormigón. La estabilidad de la presa está garantizada por el estudio geotécnico realizado, y las medidas correctivas llevadas a cabo antes y después de la construcción. (Según Energoprojekt, 2008, 92).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PRESA DE TIERRA POECHOS		
Año de Construcción	:	1972
Inicio de Operación	:	1976
Vida útil	:	50 años
Altitud	:	108 m s. n. m.
Tipo	:	Presa de Tierra
Altura	:	48 m
Longitud de la corona	:	11 km
Volumen de diseño	:	1000 MMC
Cota máxima de operación	:	103
Volumen operativo en la cota 103	:	885 MMC
Superficie del espejo de agua al 100% de su capacidad original	:	62 km^2
Superficie del espejo de agua al 60%	:	47 km^2
Capacidad de descarga	:	5.500 m^3/Seg.
Área bajo riego	:	81,800 ha.
VALLE DEL CHIRA 37,000 ha.		
VALLE DEL MEDIO Y BAJO PIURA 44,800 ha		

Fuente: ***ENERGOPROJEKT, 2008.***

La operación de la represa de tierra Poechos se realiza en base a un procesamiento de datos hidrológicos de la cuenca y a las demandas de los planes de cultivo y riego de los valles Chira y Piura. El embalse permite controlar avenidas y descargas máximas en el río Chira, para que no se produzcan desastres en las partes bajas. El nivel normal de operación es la cota 103 m s. n. m. con el cual se forma un espejo de agua de 63.1 km^2. La masa de agua almacenada es utilizada básicamente para fines agrícolas, hidroenergéticos y pesqueros.

Actualmente abastece de agua a través del canal de derivación para el funcionamiento de la central hidroeléctrica "CURUMUY" ubicada en el km 54 del canal de derivación, y en un futuro inmediato se atenderá a la central hidroeléctrica POECHOS I actualmente en construcción. (Según Energoprojekt, 2008, 92).

Desarrollo histórico, tipología, inventario y técnica de las presas de tierra en el Perú.

Relata que al final del siglo XX, en el Perú, existía menos de 10 presas de tierra construidas, de las cuales aún muchas se encuentran en operación hasta la actualidad. El almacenamiento creado por éste pequeño número de presas fue de 80 x 106 m^3. En los inicios del siglo XX el gobierno peruano lleva a cabo muchos planes de desarrollo con propósitos de irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico. De esta manera al final de 1960 fueron construidas alrededor de 28 nuevas presas y la capacidad de almacenamiento había sido incrementada a 810 x 106 m^3 en 60 años. Conforme al inventario efectuado por ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales), hoy en día llamado INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales), en su segunda aproximación del año 1980, hacia 1975 se disponían alrededor de 2000 x 106 m^3 de total de capacidad de volumen de almacenamiento en las presas de tierra del Perú, correspondiente a 23 embalses (sin incluir presas derivadoras y/o barrajes). Oficialmente, éste fue el primer y último inventario detallado con respecto a volúmenes de almacenamiento de los embalses llevado a cabo en el Perú, sin considerar información referente a las presas, tipología, obras conexas, etc. (Según Alvarado, revista de obras públicas, 2015, 210).

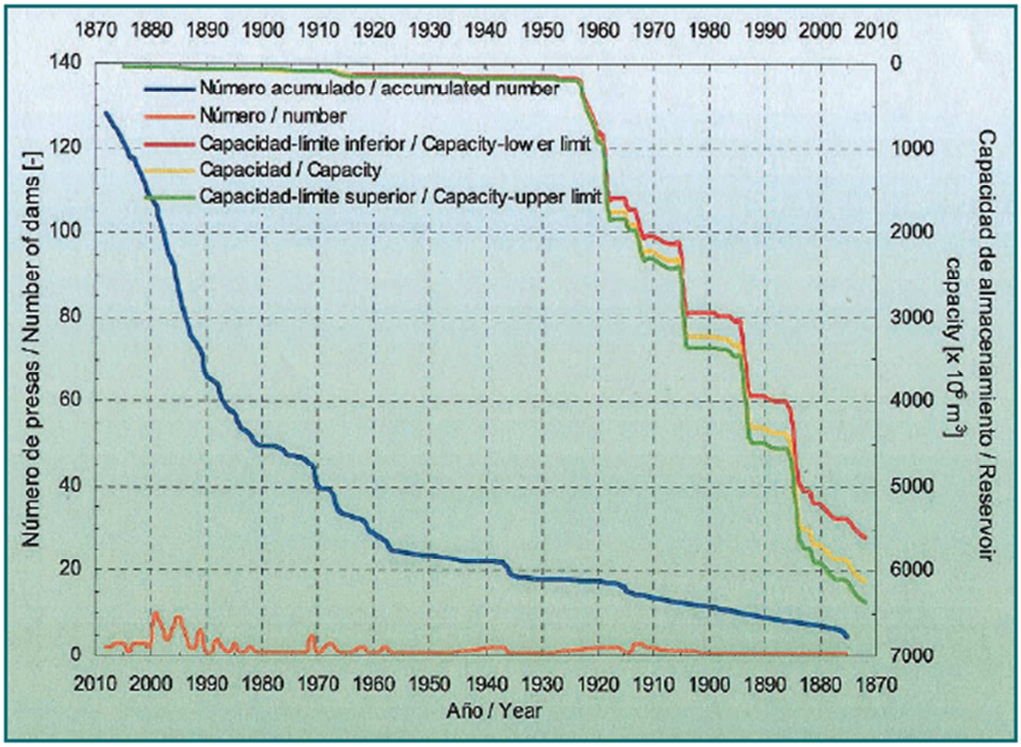
A pesar de éste lento incremento en la capacidad de almacenamiento artificial y el aumento de la tasa de nacimiento de habitantes, las demandas de agua habían sido controlados y satisfechos hasta el principio de los años 60. El incremento acelerado de la tasa de habitantes por km^2 viviendo en las principales ciudades obliga a los gobiernos a reforzar las capacidades de almacenamiento y en consecuencia se produce un rápido incremento en la construcción de presas en el período comprendido entre los años 1960 y 1990. (Según Alvarado, revista de obras públicas, 2015, 157).

Al final de los años 80, el número de presas se ve incrementado por un factor de 2.2 y la capacidad de almacenamiento se incrementa en cinco veces. Actualmente, después de 17 años el incremento en el número de presas construidas ha pasado de 65, al final de la década de 1990, a 94 al final del siglo XX y en hoy por hoy se llega a 128, y la capacidad total de almacenamiento se ha visto incrementada en 1770 x 106 m^3. Este inventario

efectuado por el autor del número de presas y capacidad de almacenamiento de los embalses ha dado como resultado un número total de presas de alrededor de 128 obras de retención y un volumen de almacenamiento actual en los embalses de aproximadamente 6120 x 106 m^3. (Según Alvarado, revista de obras públicas, 2015, 98).

Figura N° 01

Evolución del número de presas y capacidad de almacenamiento de los embalses en el Perú, durante el período 1875-2010.



Fuente: Alvarado, Revista de Obras Públicas, 2013.

El gráfico describe la evolución de las presas en el Perú, comprendida entre los años de 1870 y 2010 con indicación del número de presas construidas y capacidad de almacenamiento de los embalses creados por década, la cual da como resultado que cada año en nuestro país se concluye en promedio una presa y se incrementa la capacidad de almacenamiento anualmente en 51 x 106 m^3.

Ubicación de las presas y embalses peruanos por regiones.

Las presas y embalses peruanos se distribuyen en la costa, sierra o cordillera andina y selva alta. Como es evidente, el Perú dispone de mayores nevados, lagunas y caídas para el caso de aprovechamientos hidroeléctricos. En la cordillera andina, la mayor cantidad de

presas y embalses se ubican en ésta región. El 83% de las presas y embalses se ubican en la sierra, y sólo el 13% y 4 % se ubican en la costa y selva alta respectivamente. Sin embargo es importante mencionar que los cuatro principales embalses del Perú, con volúmenes útiles iniciales de vida, Poechos (885 x 106 m^3), Gallito Ciego (400 x 106 m^3), Tinajones (317 x 106 m^3) y San Lorenzo (250 x 106 m^3), que hacen un total de 1860 x 106 m^3 se encuentran localizados en la costa peruana y equivalen al 30% de la capacidad total de almacenamiento artificial disponible. El embalse más grande con volumen útil ubicado en la cordillera andina es Lagunillas (500 x 106 m^3), seguido por Pasto Grande (145 x 106 m^3), Aricota (Actualmente con sólo 140 x 106 m^3), El Frayle (127 x 106 m^3), Sibinacocha (116 x 106 m^3), El Pañe (100 x 106 m^3) y Pillones (80 x 106 m^3), el resto son embalses con volúmenes útiles inferiores a 50 x 106 m^3. El volumen de los embalses ubicados en la selva alta es muy inferior al 1% del total que ha sido estimado alrededor de 6120 x 106 m^3. (Según Alvarado, revista de obras públicas, 2015, 54).

Tesis post grado denominada: "Construcción de una presa de materiales sueltos en la región de Arequipa". (Según Murillo Perea, Pontificia universidad Católica del Perú, Lima, 2012).

En el presente estudio de investigación se verificó la calidad de los materiales y del procesos constructivo del proyecto: "Construcción de presa de tierra entre los cerros Yanaorco y Paltaorco, Polobaya -Arequipa", y esto se verificó en tres alternativas de presa dentro de un esquema hidráulico optimizado del proyecto, que asegure el logro de sus metas con indicadores de rentabilidad positivos, así como la justificación técnica y económica para la continuación de su construcción de tierra entre los cerros Yanaorco y Paltaorco. Las alternativas evaluadas fueron las siguientes:

Alternativa Nº 1:

Construcción de una presa de tierra de 26.5 m de altura compuesta de una pantalla de material de tierra impermeable en talud aguas arriba, uña de cimentación (5 m de profundidad mínima), del mismo material impermeable, pantalla de enrocado y/o inyecciones de impermeabilización, delantal o capa de material de tierra impermeable de 1m a 2 m de espesor y 50 m de longitud.

Alternativa Nº 2:

Construcción de una presa de tierra de 26.5 m de altura con pantalla de concreto en talud aguas arriba, plinto y pantalla de concreto de 5 m de profundidad, pantalla de enrocado

y/o inyecciones de impermeabilización, y delantal de material de tierra impermeable de 1m a 2 m de espesor y 50 m de longitud. Esta alternativa es análoga a la presa de tierra contenida en el estudio definitivo de la presa san José de Uzuña.

Alternativa Nº 3:

Construcción de una presa de tierra de 31.5 m de altura con núcleo central de material de tierra impermeable con pantalla de inyecciones de impermeabilización. Con la diferencia de la mayor altura de presa, esta alternativa conserva los mismos elementos estructurales y características de cimentación de la presa que estuvo en proceso inicial de construcción, y que originó la presente reformulación del expediente técnico de obra.

Conclusión:

Teniendo como conclusión principal que aplicar un tipo de proceso constructivo adecuado genera un ahorro de tiempo muy significativo sin la necesidad de cambiar algo en el proceso, solo se acoplan sus rendimientos como para que funcionen en perfecta coordinación. Si se hubiese aplicado esta técnica en la represa en varios procesos como por ejemplo la instalación de la geomembrana, se hubiese ahorrado una gran cantidad de días, pero para esta colocación y para emplear estos métodos se tiene que convencer al especialista (el soldador de geomembrana), que esto funciona y que va a rendir frutos.

Tesis de post grado denominada: "Proceso constructivo de la presa de control de avenidas Ortega Guanajuato". *(*Según Pérez Castillo y Palacios Santillán de la escuela superior de ingeniería y arquitectura Azteca. México D.f., 2014).

Sustentaron el siguiente trabajo de investigación, el cual define el proceso constructivo que se llevó durante la ejecución de la presa control de avenidas Ortega Guanajuato, así como también se describe desde los antecedentes del porque se llevó la construcción de este proyecto, estudios que se realizaron, descripción de los datos que se obtuvieron, y las problemáticas que surgieron durante su periodo de ejecución. En este proyecto se obtuvo una metodología para el proceso constructivo de las partidas más representativas a nivel de ejecución de proyectos este tipo de proyectos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Proceso constructivo para la cimentación de una presa de tierra.

a) Optimización de tratamientos de suelos blandos bajo terraplenes –cimentación de la presa de tierra. (Según Zamora Beyk, XIX congreso de ingeniería civil, 2015, 102).

Sustenta que para apoyar terraplenes sobre suelos blandos es necesario diseñar un tratamiento de mejora del terreno que permita acelerar los procesos de consolidación, disminuir los asentamientos y por ende, asegurar la estabilidad de los terraplenes frente al deslizamiento. Entre estos tratamientos de mejora tenemos a la precarga, el uso de drenes verticales, las columnas de grava, entre otros.

Suelos blandos como soporte de terraplenes:

Las construcciones, ya sean vías de comunicación, como carreteras o ferrocarriles, o en las cimentaciones de edificaciones y obras civiles en general. Los suelos deben ser analizados y tratados convenientemente, caso contrario, es de esperarse situaciones no deseadas a corto y largo plazo.

Los suelos blandos ocasionan problemas, principalmente debido a dos factores: su baja resistencia y su alta deformabilidad.

La práctica habitual del diseño de terraplenes sobre arcillas blandas se basa en un modelo simple del comportamiento del terreno arcilloso. Este modelo distingue dos fases:

Durante la construcción del terraplén, la respuesta del suelo no considera el drenaje, debido a la rápida aplicación de carga y a la baja permeabilidad de las arcillas.

Después de la construcción, se produce la consolidación de la arcilla, la cual produce variaciones en las presiones intersticiales, tensiones efectivas y deformaciones.

b) Métodos para mejorar los suelos de cimentación de una presa de tierra.

Precarga (Según OTEO C., Precarga y Drenes Verticales, 2011, 58).

Sustenta que éste método consiste en aplicar una carga igual o superior al del terraplén generalmente sobre suelos blandos, la cual producirá la consolidación que se reflejará en un aumento de la resistencia del terreno y una disminución de los asentamientos después de la construcción. Las labores de precarga no tratan de eliminar los asentamientos sino de inducirlos con anterioridad, cambiando la estructura inicial del

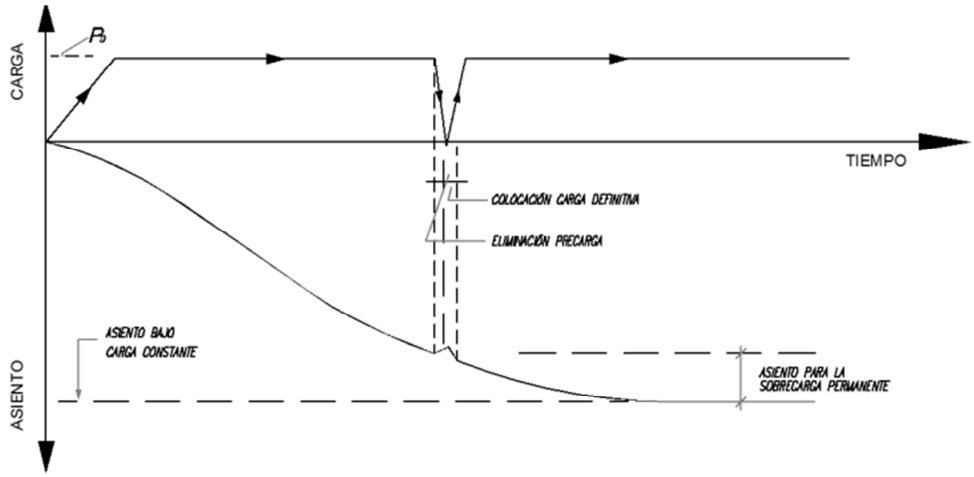
terreno y pasando a otra que responda mejor ante nuevos incrementos de tensiones con menores deformaciones.

Por lo tanto, la finalidad de la precarga es pre-consolidar un suelo blando aumentando su resistencia y disminuyendo los asentamientos para cuando vuelva a ser cargado. Durante el proceso de consolidación se disminuye el contenido de agua, la relación de vacíos y el coeficiente de permeabilidad, y a su vez, se incrementa la resistencia al corte, el módulo de compresibilidad y la resistencia a la penetración.

Este método es aplicable en casi todos los tipos de suelos, secos o saturados. En el caso de los suelos blandos, la presencia de fracción fina desacelera el proceso de consolidación, debido fundamentalmente a su baja permeabilidad y a su menor coeficiente (Cv).

Figura N° 02

Se muestra una gráfica de carga – asentamiento - tiempo para una precarga con remoción total.



Fuente: OTEO C., Precarga y Drenes Verticales, 2011.

Además se tiene que recordar que esta solución sobre suelos blandos debe de tener un coeficiente de seguridad admisible en cualquier fase de carga. En la mayoría de ocasiones, la precarga no se aplica en una sola etapa y el terraplén definitivo es construido por etapas, con el fin de que acabada cada una de ellas, se haya ganado una resistencia que permita aplicar la carga de la siguiente etapa. El método más

usual de precarga es apilar el material de relleno sobre el terreno y dejarlo un cierto tiempo. Luego, el relleno se retira procediendo a la construcción de la nueva obra, éste método se conoce como pre-compresión del terreno.

En el caso específico de terraplenes, se deja una parte parcial del relleno sin retirarlo o se coloca el relleno total. Luego, al material que se retira se le llama sobrecarga, que es una sobre-elevación del terraplén de aproximadamente 10 al 20 % de la altura final. Así una carretera puede construirse con un exceso en altura para producir mayores asentamientos, después de un tiempo se retira la sobrecarga y se construye el pavimento. La resistencia al corte sin drenaje de un suelo blando arcilloso se incrementa a medida que el terreno va consolidando durante el proceso de disipación de las presiones intersticiales generadas por la carga del terraplén. Este incremento se puede cuantificar como un porcentaje de la tensión efectiva que soporta el terreno producto del peso del material que se coloca sobre él. Según Otero C. se ha analizado este fenómeno llegando a la conclusión que el porcentaje de incremento de tensión efectiva que produce el aumento de la resistencia al corte sin drenaje está comprendido entre un 20 y 25 %. En la práctica habitual se considera un valor intermedio de 22.5%.

Drenes verticales (Según URIEL A., Drenes Verticales, 1991, 157).

Sostiene que las arcillas saturadas con coeficientes de consolidación (Cv) muy bajos, deben esperar mucho tiempo para producir la consolidación bajo una precarga. Así para acelerar ésta consolidación y reducir el tiempo de precarga, puede resultar económico mejorar el drenaje del terreno, instalando drenes verticales en el terreno para reducir los caminos del agua hacia zonas más permeables.

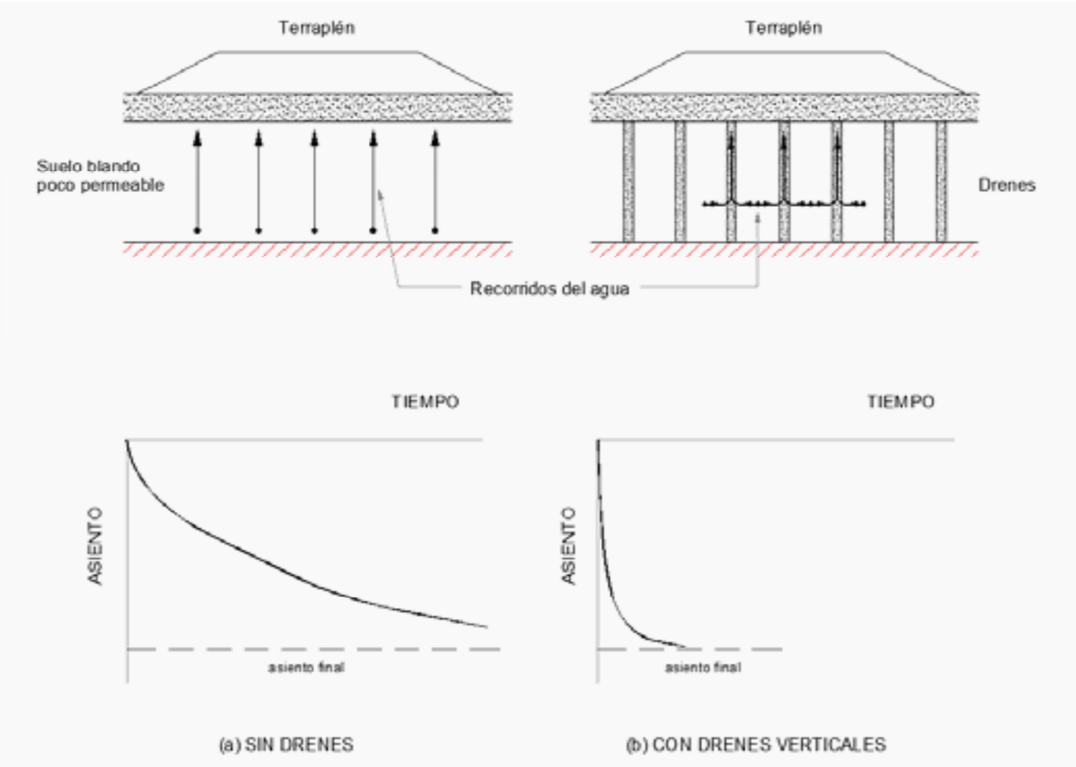
Los drenes verticales son columnas verticales de material permeable instalados en suelos arcillosos compresibles con el fin de drenarlos, recogiendo y evacuando el agua expulsada durante la consolidación. Estos drenes se usan en conjunto a la precarga, y el drenaje natural se suma al drenaje horizontal o radial producido por los drenes verticales y se crean más direcciones para el flujo del agua.

La figura N° 3 muestra la aplicación de los drenes verticales en terraplenes. En la parte izquierda aparece un terraplén construido sobre un suelo blando cohesivo saturado y en su parte inferior se ha representado la evolución de asentamientos con el tiempo, la cual es muy lenta y puede que transcurran años para que se produzca

una parte del asentamiento total. En la parte derecha se ha representado el mismo terraplén con la utilización de drenes verticales y como se aprecia el tiempo de consolidación es mucho menor.

Figura N° 03

Terraplén sobre suelo blando poco permeable, sin drenes y con drenes verticales



Fuente: URIEL A., drenes verticales, 1991.

Los drenes verticales son instalados para añadir un drenaje radial al terreno. Este drenaje radial es el que domina en el proceso de consolidación debido a que la separación entre drenes es menor que la distancia del drenaje vertical. Además el coeficiente de consolidación horizontal (Cr) es mucho mayor que el coeficiente de consolidación vertical (Cv). Como órdenes de magnitud se puede considerar a Cr como de dos a diez veces mayor que Cv.

En la práctica la distancia entre drenes suele ser de 1.5 a 3 metros. Aunque se sugiere para resultados óptimos utilizar una densidad de un dren por cada 1.5 a 2.5 m^2.

Columnas de grava (OTEO C., Columnas de grava, 2011,74).

Otro método para acelerar la consolidación de los suelos blandos son las inclusiones verticales de grava, ya sea mediante zanjas o mediante columnas de grava, ejecutadas con técnicas de vibroflotación, con aportación de grava y sustitución parcial del terreno. Además este método supone un refuerzo adicional para el terreno.

En el caso de terraplenes elevados sobre suelos blandos, se requieren terrenos de mayor resistencia y la introducción de columnas de grava es una de las mejores opciones de mejora del terreno, debido a la rigidización que produce y a la aceleración de la consolidación.

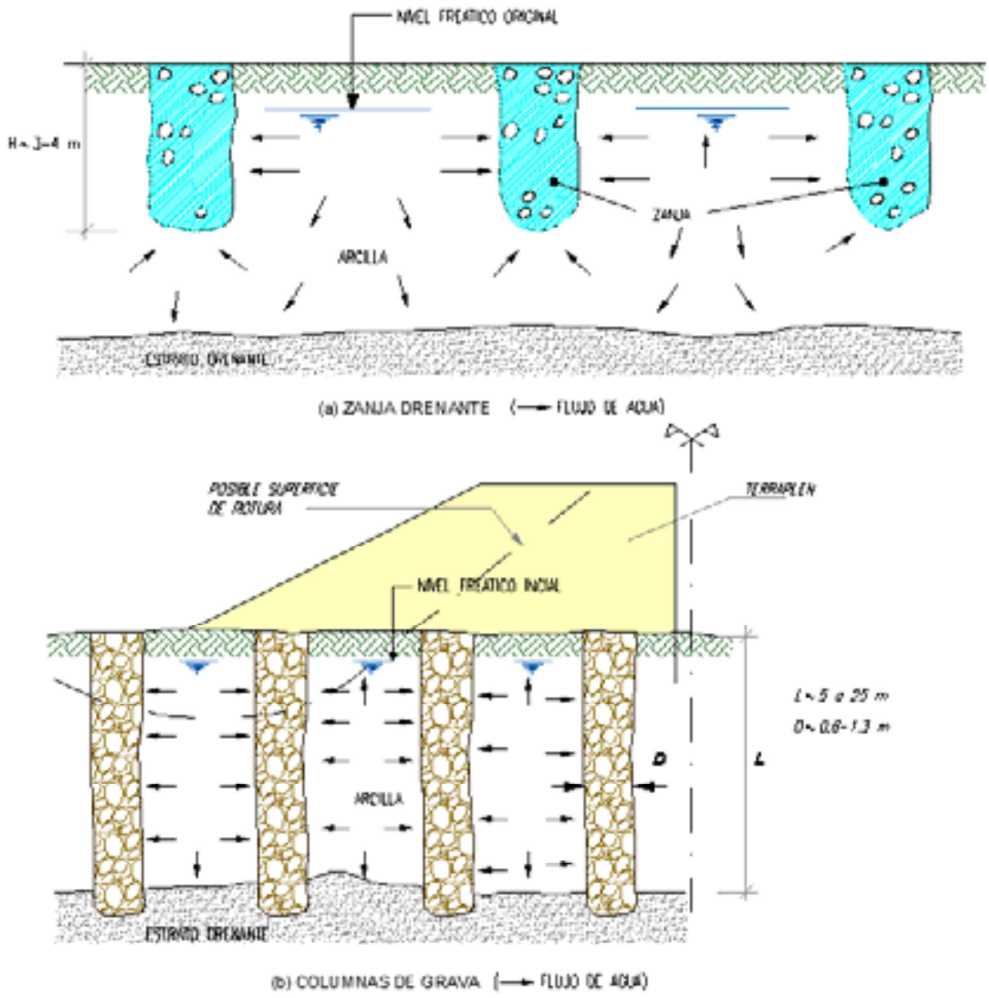
Los objetivos del tratamiento con columnas de grava, son:

- Aumentar la capacidad portante del suelo.
- Reducir asentamientos.
- Acelerar el proceso de consolidación.
- Aumentar la estabilidad al deslizamiento de terraplenes.

Estas columnas constituyen excelentes drenes verticales que aceleran la consolidación bajo la sobrecarga, ya que favorecen la disipación de las presiones intersticiales en el suelo blando. El concepto del tratamiento se basa en tomar el terreno original y sus características fundamentales - es decir, su ángulo de fricción interna (ϕs), su cohesión (cs) y su módulo de deformación (Es) - e incorporarle las columnas de grava (de características conocidas y controladas como: ϕcol, ccol y Ecol), de manera que se obtenga un suelo mejorado con sus propias características equivalentes (ϕ^*, c* y E*).

Figura N° 04

Utilización de zanjas drenantes y columnas de grava.



Fuente: OTEO C., columnas de grava, 2011.

En el caso de los terraplenes apoyados sobre suelos blandos mejorados con columnas de grava nos interesa verificar el factor de seguridad frente al deslizamiento. Para analizar la estabilidad del conjunto formado por el terraplén y suelo mejorado con columnas de grava, se utiliza el método de Priebe (1978) y comentado por Mitchell (1981). En este método el suelo mejorado se caracteriza por unos parámetros de resistencia únicos y comunes para el suelo blando y las columnas de grava.

Como se ha mencionado, una de las finalidades del empleo de columnas de grava es acelerar la consolidación. Para este fin se puede utilizar el mismo procedimiento

descrito para los drenes verticales, con la salvedad de que el diámetro equivalente de las mechas drenantes será igual al diámetro de las columnas de grava.

La distribución en planta de las columnas de grava es triangular o de tresbolillo con una distribución de una columna por cada 6 - 8 m^2 que corresponde a espaciamientos entre columnas D de 2.5 a 3 metros.

2.2.2. Control de calidad en material de cantera para la construcción de una represa de tierra.

a) Norma técnica E.050 suelos y cimentaciones. (Según ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, reglamento nacional de edificaciones, 2015).

El objetivo de esta norma es establecer los requisitos para la ejecución de estudios de mecánica de suelos (EMS), con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras Indicadas en esta norma. Los EMS se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

Técnicas de investigación de campo. (Según norma técnica E.050 suelos y cimentaciones, 2015).

Las técnicas de investigación de campo aplicables en los estudios de mecánica de suelos son las indicadas.

Tabla N° 01
Técnicas de investigación de campo

DESCRIPCIÓN	NORMA APLICABLE
Método de ensayo de penetración estándar SPT.	NTP 339.133:1999
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS).	NTP 339.134:1999
Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.	NTP 339.143:1999
Métodos de ensayos estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial).	NTP 339.144:1999
Ensayo de penetración cuasi-estática profunda de suelos con cono y cono de fricción (CPT).	NTP 339.148:2000
Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – manual.	NTP 339.150:2001
Método de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo	NTP

por carga estática y para cimientos aislados.	339.153:2001
Método normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos.	NTP 339.155:2001
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).	NTP 339.159:2001
Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.	NTP 339.161:2001
Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción.	NTP 339.162:2001
Método de ensayo normalizado de corte por veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados.	NTP 339.168:2002
Práctica normalizada para la perforación de núcleos de roca para la investigación del sitio.	NTP 339.173:2002
Método de ensayo normalizado para la medición de la densidad de suelos y rocas in-situ por el método de reemplazo con agua en un pozo de exploración.	NTP 339.253:2003
Métodos de ensayo estándar para la determinación de la densidad y peso unitario de suelos in situ por el método del balón de jebe.	NTP 339.256:2004

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, reglamento nacional de edificaciones, 2015.

b) Aplicación y limitaciones de los ensayos. (Según norma técnica E.050 suelos y cimentaciones, 2006).

Las pruebas de carga deben ser precedidas por un EMS y se recomienda su uso únicamente cuando el suelo a ensayar es tridimensionalmente homogéneo, comprende la profundidad activa de la cimentación y es semejante al ubicado bajo el plato de carga. Las aplicaciones y limitaciones de estos ensayos.

Tabla N° 02
Aplicación y limitaciones de los ensayos

Ensayos in situ	Norma aplicable	Aplicación recomendada			Aplicación restringida		Aplicación no recomendada	
		Técnica de investigación	Tipo de suelo(1)	Parámetro a obtener (2)	Técnica de investigación	Tipo de suelo (1)	Técnica de investigación	Tipo de suelo (1)
SPT	NTP 339.133: 1999	Perforación	SW,SP, SM, SC-SM	N	Perforación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante
CTP	NTP 339.148: 2000	Auscultación	Todos excepto gravas	qc, fc	Auscultación	***	Calicata	Gravas
DPSH	UNE 103 801:1994	Auscultación	SW, SP, SM, SC-SM	N20	Auscultación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante
CTP	ANEXO III	Auscultación	SW, SP, SM, SC, SC-SM	Cn	Auscultación	CL, ML, MH, CH	Calicata	Lo restante
DPL	NTP 339.159: 2001	Auscultación	SP	n	Auscultación	SW, SM	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo(3)	NTP 339.155: 2001	Perforación/ Calicata	CL, ML, CH, MH	Cu, St	***	***	***	Lo restante
Prueba de carga	NTP 339.153: 2001		Suelos granulares y rocas blandas	Asentamiento vs Presión	***	***	***	***

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, reglamento nacional de edificaciones, 2006.

Dónde:

SPT : Ensayo de penetración estándar

CPT: Auscultación dinámica mediante el cono dinámico tipo peck

DPSH : Prueba de penetración dinámica superpesada

DPL: Auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica

(1) Según clasificación SUCS

(2) Leyenda:

Cu = Cohesión en condiciones no drenadas.
N = Número de golpes por cada 0,30 m de penetración en el ensayo estándar de penetración.
N20 = Número de golpes por cada 0,20 m de penetración mediante auscultación con DPSH.
Cn = Número de golpes por cada 0,30 m de penetración mediante auscultación con Cono Tipo Peck.
N = Número de golpes por cada 0,10 m de penetración mediante auscultación con DPL.
qc = Resistencia de punta del cono en unidades de presión.
fc = Fricción en el manguito.
st = Sensibilidad

(3) Sólo para suelos finos saturados, sin arenas ni gravas

Ensayos de laboratorio. (Según norma técnica E.050. suelos y cimentaciones, 2015).

Se realizarán de acuerdo con las normas que se indican.

Tabla N° 03
Ensayos de laboratorio

Descripción	Norma aplicable
Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.	NTP 339.127:1998
Método de ensayo para el análisis granulométrico.	NTP 339.128:1999
Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.	NTP 339.129:1999
Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo.	NTP 339.131 :1999
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).	NTP 339.134 :1999
Determinación de los factores de contracción de suelos mediante el método del mercurio	NTP 339.140:1999
Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 KN-m/m3 (56000 pie-	NTP 339.141:1999

lb/pie3)).	
Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual.	NTP 339.150:2001
Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.152:2001
Método normalizado de ensayo para propiedades de consolidación unidimensional de suelos.	NTP 339.154:2001
Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos.	NTP 339.163:2001
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado no drenado para suelos cohesivos.	NTP 339.164:2001
Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos cohesivos.	NTP 339.166:2001
Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos	NTP 339.167:2002
Método de ensayo normalizado para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos.	NTP 339.170:2002
Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas.	NTP 339.171:2002
Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.177:2002
Módulo de suelos de sub-rasante y materiales no tratados de base/sub-base.	NTP 339.178: 2002

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, reglamento nacional de edificaciones, 2015.13p.

2.2.3. Geosintéticos (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Geosintético es un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción y la edificación como son: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. La fabricación de los geosintéticos comprende procedimientos principalmente de extrusión, tecnología textil y/o ambas tecnologías: textil y plástica.

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestos básicamente de polímetros como polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los 2 primeros los de mayor

utilización en la actualidad. Los tipos de geosintéticos más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son los geotextiles, las geomallas, las geomembranas, las georedes, geocompuestos y mantos para control de erosión derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores.

a) Geotextiles (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los geotextiles que se definen como "un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser no tejido, tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas".

Clasificación según su método de fabricación

b) Geotextiles tejidos (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Pueden ser Tejidos de calada o tricotados. Los tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal).

Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de las cintas empleadas). Su estructura es plana. Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial.

- **Geotextiles no tejidos** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras. Los geotextiles no tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles no tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas.
- Geotextiles no tejidos ligados térmicamente o termosoldados.
- Geotextiles no tejidos ligados químicamente o resinados.

Funciones y campos de aplicación (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

El uso de los geotextiles tejidos y no tejidos en los diferentes campos de aplicación puede definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar.

- **Función de separación** ((Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material.

- **Función refuerzo** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción.

- **Función de drenaje** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido. Para realizar el drenaje, satisfactoriamente, el espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de conducción. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado o transporte de partículas finas, las cuales a depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además debe garantizar el transporte de agua en su plan sin ocasionar grandes pérdidas de presión.

- **Función filtro** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil), sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. En los embalses con sistema de drenaje en la base, a fin de localizar posibles fugas, se utiliza como filtro en los tubos de drenaje a fin de evitar el taponamiento de los orificios de drenaje de dichos tubos.

- **Función protección** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. En los embalses impermeabilizados este sistema geotécnico se denomina pantalla impermeabilizante y está formado por el geotextil y la geomembrana. El geotextil protege a la geomembrana de posibles perforaciones o roturas, al formar una barrera antipunzonante bajo la acción de la presión de la columna de agua durante la explotación del embalse, del paso de personal y maquinaria durante la construcción,

mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante.

De igual forma, protege a la geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno.

Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas.

- **Función de impermeabilización** (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

  Esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético. El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas.

c) Geomallas (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Existen diversos métodos para aumentar la capacidad de carga de suelos blandos, uno de estos, antiguo y todavía efectivo, consiste en reforzar el suelo mediante confinamiento lateral de las partículas de material y aumentar su resistencia a la tensión. Tradicionalmente estos efectos se obtenían usando ramas trenzadas o colocando troncos de forma perpendicular.

La tecnología actual, permite el uso de productos sintéticos diseñados específicamente para obtener el mismo efecto de confinamiento lateral y resistencia a la tensión, como pueden ser las geomallas bi-orientadas coextruídas.

Las geomallas coextruídas son estructuras bidimensionales elaboradas a base de polímeros, que están conformadas por una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.

Las geomallas coextruídas generan un incremento en la resistencia al corte del suelo. Durante la aplicación de una carga normal al suelo, este es compactado de manera que se produzca una interacción entre las capas de suelo que rodean la geomalla. Con estas condiciones, se requerirá una carga considerablemente mayor para producir un movimiento en el suelo.

El compuesto suelo-geomalla reduce la resistencia al movimiento, por lo tanto, el uso de las geomallas produce una condición de cohesión, inclusive en materiales granulares. El compuesto combina la resistencia a la compresión del suelo con la tensión de la geomalla, para crear un sistema que presenta una mayor rigidez y estabilidad que un suelo sin ningún elemento que soporte estos esfuerzos.

La capacidad que tiene la geomalla para distribuir las fuerzas sobre su superficie incrementan las características de resistencia contra los desplazamientos de la estructura durante el sometimiento de esta a cargas tanto estáticas como dinámicas.

El uso de las geomallas coextruídas bi-orientadas y mono-orientadas, en diferentes campos de aplicación se define básicamente por su función de refuerzo. Esta función se realiza cuando la geomalla inicia un trabajo de resistencia a la tensión complementado con la trabazón de agregados en presencia de diferentes tipos de materiales.

Las principales aplicaciones de las geomallas coextruídas mono-orientadas se enuncian a continuación:

- Refuerzo de muros y taludes.
- Refuerzo de terraplenes con taludes pronunciados y diques.
- Estabilización de suelos blandos.
- Reparación de deslizamientos.
- Ampliación de cresta de taludes.
- Reparación de cortes en taludes.
- Estribos, muros y aletas de puentes.
- Muros vegetados o recubiertos con concreto.

Las principales aplicaciones de las geomallas coextruídas bi–direccionales se enuncian a continuación:

- Terraplenes para caminos y vías férreas.
- Refuerzo en bases de caminos pavimentados y no pavimentados.
- Refuerzo en estructuras de pavimento de pistas de aterrizaje en aeropuertos.
- Refuerzo debajo del balasto de las vías de ferrocarril.
- Como sistema de contención sobre rocas fisuradas.

El principal criterio de escogencia del tipo de geomalla es básicamente estudiando cómo se generan y trasmiten los esfuerzos a lo largo de la estructura a reforzar, por ejemplo en muros en suelo reforzado, sabemos que los esfuerzos principales están en una sola dirección debido a la presión lateral de tierras que el suelo retenido ejerce sobre la estructura. Mientras que para refuerzo en estructuras de pavimento, los esfuerzos verticales generados por el tráfico, son disipadas en varias direcciones, por lo que el

diseño de la geomalla para realizar el refuerzo debe tener las mismas propiedades mecánicas tanto en el sentido longitudinal como en el transversal.

d) Geocompuestos de drenaje (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Un geocompuesto de drenaje consiste en la combinación de geotextil y geored, combinando las cualidades más sobresalientes de cada material, de tal manera que se resuelva en forma óptima la captación y conducción de fluidos. La geored es un geosintético especialmente diseñado para la conducción de fluidos, el cual es fabricado con un material resistente a los factores térmicos, químicos y biológicos presentes en el suelo y que podrían llegar a afectar la integridad y desempeño de la estructura. La geored es un sistema romboidal formado por tendones sobrepuestos conectados entre sí, que forman canales de elevada capacidad drenante, útiles en aplicaciones de ingeniería geotécnica, ambiental, hidráulica y de transporte.

El geotextil empleado para la fabricación de geocompuestos de drenaje es el no tejido punzonado por agujas; ya que dentro del sistema cumple la función de filtro para retener el suelo y dejar pasar el agua que posteriormente será conducido por la geored.

- Como drenaje en los espaldones de los muros de contención.
- Como drenaje debajo de las geomembranas en presas y canales.
- Como sistema de subdrenaje de campos deportivos.
- Como sistema de subdrenaje debajo de la fundación de edificaciones.
- Como sistema de subdrenaje en carreteras y pistas de aterrizaje.
- Como sistema de subdrenaje debajo de terraplenes.
- En rellenos sanitarios como sistema de evacuación de gases y lixiviados.
- Sistemas de subdrenaje en sótanos.
- Sistema de drenaje de aguas de infiltración en muros de contención.
- Sistema de subdrenaje en cimentaciones

e) Geomembranas (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

La necesidad de reducir el flujo de agua a través de un medio permeable ha sido resuelta en forma tradicional empleando materiales de menor permeabilidad como concreto o suelos finos compactados. Es conveniente hacer énfasis en que todos los materiales tienen permeabilidad, y que se distinguen dos tipos: la primaria, que corresponde a la del flujo a través de un medio homogéneo y la secundaria que ocurre a través de discontinuidades.

En años recientes, han surgido productos a base de asfaltos o plásticos, de muy baja permeabilidad que se usa como recubrimientos y barreras para el control del flujo de agua. El término recubrimiento es aplicado cuando se utilizan membranas como interfase entre dos suelos o como revestimiento superficial; el término barrera se emplea cuando las membranas se usan en el interior de una masa de tierra. Para esta función se ha venido instalando membranas hechas de polietileno de alta densidad, este es un material que por su resistencia a la acción química, se puede calificar como el más indicado en aplicaciones de impermeabilización, alcanzando mayor durabilidad que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales y al ataque químico. La principal característica es su baja permeabilidad con valores de 10-11 a 10-12 cm/s.

Las geomembranas se definen como un recubrimiento o barrera de muy baja permeabilidad usada con cualquier tipo de material relacionado y aplicado a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos. Las geomembranas son fabricadas a partir de hojas relativamente delgadas de polímeros como el HDPE y el PVC los cuales permiten efectuar uniones entre láminas por medio de fusión térmica o química sin alterar las propiedades del material.

Los principales campos de aplicación, están relacionados con obras para la protección del medio ambiente, rellenos sanitarios, piscinas para tratamiento de lodos, lagunas de oxidación, recubrimiento de canales, minería, acuicultura y recubrimiento de tanques, sin dejar a un lado aplicaciones en el campo de la geotecnia y la hidráulica.

- Recubrimientos para agua potable.
- Recubrimientos para reserva de agua.
- Recubrimientos para desperdicios líquidos.
- Recubrimiento para material radioactivo o desperdicios líquidos peligrosos.
- Recubrimiento para tanques de almacenamiento bajo tierra.
- Recubrimiento para espejos solares.
- Recubrimiento para canales de conducción de aguas.
- Recubrimiento para canales de conducción de desechos líquidos.
- Recubrimiento para material sólido, material de relleno y apilamiento de basuras.
- Recubrimiento para evacuación de lixiviados.
- Capas y cubierta para materiales de relleno y desperdicios sólidos.
- Recubrimiento para muros verticales: Sencillos o dobles con detección de fugas.
- Control de filtración en presas de tierra.
- Recubrimientos impermeables dentro de túneles.
- Para impermeabilizar la cara de tierra en presas de roca.

- Para impermeabilizar fachadas en mampostería en presas.
- Como control de filtración en reservorios flotantes.
- Como cubierta en reservorios flotantes para control de filtración.
- Como barrera para los olores en rellenos.
- Como barrera para vapores debajo de edificios.
- Para control de suelos expansivos.
- Para control de suelos susceptibles a congelamiento.
- Para prevenir infiltración de agua en áreas sensitivas.
- Para conducción de agua por senderos elegidos.
- Bajo autopistas para prevenir polución y para recoger derramamiento de líquidos peligrosos.
- Para actuar como estructura de confinamiento.
- Para ayudar a establecer uniformidad en la compresibilidad subsuperficial.
- Como recubrimiento impermeable bajo el asfalto.
- Para corregir perdidas por filtración en tanques ya existentes
- Como formas flexibles donde no se puede permitir perdida de material.
- Como encapsulamiento de arcillas expansivas.

f) Mantos para control de erosión (Según norma GRI, manual de diseño de geosintéticos, 2015).

Son esterillas flexibles, compuestas por fibras o por una matriz tridimensional, que garantizan la protección del suelo, el refuerzo y el buen establecimiento de la vegetación. El tipo de manto a utilizar en cada proyecto dependerá de: clima, precipitación, geometría del talud (longitud, pendiente), tipo de suelo (caracterización geotécnica, contenido químico, biológico, acidez del suelo).

Las principales aplicaciones para los diferentes tipos de mantos son:

- **Protección de taludes.** El uso de mantos en taludes genera una protección y un refuerzo adecuado del suelo, dependiendo de las características geométricas de los taludes a proteger, generando un buen establecimiento de la vegetación.
- **Revestimiento de canales.** En lugares donde se esperan altas velocidades de agua y esfuerzos cortantes, el uso de mantos permanentes genera un sistema de revestimiento hidráulico funcional, ambientalmente superior, debido a que retiene sedimentos, permite la recarga de acuíferos y disminuye la escorrentía.

2.3 Definición de términos

- **Ensayo de auscultación dinámica mediante el cono dinámico tipo peck (CTP).-** Con esta prueba se determina la resistencia del terreno a la penetración de un cono cuando es golpeado. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006,24).

  Su utilización permite:

  - Determinar la resistencia a la penetración dinámica de un terreno.
  - Evaluar la compacidad de un suelo granular. Cuando el suelo contenga partículas de grava que obstaculicen la penetración del cono en el terreno el resultado de la prueba puede no ser representativo.
  - Investigar la homogeneidad o anomalías de una capa de suelo.
  - Comprobar la situación en profundidad de una capa de suelo cuya existencia se conoce.
  - Cn = Número de golpes necesarios para un penetración del cono en el terreno de 15 cm de profundidad.
  - R = Anotación a incluir cuando el número de golpes requerido para una penetración de 15 cm es superior a 100 golpes, significa “rechazo”.

- **Ensayo de auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).-** Las auscultaciones dinámicas son ensayos que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al ensayo de penetración estándar (SPT). Los parámetros obtenidos con este ensayo (Cn) deberán ser correlacionados con los parámetros de los ensayos SPT en el sitio de estudio, o en el caso de control de rellenos, con el grado de compactación. No se recomienda ejecutar ensayos DPL en el fondo de calicatas, debido a la pérdida de confinamiento. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006,47).

- **Ensayo de penetración estándar (SPT).-** Se utiliza para auscultaciones dinámicas que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al ensayo de penetración estándar. Los parámetros obtenidos con este ensayo deberán ser correlacionados con los parámetros de los ensayos SPT en el sitio de estudio.

  Para determinar las condiciones de cimentación sobre la base de auscultaciones dinámicas, debe conocerse previamente la estratigrafía del terreno obtenida mediante la ejecución de calicatas, trincheras o perforaciones. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 19).

- **Ensayos de auscultación en presas.-** Es el procedimiento por el cual se evalúa en qué condiciones se encuentra una infraestructura, cuando está en uso o en

condiciones de estarlo, y sin interferir demasiado con los usuarios normales de la infraestructura. Es un procedimiento habitual en grandes obras de ingeniería, como presas, puentes y vías de ferrocarril.

La auscultación en presas es continua durante toda la vida de la presa. A lo largo de ella se colocan diferentes instrumentos de medida que funcionan todo el tiempo, y que los responsables de la presa consultan periódicamente. Estos aparatos miden diferentes valores, como la apertura de las juntas, la inclinación o la presencia de gas radón. Los técnicos deciden en cada momento hasta qué punto puede llenarse la presa según los datos que obtienen de la auscultación. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 29).

Geodinámica externa.- Conjunto de fenómenos geológicos de carácter dinámico, que pueden actuar sobre el terreno materia del estudio de mecánica de suelos, tales como: erupciones volcánicas, inundaciones, huaycos, avalanchas, tsunamis, activación de fallas geológicas. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 49).

- **Geotextiles.-** Las telas de tipo geotextil deberán estar compuestas por lo menos del 95 por ciento por peso de fibras de poliéster, polipropileno, o de una combinación de ellas. La forma del geotextil, incluyendo las orillas o bordes, deberá ser una malla estable, de manera que los filamentos o hilos mantengan su dimensión y su posición relativa entre ellos. (Según norma GRI- geosynthetic research institute, 2002, 475).
- **Geomembrana LLDPE.-** Es un copolímero de etileno/o-olefina, con una estructura molecular lineal. Es considerado un material termoplástico duro y resistente que consiste en un soporte lineal con ramificaciones laterales cortas. Las propiedades del LLDPE en el estado fundido y en la parte terminada son funciones del peso molecular, la distribución de pesos moleculares, DPM, y de la densidad de la resina. (Según norma GRI- geosynthetic research institute, 2002, 452).
- **El gavión caja y colchón.-** Es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una malla de alambre de acero protegido con un recubrimiento de zinc más 5% de aluminio de acuerdo a la Norma ASTM A-856 y el alambre tendrá un revestimiento por extrusión de PVC. (Según Norma ASTM American Society for Testing of Materials, 1996,124).
- **La erosión regresiva.-** Implica la separación de las partículas de los suelos cuando la filtración sale por ejemplo al pie aguas abajo de la presa homogénea. Las fracciones arrastradas son sacadas por la filtración y el proceso trabaja gradualmente

en dirección hacia aguas arriba del cuerpo de la presa o de su cimentación hasta que se forma un “tubo” continuo. (Según Ms.Sc. Briones, 2012, 2).

- **Licuefacción o licuación**.- Fenómeno causado por la vibración de los sismos en los suelos granulares saturados y que produce el incremento de la presión del agua dentro del suelo con la consecuente reducción de la tensión efectiva. La licuación reduce la capacidad de carga y la rigidez del suelo. Dependiendo del estado del suelo granular saturado al ocurrir la licuación se produce el hundimiento y colapso de las estructuras cimentadas sobre dicho suelo. (Norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 45).
- **Nivel freático**.- Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 45).
- **Nivel máximo para la condición de emergencia (NMCE).-** Es el máximo nivel de retención adoptado en el proyecto que se podría alcanzar en el embalse ante una emergencia. (Según autoridad nacional de los servicios públicos de Panamá, 2010,36).
- **Nivel máximo de operación extraordinaria (NMOE).-** Es el máximo nivel que se alcanza en el embalse, considerando su acción laminadora, cuando afluye la crecida de proyecto. (Según normas para seguridad de presas de Panamá, 2010,36).
- **Nivel máximo de operación normal (NMON).-** Es el máximo nivel que puede alcanzar el agua en el embalse en un régimen normal de explotación. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las normas de operación del embalse. (Según normas para seguridad de presas de Panamá, 2010,36).
- **Nivel mínimo de operación normal (NMION).-** Es el mínimo nivel que puede alcanzar el agua en el embalse de forma tal que se asegure la provisión para usos consuntivos aguas abajo. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las normas de operación del embalse. (Según normas para seguridad de presas de Panamá, 2010,36).
- **Nivel mínimo de operación extraordinaria (NmiOE).-** Es el mínimo nivel que se alcanza en el embalse, en situación de estiajes críticos, y a partir del cual, para presas de generación eléctrica, quedan fuera de servicio los equipos generadores. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las normas de operación del embalse. (Según normas para seguridad de presas de Panamá, 2010,36).
- **Suelo colapsable.-** Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 46).

- **Suelo expansivo.-** Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 46).
- **Sismo máximo de verificación (SMV).-** Es el evento máximo aceptado que la presa debe resistir. Dicho evento podrá ser el máximo que tiene posibilidad de afectar la presa, a sus obras principales y equipos, o un evento menor si la categorización de la presa lo admitiese. En el proceso de verificación estructural se requerirá que los daños que se produzcan en la estructura de retención resulten menores, y que la operación de los elementos de control del embalse (vertedero y descargador de fondo) quede garantizada luego de ocurrido el evento. (Según normas para seguridad de presas de Panamá, 2010,41).
- **Pozos o calicatas y trincheras.-** Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2001. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 9).
- **Perforaciones mediante espiral mecánico.-** Los espirales mecánicos que no dispongan de un dispositivo para introducir herramientas de muestreo en el eje, no deben usarse en terrenos donde sea necesario conocer con precisión la cota de los estratos, o donde el espesor de los mismos sea menor de 0,30 metros. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 9).
- **Prueba de penetración dinámica superpesada (*DPSH*).-** Con esta prueba se determina la resistencia del terreno a la penetración de un cono cuando es golpeado según el procedimiento establecido. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 47).

  Su utilización permite:

  - Determinar la resistencia a la penetración dinámica de un terreno.
  - Evaluar la compacidad de un suelo granular. Cuando el suelo contenga partículas de tamaños tales que obstaculicen la penetración del cono en el terreno el resultado de la prueba puede no ser representativo.
  - Investigar la homogeneidad o anomalías de una capa de suelo.
  - Comprobar la situación en profundidad de una capa cuya existencia se conoce.
  - N20 = Número de golpes necesarios para un penetración del cono en el terreno de 20 cm de profundidad.

- R = Anotación a incluir cuando el número de golpes requerido para una penetración de 20 cm es superior a 100 golpes.

- **Profundidad de cimentación**.- Profundidad a la que se encuentra el plano o desplante de la cimentación de una estructura. Plano a través del cual se aplica la carga, referido al nivel del terreno de la obra terminada. (Según norma E.050 suelo y cimentaciones, 2006, 46).
- **Tubificación.-** Es la forma de erosión interna que se inicia con la erosión regresiva, en una grieta o zona de alta permeabilidad, y el resultado es la formación de un "micro túnel" continuo llamado "tubo", que va desde aguas arriba hacia aguas abajo del cuerpo o cimentación de la presa. (Según Ms.Sc. Briones, 2012, 12).
- **Vibroflotación.-** Es un método de compactación profunda ampliamente difundido y utilizado en todo el mundo con el fin de mejorar los suelos de baja capacidad soportante. A pesar de esto, en Chile aún su uso no se ha masificado y se cuenta con muy pocos antecedentes de su aplicación en suelos nacionales. El sistema busca primordialmente realizar mejoras de las cualidades mecánicas del suelo en base a la compactación por medio de vibraciones consiguiendo una mayor capacidad de carga, una disminución de los asentamientos y palear los riesgos de licuefacción en algunos casos. (Según Ms.Sc. Briones, 2012, 12).

  También tiene utilidad en la modificación de la permeabilidad, estabilización de taludes, densificación de suelos para generar zonas de anclaje, etc. En suelos granulares con alto índice de vacíos es posible generar una compactación mediante la redistribución de sus partículas. En el caso de estos suelos la mejor forma de generar el reacomodo de los granos es por medio de vibraciones. Además, la presencia de agua disminuye la fricción entre partículas del suelo, las cuales por gravedad se van depositando de una manera más óptima, generando una masa de suelo más compacta. (Según Ms.Sc. Briones, 2012, 12).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo de investigación de tesis tiene el enfoque descriptivo ya que; el objetivo principal es desarrollar una propuesta de lineamientos en el proceso constructivo y especificaciones técnicas de las partidas más importantes en la ejecución de la represa de tierra Lachog, en base al registro de las actividades y ocurrencias a través del cuaderno de obra, avance físico de obra, fotografías y filmaciones del proceso constructivo, además del cumplimiento de las especificaciones técnicas de la ejecución de la presa de tierra Lachog.

Esta investigación busca proponer la solución de un problema práctico que sirva como herramienta informativa y didáctica al proceso constructivo de una presa de tierra recubierta con geosintéticos, éste estudio contribuirá a mejorar la calidad de ejecución de obra de proyectos similares.

3.2. Plan de recolección de la información

3.2.1. Población

La población es el proyecto: "Construcción de la represa Lachog, distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi, región Ancash".

3.2.2. Muestra

La muestra es el proyecto: "Construcción de la represa Lachog, distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi, región Ancash".

Justificación de la población y la muestra

Esta represa es única del distrito de Chingas y de la provincia de Antonio Raimondi ya que; está almacena en promedio 855,134.40 m^3 y riega 620 ha de terrenos agrícolas en todo el valle del distrito, que en su mayoría es la único fuente de ingreso es la producción de maíz y choclo que son importadas y vendidas a la ciudad de Lima. Este proyecto beneficia alrededor de más de 1,500 familias y mejora la calidad de vida del sector.

3.3. Instrumentos de recolección de información

Se aplicó las siguientes técnicas con los instrumentos indicados:

- **Revisión del expediente técnico de ejecución:**
  Analizó y evaluó el expediente técnico exclusivamente en el capítulo de especificaciones técnicas de las partidas consideradas en el proyecto.
- **Internet y bibliografía:**

- Buscó información sobre experiencias y tecnologías de la construcción de represas de tierra recubiertas con geosintéticos en el Perú.

- **Observación:**

- Con el registro de actividades y ocurrencias a través del cuaderno de obra, avance físico de obra, fotografías y filmaciones del proceso constructivo y cumplimiento de las especificaciones técnicas de la ejecución de la presa de tierra Lachog; se discutió los resultados en campo versus la bibliografía encontrada y se sacó conclusiones.

3.4. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Las técnicas y procedimientos para el análisis de los resultados serán los siguientes:

a) Se analizó los datos a través de:
   - Se organizó los datos obtenidos en campo (registrando las actividades y ocurrencias a través de cuaderno de obra, avance físico de obra, fotografías, planos y filmaciones del proceso constructivo y cumplimiento de las especificaciones técnicas de la ejecución de la presa de tierra Lachog).
   - Se Transcribió el material obtenido:

     Para ello se empleó como herramienta la computadora con procesadores de texto. Con los datos obtenidos, se volvió a revisar todo el material, escribiendo los resultados de análisis y cuya función es documentar paso a paso el proceso analítico. En esta revisión se asegurará que el material este completo y posea la calidad necesaria para ser analizado, caso contrario se realizarán las mejoras técnicas posibles.

b) Analizó y evaluó el expediente técnico de la presa de tierra de investigación, el capítulo de especificaciones técnicas de las partidas del proyecto.

c) Con la información clasificada se procedió a un análisis y crítica para evaluar los datos y determinar su valor y establecer conclusiones.

d) Definió las especificaciones técnicas óptimos de los materiales y/o equipos a utilizar en la construcción de las presas de tierra de acuerdo con la bibliografía encontrada.

e) Implementó una metodología adecuada en el proceso constructivo en la construcción de las presas de tierra Lachog, que permita asegurar la calidad de ejecución de obra.

f) Se validó los resultados obtenidos en la ejecución de la presa de tierra Lachog empleando la metodología planteada y comparar los resultados obtenidos con el expediente técnico y bibliografía encontrada.

IV. RESULTADOS

Después de un análisis entre las especificaciones del expediente técnico y luego realizando las mejoras en base a la bibliografía y antecedentes encontrados sobre el tema y finalmente validándolas en la ejecución del proyecto, se generó las etapas de construcción de las partidas más importantes en la ejecución de la represa de tierra Lachog, aplicando las especificaciones técnicas, que incluyen procedimientos, calidad y formas de empleo de los materiales comprendidos en los diseños. De esta manera se tienen las siguientes partidas:

1.-Obras provisionales

Descripción

La ubicación del campamento y otras instalaciones será propuesta por el contratista y aprobada por la supervisión, previa verificación que dicha ubicación cumpla con los requerimientos del plan de manejo ambiental, de salubridad, abastecimiento de agua, tratamiento de residuos y desagües.

Los materiales para la construcción de todas las obras provisionales serán de preferencia desarmable y transportables, salvo que el proyecto indique lo contrario.

Materiales

El contratista deberá solicitar ante las autoridades competentes, dueños o representante legal del área a ocupar, los permisos de localización de las construcciones provisionales (Campamentos). Para la localización de los mismos, se deberá considerar la existencia de poblaciones ubicadas en cercanías del mismo, con el objeto de evitar alguna clase de conflicto social.

En la construcción del campamento se evitará al máximo los cortes de terreno, relleno, y remoción de vegetación. En lo posible, los campamentos deberán ser prefabricados y estar debidamente cercados.

Maquinarias y/o equipos

Los patios de máquinas deberán tener señalización adecuada para indicar el camino de acceso, ubicación y la circulación de equipos pesados. Los caminos de acceso, al tener el carácter provisional, deben ser construidos con muy poco movimiento de tierras y ponerles una capa de afirmado para facilitar el tránsito de los vehículos de la obra.

Instalar sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites. Para ello es necesario contar con recipientes herméticos para la disposición de residuos de aceites y lubricantes, los cuales se dispondrán en lugares adecuados para su posterior manejo. En las zonas de

lavado de vehículos y maquinaria deberán construirse desarenadores y trampas de grasa antes que las aguas puedan contaminar suelos, vegetación, agua o cualquier otro recurso.

El abastecimiento de combustible deberá efectuarse de tal forma que se evite el derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes al suelo, ríos, quebradas, arroyos, etc. Similares medidas deberán tomarse para el mantenimiento de maquinaria y equipo. Los depósitos de combustible deben quedar alejados de las zonas de dormitorio, comedores y servicios del campamento.

Requerimientos de construcción

En el caso de no contar con una conexión a servicios públicos cercanos, no se permitirá, bajo ningún concepto, el vertimiento de aguas negras y/o arrojo de residuos sólidos a cualquier curso de agua.

Se debe instalar un sistema de tratamiento a fin de que garantice la potabilidad de la fuente de agua; además, se realizarán periódicamente un análisis físico-químico y bacteriológico del agua que se emplea para el consumo humano.

En el proceso de desmantelamiento, el residente deberá hacer una demolición total de los pisos de concreto, paredes o cualquier otra construcción y trasladarlos a un lugar de disposición final de materiales excedentes, señalados por el supervisor. El área utilizada debe quedar totalmente limpia de basura, papeles, trozos de madera, etc.; sellando los pozos sépticos, pozas de tratamiento de aguas negras y el desagüe.

Aceptación de los trabajos

Una vez desmantelada las instalaciones, patio de máquinas y vías de acceso, se procederá a escarificar el suelo, y readecuarlo a la morfología existente del área, en lo posible a su estado inicial, pudiendo para ello utilizar la vegetación y materia orgánica reservada anteriormente. En la recomposición del área, los suelos contaminados de patios de máquinas, plantas y depósitos de asfalto o combustible deben ser raspados hasta 10 cm por debajo del nivel inferior alcanzado por la contaminación.

Medición

Unidad de medida.- global (GBL).

Base de pago

La cantidad determinada según el método de medición, será pagada al precio unitario del contrato, y dicho precio constituirá compensación total por el costo de material, equipo, mano de obra e imprevistos necesarios para completar la partida.

2.-Trabajos preliminares

Descripción

Establecimiento de la línea del eje y secciones transversales de la presa

La línea del eje será establecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m. El estacado debe ser restablecido cuantas veces sea necesario para la ejecución de cada etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia. Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la presa. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. Todas las dimensiones de la sección transversal serán reducidas al horizonte desde el eje de la vía.

Materiales

Todos los hitos de referencia o monumentación permanente que se coloquen durante toda la ejecución de la obra deberán ser en concreto simple (f'c = 100 kg/cm²), en forma de tronco de pirámide, con una altura de 500 mm y bases de 300 mm (inferior) y 150 mm (superior). Una varilla de acero corrugado de ¾" de diámetro y 300 mm de largo será empotrada al centro, sobresaliendo 100 mm y pintada de color naranja de preferencia. Los hitos principales contarán con una placa de bronce, indicando coordenadas, elevación y fecha.

Equipos

El transporte del equipo pesado se podrá realizar en camiones de plataforma, de cama baja, mientras que el equipo liviano podrá transportarse por sus propios medios, llevando el equipo no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc.

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren aprobación previa de la supervisión, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

El contratista deberá entregar al supervisor, además del cronograma de movilización y desmovilización de equipos, la relación detallada donde conste la identificación de la maquinaria, número de serie, fabricante, año de fabricación, capacidad, potencia y estado de conservación, dicha relación será concordante con la relación de equipo mecánico presentado en el proceso de licitación.

Requerimientos de construcción

Construcción de trocha carrozable y caminos de acceso

El proceso constructivo sobre este tema se encuentra en: El manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, aprobado por resolución directoral N° 10-2014-

MTC/14 del 09 de abril del 2014 y las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013; aprobado por resolución directoral N° 22-2013-MTC/14 del 17 de julio del 2013, ambos del ministerio de transportes y telecomunicaciones.

Habilitación de canteras

El contratista propondrá para consideración de la supervisión, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, con la frecuencia que sea necesaria. Básicamente el contratista pondrá para el trabajo de habilitación de cantera un tractor y una excavadora. Antes de iniciar las excavaciones se deberá colocar una línea de base referenciada en coordenadas UTM, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se deberán efectuar secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base.

Aceptación de los trabajos

Todos los trabajos de replanteo, reposición de puntos de control y estacas referenciadas, registro de datos y cálculos necesarios que se ejecuten durante el paso de una fase a otra de los trabajos constructivos deben ser ejecutados en forma constante que permitan la ejecución de las obras, la medición y verificación de cantidades de obra, en cualquier momento. Esto se debe reflejar en planos de replanteo de relleno de corte entre otros los cuales serán verificados por el supervisor de obra encargado para su respectiva conformidad.

Medición

Unidad de medida.- global (GBL).

Base de pago

La cantidad determinada según el método de medición, será pagada al precio unitario del contrato, y dicho precio constituirá compensación total por el costo de material, equipo, mano de obra e imprevistos necesarios para completar la partida.

3.-Movimiento de tierras

Descripción

El trabajo comprende en la excavación y carguío de los materiales no aptos para cimentar (del área de proyección del dique y del acceso) que por sus características geotécnicas y mecánicas no podrán ser usados en la conformación de rellenos del dique, acceso y/o demás estructuras, salvo indicación contraria de la supervisión.

La excavación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por la supervisión. Toda sobre-excavación que haga el contratista, por error o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y la supervisión podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas.

La excavación se realizará hasta eliminar todo rastro de suelo no apto para la cimentación del dique y acceso, según los planes del proyecto o las indicaciones del supervisor. Si finalizada la excavación del suelo no apto para cimentación del dique los suelos encontrados son inestables, la supervisión ordenará las modificaciones que corresponden al caso hasta asegurar la estabilidad del suelo de fundación.

Corte en Roca

Consistirá en toda aquella excavación realizada en materiales de procedencia ígnea, metamórfica, sedimentaria, o en formaciones geológicas firmemente cimentadas o litificadas, en cuya excavación se requiera, en forma imprescindible, sistemática y permanente, del uso de explosivos.

Previamente el contratista deberá presentar el plan de voladura, con el diseño de la malla de detonaciones y taladros, para su aprobación por parte del supervisor, esta malla será diseñada de tal manera que se pueda estar cortando hasta los niveles, taludes y rasantes indicados en los planos del proyecto, las presentes especificaciones dadas por el supervisor; evitando que queden fracturas o fisuras importantes en el talud de corte de la roca que puedan conllevar a futuros desprendimientos o caída de roca en la rasante del acceso. En el caso de ocurrir lo anterior, el reforzamiento de taludes deberá ser ejecutado por el contratista a su costo, previa aprobación del supervisor. Se deberá prestar especial atención al monitoreo de desplazamientos (horizontal y vertical) que pueda ocurrir a lo largo del eje de la presa.

Cuando los cortes de excavación en roca que tengan alturas mayores de 3.0 metros y taludes verticales, antes de la voladura principal se debe efectuar una voladura en el contorno del talud (método de precorte para voladura controlada), para asegurar una superficie razonablemente pareja. Antes de comenzar las operaciones de barrenado para el precorte, el contratista deberá proporcionar al supervisor un plano que muestre la posición, diámetro y profundidad del barreno, tipo de explosivos por ser utilizados, patrón de las cargas y secuencia de la explosión o voladura. El plan de barrenado y explosión deberá ser aprobado por el supervisor, pero esto no eximirá al contratista de su responsabilidad de utilizar procedimientos apropiados para barrenar y hacer las voladuras. Las voladuras controladas deberán comenzar con una sección corta de prueba de una longitud aprobada por el supervisor. La sección de prueba deberá ser precortada, barrenada y volada, y se excavará suficiente material para que el supervisor pueda determinar si el método del contratista es satisfactorio. Si la sección de prueba es inaceptable, el contratista deberá descontinuar las operaciones y proveer al supervisor un plan revisado para el precorte. Se construirá otra sección de prueba empleando el plan

revisado. El supervisor podrá ordenar la descontinuación del método de precorte si los materiales encontrados no son aptos para ser precortados.

El contratista deberá proteger la excavación contra derrumbes; todo derrumbe causado por error o procedimientos inapropiados del contratista, se sacará de la excavación a su costo.

En el caso del corte de plataformas para caminos y canales todo material inadecuado que se halle al nivel de cimentación deberá ser excavado y reemplazado por material seleccionado o por concreto pobre, según lo determine la supervisión. La supervisión previamente debe aprobar la profundidad y naturaleza del material de cimentación.

Todos los materiales excavados que sean adecuados y necesarios para rellenos deberán almacenarse en forma tal de poderlos aprovechar en la construcción de éstos; no se podrán desechar ni retirar de la obra, para fines distintos a ésta, sin la aprobación previa de la supervisión.

Materiales y/o equipos

Los materiales empleados en el lastrado tendrán un tamaño máximo que será definido en obra, según los planos, de tal forma que se consiga la estabilidad necesaria para la posterior conformación de terraplenes.

El material inerte que se emplee para el lastrado deberá provenir de una cantera aprobada por la supervisión. Las partículas del material serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por la supervisión, quien de ninguna manera permitirá el lastrado con materiales de características expansivas.

El equipo empleado estará constituido básicamente por un tractor de tipo orugas y de potencia adecuada que permitirá la remoción, conformación, acomodo y compactación del material de préstamo utilizado como lastrado. Para el carguío de material en cantera se deberá utilizar un cargador frontal.

Requerimientos de construcción

Antes de iniciar los trabajos para esta actividad, se deberá contar con un terreno base limpio y drenado, de acuerdo a lo mostrado por los planos del proyecto o lo indicado por el supervisor.

El trabajo comprende el conjunto de actividades de nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse un dique, así como la escarificación, conformación y compactación de la zona de cimentación de los estribos y parte central.

La secuencia de construcción de los rellenos deberá realizar a través de los zonas más estables y de mayor capacidad portante, con un avance progresivo hacia las zonas de terreno más blandos.

Aceptación de los trabajos

El trabajo se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la cimentación de los estribos estén de acuerdo con los planos del proyecto, estas especificaciones y las instrucciones de la supervisión.

En los últimos 20 cm de las excavaciones de preferencia deberá terminarse cuidadosamente a mano, hasta darle las dimensiones indicadas en los planos o prescritas por la supervisión, salvo en el caso de excavaciones en roca.

La cota de cualquier punto de la superficie de cimentación conformada y terminada no deberá variar en más de cincuenta milímetros (50 mm) con respecto a la cota proyectada.

La densidad de la cimentación compactada se definirá sobre un mínimo de seis (6) determinaciones, en sitios elegidos al azar con una frecuencia de una (1) cada 750 m^2 de plataforma terminada y compactada. Las pruebas de compactación deben cumplir con el 90% del ensayo de proctor modificado del suelo de fundación.

Los niveles de excavación o cimentación del dique, accesos y demás estructuras deberán ejecutarse hasta los niveles consignados en los planos del proyecto o según lo indicado por la supervisión.

Se deberá realizar de preferencia el lastrado en capas de 0.80 m máximo de espesor suelto, realizándose la remoción y compactación necesaria con los equipos sugeridos por el contratista y aprobados por el supervisor.

No se deberá extender ninguna capa mientras no se haya comprobado que la capa precedente haya adquirido una capacidad portante óptima para el tránsito de las maquinarias.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de lastre resultan inferiores a las proyectadas o indicadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se deberá verificar y proceder al relleno adicional con el mismo material utilizado, efectuando la homogenización y nivelado requeridos hasta cumplir con los niveles deseados.

Medición

Unidad de medida m^3.

Pago

El pago por esta actividad se hará sobre la base del precio del presupuesto aprobado de la obra por metro cúbico (m^3) de corte de terreno.

4.-Relleno compactado con material de préstamo

Descripción

Estos trabajos consisten en los trabajos de extracción, apilamiento y carguío de material de préstamo de cantera, además de los trabajos de nivelación, conformación, compactación y trabajos adicionales preparatorios de las áreas en donde se construirá el terraplén de relleno o cuerpo de la presa.

Materiales

Todos los materiales que se empleen para la construcción de la presa deberán provenir de canteras autorizadas, las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material; deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por la supervisión, quién de ninguna manera permitirá la construcción de los rellenos con materiales de características expansivas. Se prevé que, tanto en canteras como en obra, se deberán retirar eventualmente fragmentos aislados de tamaños mayores al límite máximo especificado.

Los materiales que se empleen en la construcción de la presa deberán cumplir los requisitos indicados en las siguientes tablas (Ver Anexos Tabla N° 04, 05 y 06).

Tabla N° 04

Granulometría para material de préstamo compactado

ABERTURA DE MALLA	% QUE PASA	
	MÍNIMO	MÁXIMO
6”	100	100
1"	69	100
# 4	40	100
# 10	25	83
# 40	10	55
# 200	5	25

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones, 2006.

Tabla N° 05

Requisitos básicos del material de préstamo compactado

Características	Material de préstamo
Tamaño máximo	6”
Límite líquido	< 50 %
Porcentaje de compactación	95%

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones, 2006.

En la tabla siguiente se especifican las normas y frecuencias de los ensayos de campo y laboratorio a ejecutar para el control del material de relleno. **(Ver Anexos Tabla N° 06).**

Tabla N° 06
Ensayos y frecuencias para el material de préstamo compactado

Ensayo	Norma	Especificación	Responsable	Frecuencia	Lugar de ensayo/Muestreo
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D422	Dentro del huso granulométrico (ver tabla anterior)	Residente y supervisor	3 ensayos cada semana ó 1 ensayo cada 2,500 m^3	Cantera y terraplén (alternadamente)
Contenido de humedad	ASTM D2216	Humedad óptima - 2%, +2%		1 ensayo cada capa y 1 ensayo cada 1,200 m^2	Terraplén en construcción
Límites de Atterberg	ASTM D4318	Según los valores de límites líquido y plástico determinados para el material aprobado.		3 ensayos cada semana ó 1 ensayo cada 2,500 m^3	Cantera y terraplén (alternadamente)
Densidad in situ - método del cono de arena (1)	ASTM D1556	≥ porcentaje de compactación indicado en los planos, respecto a la densidad máxima seca obtenida en el ensayo proctor modificado.		1 ensayo cada capa y 1 ensayo cada 1,200 m^2	Terraplén construido
Densidad in situ - método del densímetro nuclear	ASTM D2922			1 ensayo cada capa y 1 ensayo cada 1,200 m^2	Terraplén construido
Densidad en laboratorio - proctor modificado	ASTM D1557	Según los valores de densidad y humedad determinados para el material aprobado.		1 ensayo cada semana y 1 ensayo cada 10,000 m^3	Terraplén construido
Ensayo de compresión triaxial CU con medición de presión de poros, remoldeado a la densidad de campo	ASTM D4767	≥ Parámetros de resistencia de diseño.		1 ensayo cada 15,000 m^3	Terraplén construido
Análisis mineralógico DFRX		Resultados conforme a las normas y guías ambientales vigentes.		1 ensayo cada 15,000 m^3	Cantera

(1): La profundidad mínima de cada ensayo será equivalente a dos tercios (2/3) de la altura de la capa compactada en cuestión.
Fuente: Reglamento nacional de edificaciones, 2006.

Equipos

- Tractor sobre oruga
- Excavadora sobre oruga
- Cargador frontal
- Volquete
- Motoniveladora
- Rodillo

Requerimientos de construcción

Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno base de éste, deberá estar limpio y drenado. En caso de que el terreno base no se encuentre debidamente preparado se deberá escarificar, conformar y compactar, en una profundidad de quince centímetros (15 cm).

El espesor de las capas de terraplén será conformado en campo por el contratista en base a la metodología de trabajo y equipo aprobado previamente por la supervisión y que garantice el cumplimiento de las exigencias de compactación uniforme en todo el espesor.

Si las cotas finales de la corona de la presa resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de este procedimiento, el contratista deberá retirar, a sus expensas, el espesor en exceso.

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas de lluvias.

La construcción de rellenos sólo se llevará a cabo cuando no haya lluvia y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados celsius (2ºC).

Aceptación de los trabajos

El procedimiento para conformar los espesores de compactación deberá incluir pruebas aleatorias longitudinales, transversales y en profundidad verificando que se cumplan con los requisitos de compactación en toda la profundidad propuesta. El espesor máximo de cada capa de relleno podría ser 30 cm en estado compactado, debiendo verificarse que en todo el espesor de la capa compactada se alcance el porcentaje de compactación mínimo. Las pruebas de compactación deben cumplir con el 90% del ensayo de proctor modificado del suelo de fundación.

El material del terraplén se colocará en capas uniformes de un espesor definido verificando que los equipos de compactación permitan obtener el grado de compactación exigido en todo el espesor de dicha capa.

Los materiales de cada capa serán de características uniformes.

Para permitir la mejor adherencia entre una capa y la capa subsiguiente se deberá escarificar la capa de terraplén aprobado previamente.

No se extenderá ninguna capa mientras no se haya comprobado que la sub-rasante cumple las condiciones de compactación exigidas.

Será responsabilidad del contratista asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén.

Medición

El trabajo ejecutado debidamente colocado y compactado, medido en su posición según el alineamiento, cotas y anchos indicados en los planos.

Pago

El pago se hará por metro cúbico (m^3). Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

5.-Suministro e instalación tubería HDPE lisa y sólida/perforada

Descripción

Este trabajo comprende el suministro e instalación de tubería HDE lisa, sólida o perforada. Igualmente esta partida comprende la utilización de equipos, procedimientos de construcción, controles de calidad, manejo ambiental y seguridad industrial mínimos y básicos para la ejecución de los trabajos. Los diámetros interiores, espesor de paredes de tubería y accesorios de unión están especificados en los planos.

Materiales y/o equipos

La tubería de polietileno de alta densidad consistirá de una resina de polietileno de alta densidad tipo P80 y P100, fabricados según normas ISO/DIN o ASTM y alto peso molecular. La tubería HDPE deberá estar conforme a lo especificado en las normas DIN (PE63), ISO (PE80 y PE100) y ASTM (para tuberías en pulgadas y SDR), siendo el diámetro y espesor de tubería especificados en los planos del proyecto.

Los accesorios deben ser suministrados o recomendados por el fabricante y deben ser de la misma calidad de la tubería. Para los accesorios no comerciales, dispuestos por el proyecto, estos podrán ser confeccionados en campo o en fábrica según los controles de calidad recomendados por el especialista o fabricante, bajo la aprobación de la supervisión.

Entre las principales características de las tuberías y accesorios HDPE lisas son: alta resistencia a agentes corrosivos y fluidos químicos, insensibilidad a la congelación, atoxico, alta resistencia a la abrasión, gran resistencia y estabilidad frente a la radiación ultravioleta, etc.

Las propiedades mínimas que deben cumplir las tuberías HDPE lisas se indican a continuación (Ver Anexos Tabla N° 07 y 08).

Tabla N° 07
Propiedades físicas de las tuberías HDPE lisas (resina PE80)

Propiedad	Unidad	Valor	Norma
Densidad (compuesto)	g/cm^3	0,953	ISO 1183
Indice de fluidez MFI 190/5	g/10 min	Máx. 0,55	ISO 1133
Propiedades Mecánicas			
Tensión de tracción rango elástico	N/mm^2	>22	ISO6259
Elongación límite rango elástico	%	9	ISO6259
Resistencia a la rotura	N/mm^2	33	ISO625
Elongación de rotura	%	>500	ISO6259
Módulo de plastodeformación por flexión	N/mm^2	900	ISO 178
Módulo de elasticidad	N/mm^2	1050	ISO527-2
Dureza	Shore D	59	ISO 868
Resistencia al impacto con entalladura 23°C	mJ/mm^2	12	ISO179
Clasificación MRS	MPa	MRS 8	ISO 12162
Propiedades Térmicas			
Tiempo de inducción a la oxidación a 200 ° C	Min.	> 20	ISO TR 10837
Coeficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 90°C	m/m°C	$2*10^{-4}$	ASTM D 696
Conductividad térmica a 20°C	w/m K	0,4	DIN 52612

Fuente: Norma ASTM American Society for Testing of Materials.2002.

Tabla N° 08
Propiedades físicas de las tuberías HDPE lisas (resina PE100)

Propiedad	Unidad	Valor	Norma
Densidad (compuesto)	g/cm^3	0.959	ISO 1183
Indice de fluidez MFI 190/5	g/10 min	Máx. 0.40	ISO 1133
Propiedades Mecánicas			
Tensión de tracción rango elástico	N/mm^2	>25	ISO6259
Elongación límite rango elástico	%	9	ISO6259
Resistencia a la rotura	N/mm^2	35	ISO6259
Elongación de rotura	%	>500	ISO6259
Módulo de plastodeformación por flexión	N/mm^2	1250	ISO 178
Módulo de elasticidad	N/mm^2	1100-1400	ISO527-2
Dureza	Shore D	60	ISO 868
Resistencia al impacto con entalladura 23°C	mJ/mm^2	26	ISO179
Clasificación MRS	MPa	MRS 10	ISO 12162
Propiedades Térmicas			
Tiempo de inducción a la oxidación a 200 ° C	Min.	> 20	ISO TR 10837
Coeficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 90°C	m/m°C	$2*10^{-4}$	ASTM D 696
Conductividad térmica a 20°C	w/m K	0,4	DIN 52612

Fuente: Norma ASTM American Society for Testing of Materials.2002

Requerimientos de construcción

Antes de iniciar la instalación de la tubería, es requisito que se cuente con la certificación de las tuberías y accesorios llegado de fábrica, los mismos deben estar de acuerdo a los requerimientos exigidos en las presentes especificaciones técnicas. Los certificados serán revisados y aprobados por el supervisor. La certificación de fábrica no es limitante para la ejecución de ensayos de verificación del material llegado a obra si así lo determina la supervisión.

Todas las piezas especiales, y todos los tramos de tubería, deberán tener incorporado el nombre o marca del fabricante, tamaño, clase y fecha de fabricación. Se tendrá cuidado especial durante la entrega, distribución, y almacenamiento de la tubería para evitar daño y esfuerzos innecesarios. La tubería dañada será rechazada y reemplazada al costo del contratista. La tubería y elementos especiales que sean almacenadas antes de su utilización, deberán almacenarse de manera tal que se mantenga su interior libre de suciedad y materia extraña.

Transporte y manipulación del material

Tanto los tubos sólidos como los perforados están diseñados para soportar el manejo normal en el campo y pueden descargarse fácilmente a mano. Para evitar dañar los tubos, no se deben dejar caer. Además, las bandas de amarre no deben quitarse hasta que se han asegurado apropiadamente los tubos para evitar que rueden o que caigan.

El manejo de los tubos debe hacerse a mano, con tenazas de levantamiento o estrobos de nylon. Cuando utilice estrobos, se recomienda utilizar dos puntos de alzamiento.

Los tubos deben almacenarse temporalmente tan cerca como sea posible a su ubicación final, pero lejos del tráfico debido a las actividades de construcción. Los tubos deben almacenarse a nivel del suelo, y si se apilan, debe proporcionarse algún tope para evitar que rueden.

Todas las tuberías deben inspeccionarse antes de su instalación en terreno para asegurar que no tienen daños, suciedad ni otras sustancias extrañas. Los elementos dañados se informarán inmediatamente por escrito al Supervisor.

Inspección previa y consideraciones de Instalación

La instalación se debe llevar a cabo por personal experimentado en materiales para tuberías HDPE lisas. Se debe considerar la expansión y contracción térmicas durante la instalación de tuberías de HDPE.

Se debe controlar la expansión y contracción de la siguiente manera:

Las tuberías HDPE enterradas y superficiales se deben zigzaguear según sea necesario para controlar la expansión y contracción térmicas a través de la deflexión lateral. El grado de serpenteo necesario para las tuberías enterradas debe ser menor que el necesario para las tuberías expuestas superficiales debido a la menor variación de temperatura y la masa térmica del suelo circundante. La sujeción de la tubería será también menor para la tubería enterrada debido a la restricción natural suministrada por la fricción del suelo.

Para instalación superficial de tubería HDPE en tiempo cálido, entre dos puntos fijos de conexión, se debe agregar la compensación a la longitud para permitir la contracción. Se debe instalar la longitud exacta del tubo para la instalación en invierno. En ambos casos, se deben suministrar los anclajes para prevenir la sobrecarga de la conexión y extremo de tubería HDPE a los tanques fijos, equipos, tuberías, etc.

Se debe tener especial cuidado para prevenir daños al revestimiento de polietileno y recubrimiento de caucho cuando se instalen tuberías recubiertas, revestidas y mangueras de jebe.

Los revestimientos de juntas expuestas solamente se deben aplicar luego de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes y después de las pruebas hidrostáticas satisfactorias.

Aceptación de los trabajos

Para una buena calidad de fusión, independientemente del proceso de soldadura para tuberías y accesorios de polietileno, han de considerarse los siguientes aspectos:

Melt Flow Rate (MFR) es un parámetro de gran importancia, ya que permite soldar materiales de distinta procedencia, definidos en los siguientes grupos de Melt Flow Rate (Ver Anexos Tabla N° 09).

Tabla N° 09

Melt Flow Rate

Grupo MFR DIN 16776	**Rango MFR 190°C / 5 kg**
T 003	0.2-0.4 g/10'
T 005	0.2-0.7 g/10'
T 007	0.7-1.3 g/10'

Fuente: Norma ASTM American Society For Testing of Materials.2002.

La soldadura por termofusión se realiza bajo los parámetros de la norma DVS 2207/1:

- Temperatura de fusión 200° C a 220° C
- Presión 1.5 kg/cm²
- Tiempos de calentamiento y enfriamiento; los cuales dependen del espesor de pared de la tubería. (Ver Anexos Tabla N° 10).

Tabla N° 10

Parámetros de soldadura

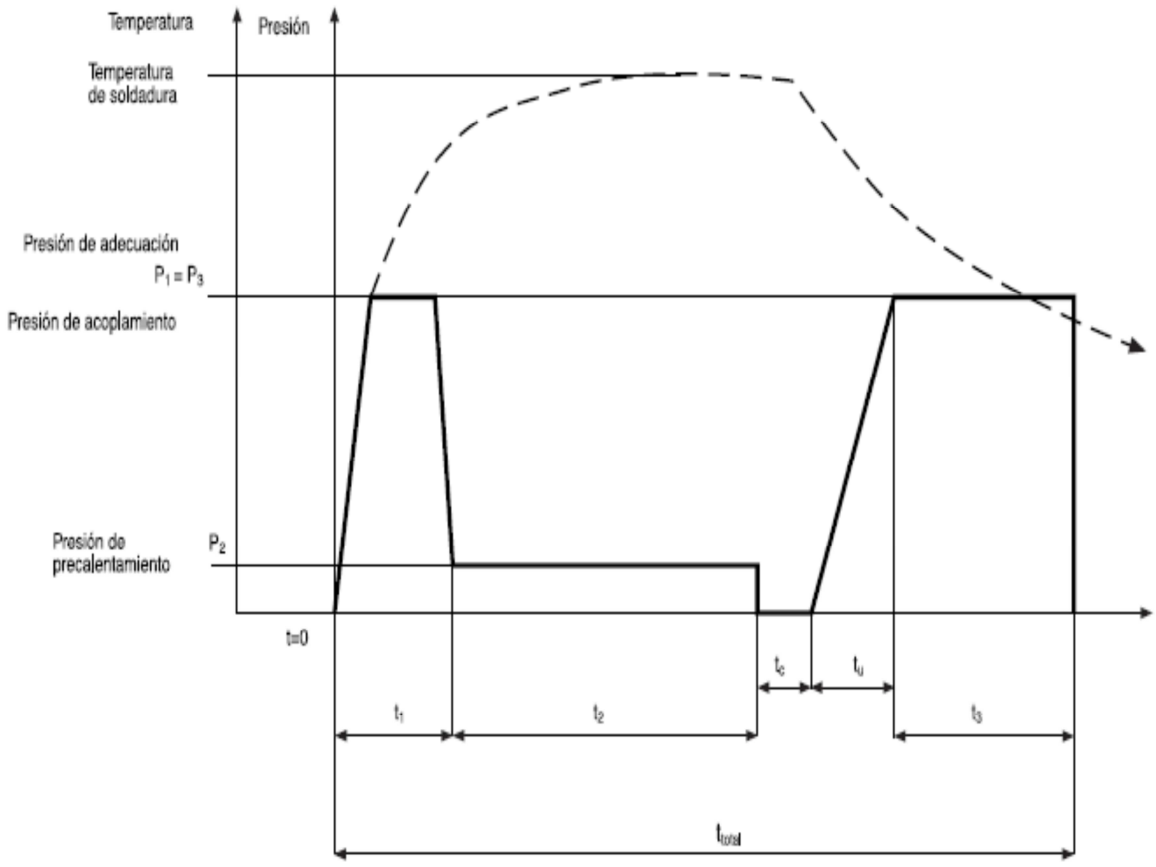
DVS 2207 Parte 1	
Temperatura de fusión (°C)	200 – 220
Presión térmica (MPa) (pl)*	0.15
Ancho del cordón de soldar después del Calentamiento K (mm)	0,5 – 4
Presión de difusión del calor (P2)*	0
Tiempo de acumulación del calor (seg.) (t2)	10 e**
Tiempo de remoción de la placa calefactora (seg.) (tc)	depende del espesor de la pared
Tiempo de aumento de la presión (seg.)(tu)	depende del espesor de la pared 0.1
Presión de fusión (MPa) (P3)*	0,15
Tiempo de enfriamiento bajo presión (min) (t3)	depende del espesor de la pared
Presión de enfriamiento (MPa)(P3)*0.15	
Tiempo de enfriamiento sin presión (min)	-
Ancho del cordón de soldar (mm)	-
Espesor de tubo (mm)	< 70

* Téngase en cuenta que siempre debería sumarse la fuerza de arrastre a la presión.
** Espesor de pared.

Fuente: Norma ASTM American Society for Testing of Materials.2002.

Las principales secuencias del proceso de soldadura son ilustradas en el siguiente gráfico, donde la presión y la temperatura están en función del tiempo. (Ver Figura N° 05).

Figura N° 05
Las principales secuencias del proceso de soldadura y la temperatura de fusión.



Fuente: Norma ASTM -American Society for Testing of Materials.

Control de calidad de la tubería HDPE lisa

Queda entendido que el sistema de control de calidad para la instalación de tuberías HDPE es de responsabilidad del contratista quien debe contar con los recursos necesarios para la gestión oportuna de la certificación de materiales y equipos; así como eventualmente para el envío de muestras y seguimiento de certificación de resultados de muestras tomadas en campo. El personal de control de calidad debe mostrar amplio conocimiento de las presentes especificaciones.

El control de calidad del contratista verificará los materiales conjuntamente con su certificación de fábrica. Toda la tubería debe contar con su respectiva codificación. A

solicitud del supervisor pueden tomar muestras de tubería a fin de verificar sus propiedades en un laboratorio certificado por INDECOPI.

El control de calidad de las soldaduras de las tuberías HDPE lisas será de manera visual y mediante la prueba de ultrasonido, de acuerdo al procedimiento y control de calidad indicado por el instalador, previamente revisado y aprobado por el supervisor.

Las tuberías HDPE lisas y sólidas, eventualmente requerirán pruebas no destructivas como la prueba hidráulica de hermeticidad, según recomendación del fabricante o instalador, con aprobación de la supervisión.

El supervisor puede disponer la realización de pruebas adicionales si las inspecciones visuales generan dudas respecto de la calidad de las juntas.

Medición

Unidad de medida ML.

Pago

El pago se hará por metro lineal instalado (ml). Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

6.-Relleno de grava limpia T.M= 2”/ cama de arena para tuberías de drenaje

Descripción

Esta partida consiste en el suministro, zarandeo, lavado, carguío en cantera y colocación de material de grava tamaño máximo 2”, denominado material de filtro, colocado en capas de 20 cm de material suelto debidamente niveladas, compactadas y que envuelven a las tuberías HDPE de subdrenaje. El material de filtro deberá tener un porcentaje de finos (menor que el tamiz N° 200) $\leq$ 5%.

Esta misma especificación es aplicable también para el material de cama de arena, utilizado para el asiento de las tuberías.

Materiales y/o equipos

Podrán ser usados como materiales de filtro y/o cama de arena los materiales zarandeados procedentes de las canteras que cumplan con el requerimiento granulométrico, aprobado por el supervisor. Se prevé el uso de dos zarandas para la obtención de los dos materiales.

La colocación de la grava limpia será en capas de 0.20 m de espesor suelto, niveladas y compactadas con planchas compactadoras o vibro apisonadores, según las secciones, perfiles y cotas indicado en los planos del proyecto o a lo que ordene el supervisor. El relleno compactado se realizará en capas de 20 cm de material suelto hasta alcanzar una densidad

seca que sea como mínimo el 90 % de la densidad máxima del material de filtro obtenido en laboratorio (norma ASTM D-2049).

Requerimientos de construcción

El supervisor deberá verificar previamente que tanto las zanjas de subdrenaje y plataformas de apoyo de tuberías se realicen hasta los niveles de excavación y cotas indicadas. Seguidamente se deberá colocar la cama de arena de acuerdo al espesor definido en los planos, sobre el cual posteriormente se colocarán las tuberías de subdrenaje, según los planos del proyecto, lo indicado en la presente especificación o lo ordenado por el supervisor. No se requerirá ensayos de control de calidad de compactación para este material.

La grava limpia de tamaño máximo 2" (y % finos ≤ 5%.) deberá envolver la tubería HDPE y estas dos últimas ser envueltas mediante un geotextil no tejido.

Las partículas de los materiales provendrán de rellenos duros, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

Aceptación de los trabajos

Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme, el cual deberá ser lo suficientemente reducido para que con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido.

Una vez extendida la capa, se procederá a su humedecimiento si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en la obra, a la vista de la maquinaria disponible, de los resultados que se obtengan en los ensayos.

Obtenida la humedad apropiada, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autorizará el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se deberá continuar hasta lograr las densidades exigidas en la presente especificación.

Medición

El trabajo ejecutado debidamente colocado y compactado, medido en su posición según el alineamiento, cotas y anchos indicados en los planos.

Pago

El pago se hará por metro cúbico (m^3). Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

7.-Perfilado de taludes para la instalación de geosintéticos

Descripción

Esta actividad está referida al desbroce, corte menor, perfilado y trabajos complementarios en las superficies de taludes y fondo de vaso del depósito, con la finalidad de ser preparadas para la instalación de la geomembrana LLDPE. La superficie final deberá ser uniforme, compacta y libre de elementos punzocortantes que puedan ocasionar daño a la geomembrana a instalar, de acuerdo a las secciones transversales de los planos, esta especificación o lo indicado por la supervisión.

Materiales

El material sobre el cual se realizará el perfilado de los taludes será suelo granular,
Superficies rocosas y material de relaves existentes.

Se requerirá todo tipo de material que proponga el contratista que proporcione superficies de taludes uniformes, compactos y libres de elementos punzocortantes que puedan ocasionar daño a la geomembrana, de acuerdo a los planos del proyecto o lo indicado por la supervisión.

Equipos

Los equipos necesarios para el corte, perfilado y compactación necesaria de los taludes serán los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con las exigencias de esta Sección. Se prevé esencialmente el uso de una excavadora.

Requerimientos de construcción

Previamente al inicio de esta actividad se deberá realizar la excavación y eliminación de los materiales de top soil de las laderas, contenidas y pagadas mediante su especificación correspondiente; según los alineamientos, perfiles y secciones transversales indicados en los planos del proyecto.

Luego, se iniciará la ejecución de esta actividad mediante una excavadora prevista de una pala adecuada, de tal forma que realice el corte, perfilado y compactación necesaria de la superficie del talud cortada de la ladera.

Durante la ejecución de los trabajos, tanto el talud a perfilar o áreas adyacentes al lugar del trabajo deberán tener la pendiente transversal adecuada, que garantice la evacuación de las aguas superficiales para evitar peligros de erosión, deslizamientos y contaminación al medio ambiente.

Se preverá el personal necesario para el perfilado y acabado final de la superficie de los taludes, de tal forma que quede uniforme, compacta y libre de elementos punzocortantes que

puedan dañar u ocasionar dificultad en la instalación de los geosintéticos, según los planos del proyecto.

Si por alguna razón, el Contratista realizase en los taludes sobre excavaciones innecesarias y no convenientes, estas serán rellenadas por el contratista a su costo.

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie del talud deberá estar compactada y uniforme, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas de lluvia, para evitar peligros de erosión, deslizamientos y contaminación al medio ambiente.

Aceptación de los trabajos

Controles

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados, según lo indicado por esta especificación o por la supervisión.
- Realizar medidas para determinar pendientes, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Verificar la compactación de la superficie del talud terminado.
- Medir las áreas de corte y perfilado realizados por el contratista en acuerdo a la presente especificación.

Calidad del producto terminado

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista. La cota de cualquier punto de la superficie en rellenos para estructuras, no deberá variar en más de veinte milímetros (20 mm) de la proyectada.

En las obras concluidas no se admitirá ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones de la supervisión y a plena satisfacción de éste.

Medición

La unidad de medida para el perfilado de los taludes será en metros cuadrados (m^2), aproximado al centésimo de metro cuadrado, de material cortado, perfilado y compactado, aceptado por la supervisión, en su posición final, en referencia a los planos del proyecto y calculado como la suma de áreas parciales de la diferencia de levantamientos topográficos.

No habrá medida ni pago por el desbroce, corte y perfilado del área que esté por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por la supervisión, efectuados por el contratista, ya sea por error o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Pago

El pago se hará por metro cúbico (m^3). Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

8.-Acondicionamiento de materiales eliminados en botaderos

Descripción

Este trabajo consiste en la remoción, conformación y nivelación periódica de los materiales de top soil, material no apto y material de bofedal en capas de espesor máximo suelto 1.00 m, extraídos de los lugares de excavación y dispuestos en los botaderos designados por el supervisor. Se precisa que los trabajos de perfilado de los taludes perimetrales y las obras de drenaje necesarias son inherentes a esta actividad.

Materiales y equipos

Los equipos de extensión, conformación y nivelación de los rellenos en terraplenes y plataformas deberán ser los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con las exigencias de esta sección. Se indica como equipos esenciales para esta actividad un tractor de orugas y eventualmente una retroexcavadora.

Requerimientos de construcción

Previamente al inicio de esta actividad, el contratista deberá presentar a la supervisión su plan de deposición de material, debiendo contener un plano con la geometría y límites del botadero a conformar, así como las obras de drenaje necesarias a realizar.

El contratista deberá notificar a la supervisión, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de esta actividad, para que éste realice los trabajos topográficos necesarios para definir la línea base de las excavaciones.

Se preverá el volqueteo de los materiales en las áreas adecuadas con la finalidad de realiza una extensión y conformación óptima y necesaria con el tractor.

La conformación de los rellenos sólo se llevará a cabo cuando no haya lluvia excesiva o fundados temores de que ella ocurra, de tal manera que la escorrentía provoque el traslado de material y contaminación o colmatación de las fuentes de agua cercanas, bofedales, etc.

Aceptación de los trabajos

Los materiales se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor relativamente uniforme de 1.00 m de espesor suelto máximo, de tal forma que se vaya conformando paulatina y adecuadamente los materiales en el área del botadero designado.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas deberá tener la pendiente transversal adecuada, que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión. Se deberá tener especial cuidado con las probables zonas fangosas que comprometan la seguridad e integridad de las personas y equipos.

Se deberá procurar en las capas que la conformación de los materiales quede sensiblemente compactada con el paso del Tractor, de tal manera que se asegure la estabilidad del botadero y prevenga los deslizamientos de taludes, erosión y contaminación del medio ambiente.

Medición

El trabajo ejecutado debidamente colocado y compactado, medido en su posición según el alineamiento, cotas y anchos indicados en los planos.

Pago

El pago se hará por metro cúbico (m^3). Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

9.-Geosintéticos

Descripción

Suministro e instalación de geotextil no tejido de 200 y 400 g/m^2.

Este trabajo consistirá en el suministro y colocación de telas del tipo geotextil no tejido para ser utilizadas en diferentes aplicaciones:

- Como protección de la geomembrana LLDPE contra daños por punzonamiento (geotextil 600 g/m^2= geotextil 400 g/m^2 + geotextil 200 g/m^2).
- Como material de filtro para evitar la saturación de finos en el relleno de grava limpia y tuberías HDPE corrugadas (geotextil 200 g/m^2).
- Como elemento importante en otras estructuras indica en los planos.

Los requisitos mínimos para el geotextil especificado deberán ajustarse a lo indicado en la tabla N° 11; los valores de los requisitos indicados representan valores mínimos promedios del rollo en la dirección principal más débil, salvo la abertura aparente, para la cual se indica el máximo valor promedio.

Tabla N° 11

Suministro e instalación de geotextil no tejido de 200 y 400 g/m^2.

Propiedad	Ensayo ASTM	Unidad	Geotextil NT 200 g/m^2	Geotextil NT 400 g/m^2
			Valor mínimo	Valor mínimo
Resistencia a la tracción "Grab Test"	D4632	N	640	1,308
Elongación a la tracción "Grab Test"	D4632	%	> 50	82
Resistencia al estallido "Mullen Burst Test"	D3786	KPa	2,415	3,878
Resistencia a la perforación o punzonamiento rotura	D4833	N	480	868
Resistencia al desgarre trapezoidal	D4533	N	300	525
Resistencia a los rayos ultravioleta (% retenido 500 h)	D4355	%	> 70	> 70
Tamaño aparente de la abertura (AOS)	D4751	mm	0.15	0.125
Permisividad	D4491	S-1	2.2	1
Flujo de agua	D4491	l/min/m^2	6,331	3,200
Permeabilidad	D4491	cm/s	0.7	0.4
Espesor Nominal	D5199	mm	3.2	4.2
Gramaje	D5261	g/m2	200	405

Fuente: Norma GRI Geosynthetic Research Institute.

El contratista proporcionará al supervisor un certificado de calidad en el que se certifique que los materiales cumplen las especificaciones técnicas necesarias. Además, deberá proporcionar al supervisor una copia de todos los resultados de los ensayos realizados por el contratista o

el proveedor, que sean necesarios para asegurar el cumplimiento de los requisitos del contrato.

La aceptación podrá basarse en el certificado de calidad que acompañe los informes de los ensayos y en la inspección visual realizada por el supervisor para identificar posibles daños en el geosintético.

Cuando se requieran muestras para verificar el cumplimiento de los requisitos del contrato, el ingeniero podrá ordenar tomar muestras de un metro de longitud por el ancho del rollo. La muestra deberá indicar el número de lote, fecha de muestreo, número de proyecto, fabricante y el nombre del producto.

Almacenamiento: Los rollos serán envueltos con una cobertura plástica la cual servirá de capa protectora principalmente contra los rayos ultravioleta. El etiquetado, envío y almacenaje seguirán la norma ASTM D 4873. Las etiquetas de los productos mostrarán claramente el nombre del fabricante o del proveedor, nombre, estilo y el número de rollo.

Cada documento de envío incluye una nota certificando que el material cumple con el certificado del fabricante. Cada rollo de geotextil estará envuelto con un material que protegió al geotextil de los daños debidos al envío, agua, exposiciones solares, contaminantes y cualquier otra condición ambiental que pueda afectar los valores de las propiedades físicas del geotextil. La envoltura de protección se mantendrá durante los períodos en envío y almacenaje.

Previamente al inicio de los trabajos el contratista presentará los certificados de calidad de los materiales, su plan de trabajo, plano de distribución de paneles de geotextil, relación de personal, equipos, materiales y herramientas, necesarios para la ejecución de estos trabajos, sin los cuales y la aprobación de la supervisión no se dará inicio a esta actividad. Tener en cuenta que la capacidad y eficiencia se ajustarán al programa de ejecución de los trabajos.

Los rollos deberán colocarse cuidadosamente en sentido transversal al eje del dique y al eje de las zanjas de anclaje en las laderas, siendo el traslape entre los paneles de geotextil un espesor mínimo de 0.10 m.

La colocación del geotextil deberá realizarse sobre una superficie previamente preparada, emparejada, compactada si es posible, y libre de materiales punzo-cortantes. El geotextil deberá colocarse cuidadosamente sin arrugas ni pliegues y no se permitirá el tránsito de maquinaria ni vehículos sobre la tela; asimismo, una vez instalado el geotextil, se restringirá al máximo el tránsito peatonal sobre este. Los rollos extendidos deberán unirse mediante cosido o soldadura por termofusión mediante aire caliente con el leister.

Alternativamente, si el supervisor o el fabricante lo autoriza, la unión podrá ser traslapada, en cuyo caso la longitud de traslape mínima será de 10 cm En las curvas, el geotextil podrá ser plegado o cortado, para adaptarlo al trazado. En general, el doblez o traslape será en el sentido de avance de la construcción, y se mantendrá unido mediante cosido, traslape o soldadura, según corresponda.

En caso de que se produzca un daño en el geotextil, éste será reparado inmediatamente, cubriéndose la zona afectada con un paño del mismo tipo de geotextil, que se extienda como mínimo 1.0 m alrededor de toda la zona dañada.

Suministro e instalación de geomembrana LLDPE, e= 1.5 mm y 2.0 mm

Los trabajos comprenden la provisión y colocación de un manto de geomembrana de LLDPE, con la finalidad de realizar la impermeabilización del talud húmedo de la represa de tierra. Asimismo esta geomembrana será utilizada en otras estructuras de acuerdo a lo indicado en los planos.

La geomembrana de 1.5 mm de espesor debe ser fabricada con material virgen, debiendo cumplir además con las especificaciones técnicas siguientes:

Tabla N° 12

Suministro e instalación de geomembrana LLDPE, e= 1.5 mm

Propiedad	Método de ensayo	Unidad	Frecuencia	Valor MARV
Espesor promedio mínimo (-10 %)	ASTM D-5199 ASTM D-5199	Mm Mm	Por rollo Por rollo	1.50 1.35
Textura	***	***	***	Lisa ambas caras o lisa una cara y texturada la otra cara
Densidad de geomembrana (máxima)	ASTM D-1505 / D 792	g/cm³	90,000 Kg	0.939
Propiedades tensiles: Tensión de rotura elongación de rotura	ASTM D-6693 Tipo IV	KN/m %	9.0 Kg	40 800
Resistencia al rasgado	ASTM D-1004	N	20.0 Kg	150

Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833	N	20.0 Kg	370
Deformación a la rotura axial - simétrica	ASTM D-5617	%	Por Lote	30
Contenido de carbón	ASTM D-1603	%	20.0 Kg	2.0-3.0
Dispersión de carbón	ASTM D-5596	Categoría	20.0 Kg	1.0-2.0
Tiempo de inducción oxidativa (OIT)	ASTM D-3895	Min.	90.0 Kg	100
Envejecimiento en horno a 85° C alta presión OIT (90 días)	ASTM D-5721 ASTM D-5885	%	Por lote	35
Resistencia UV alta presión OIT (1600 Hr)	GRI GM 11 ASTM D-5885	%	Por lote	35

Fuente: Norma GRI Geosynthetic Research Institute.

Asimismo, la geomembrana de 2.0 mm de espesor debe ser fabricada con material virgen, debiendo cumplir además con las especificaciones técnicas siguientes.

Tabla N° 13

Suministro e instalación de geomembrana LLDPE, e= 2.0 mm

Propiedad	**Método de ensayo**	**Unidad**	**Frecuencia**	**Valor MARV**
Espesor promedio mínimo	ASTM D-5994	mm mm	Por rollo Por rollo	2.00 1.80
Textura	***	***	***	Lisa ambas caras o lisa una cara y texturada la otra cara
Densidad de geomembrana (máxima)	ASTM D-1505 / D 792	g/cm³	1 cada 2 rollos	0.939
Densidad de resina	ASTM D-1505ó D 4883	g/cm³	***	0.924
Propiedades tensiles: Tensión de rotura Elongación de Rotura	ASTM D-6693 Tipo IV	KN/m %	1 cada 2 rollos	30 400

Resistencia al rasgado	ASTM D-1004	N	1 cada 6 rollos	220
Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833	N	1 cada 6 rollos	495
Contenido de carbón	ASTM D-4218	%	1 cada 2 rollos	>2 y <3
Dispersión de carbón	ASTM D-5596	Categoría 1 y 2	1 cada 6 rollos	10/10 view
Estabilidad dimensional	ASTM D-1204	%	1 cada 6 rollos	± 2
Tiempo de inducción oxidativa (OIT)	ASTM D-3895	min	***	100

Fuente: Norma GRI Geosynthetic Research Institute.

Todo rollo de geomembrana deberá tener certificación ISO 9002 para garantizar la continuidad y calidad del proceso de fabricación de la geomembrana.

Aceptación del material

La aceptación podrá basarse en el certificado de calidad que acompañe los informes de los ensayos y en la inspección visual realizada por el supervisor para identificar posibles daños en el geosintético.

Cuando se requieran muestras para verificar el cumplimiento de los requisitos del contrato, el supervisor podrá ordenar tomar muestras de un metro de longitud por el ancho del rollo. La muestra deberá indicar el número de lote, fecha de muestreo, número de proyecto, fabricante y el nombre del producto.

Asimismo el contratista deberá entregar los certificados de calibración de los equipos a usar, entre ellos: el tensiómetro, manómetros, etc.

Instalación

En primer lugar, se deberá realizar una inspección visual de la rasante para determinar si es apta para ser revestida. En seguida, las láminas se deberán extender de acuerdo con el panel layout. A cada panel se le deberá asignar un número de identificación y de referencia en el dibujo del plano, más el número de identificación del rollo del fabricante y la fecha en que se dispuso. Los paños tendidos son asegurados utilizando bolsas de arena y/o cualquier otro material de la zona a fin de evitar el levantamiento por acción del viento; dichos elementos permanecerán allí durante todo el tiempo necesario para la correcta fijación y anclaje de la geomembrana. Las zonas correspondientes al anclaje serán presentadas y fijadas temporalmente para realizar los cortes y traslapes necesarios.

Conforme el trabajo va progresando, se deberán registrar los detalles de las dimensiones y el número del rollo del fabricante para cada panel en el formato de registro. Cuando estén en posición, se deberá revisar que los paneles no presenten daños físicos que pudieran afectar adversamente el rendimiento del revestimiento acabado. Se deberá eliminar y descartar cualquier daño en la capa externa de los rollos que podría afectar el rendimiento.

Se deberán registrar todas las áreas reparadas del revestimiento acabado en el dibujo del plano del panel.

Los empalmes se realizarán longitudinalmente y en el sentido de la pendiente del talud. También se podrán realizar empalmes transversales o diagonales, siempre y cuando éstos no sean perpendiculares a la línea de máxima pendiente.

Asimismo, el instalador de la geomembrana entregará un formulario indicando la aceptación del terreno y de ninguna manera extenderá la geomembrana en áreas no aceptadas.

La colocación de la geomembrana se llevará a cabo mediante maniobras adecuadas para el despliegue de los rollos, no debiéndose extender la geomembrana durante períodos de lluvia, condiciones de humedad excesiva, vientos fuertes o cualquier otra condición climática adversa. Esta colocación será realizada de conformidad con los límites y niveles indicados en los planos de diseño y de forma tal de minimizar la formación de arrugas y prevenir los dobleces y pliegues. La colocación de la geomembrana será realizada por el instalador de forma que todas las soldaduras puedan ser orientadas en el sentido del talud.

La geomembrana será extendida en obra de forma de asegurar un solape nominal de 100 mm, y que en ningún caso será menor a 75 mm. El instalador de la geomembrana no dará comienzo a ninguna soldadura para la instalación definitiva de geomembrana en campo sin la calibración adecuada de los equipos de soldadura. Esta calibración será realizada cada vez que se comience a trabajar con un equipo o siempre que ocurran cambios drásticos en las condiciones climáticas durante el período de trabajo.

Al comenzar cada día de trabajo, se deberá efectuar una tira de prueba por máquina. La tira de prueba se deberá hacer al pie de la obra y bajo las mismas condiciones en que se hacen las costuras de los revestimientos. La tira de prueba deberá tener 1,2 m. de largo por 0.30 m. de ancho, con la costura centrada longitudinalmente; de ésta se obtienen los cupones de ensayo.

La descripción de la prueba de adherencia es la siguiente: La parte sobrepuesta del cupón se deberá tirar 180° desde la parte superior de la misma usando un tensiómetro. Un paso se define como una unión en la cual el material de lámina se rompe sin dañar la soldadura; una falla se define como un defecto de adherencia en la costura. Se deberá tener especial cuidado

en que el cupón de muestra sea de 2,54 cm (1”) de ancho, medido en forma perpendicular a la costura. Esto es porque el esfuerzo a que será sometida la muestra se expresa en libras / pulgada lineal y cualquier variación en el ancho alterará dicho valor.

Como mínimo las calibraciones deben ser efectuadas cada cuatro horas (2 por día). El control de calidad en campo utilizado por el instalador de la geomembrana para la calibración de los equipos de fusión y extrusión será documentado, conteniendo la siguiente información:

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de los ensayos de calibración
- Número del ensayo de calibración (cronológico)
- Identificación del equipo de soldadura
- Temperatura ambiente
- Temperatura de precalentamiento (sí aplica)
- Temperatura de extrusión (sí aplica)
- Temperatura de soldadura
- Velocidad de soldadura
- Identificación del técnico soldador
- Resultados de los ensayos de esfuerzo de tensión al corte y al pelaje

Control de calidad

Previamente al extendido de la geomembrana se llevará cabo una inspección visual de cada rollo con el fin de determinar e identificar posibles defectos de fabricación o daños producidos durante el transporte. Sólo se aceptarán los rollos que estén debidamente empacados, que no presenten defectos visibles y que estén adecuadamente identificados.

El contratista se comprometerá a realizar pruebas independientes e inspecciones de todas las láminas y uniones, tanto in-situ como en laboratorios. Asimismo, se encargará del proceso y control de soldadura de las uniones, sean estas mediante el procedimiento de cuña caliente (doble soldadura) o por extrusión.

El instalador de la geomembrana verificará todas las soldaduras realizadas en campo (al 100%), incluyendo las soldaduras por extrusión hechas alrededor de los parches. Esta verificación será realizada por medio de ensayos no destructivos, con el fin de determinar la continuidad de las mismas. Adicionalmente, serán realizados ensayos destructivos para

determinar la resistencia mecánica de las soldaduras y la conformidad de las mismas con los criterios de diseño.

Los ensayos destructivos serán realizados en zonas determinadas en forma aleatoria, donde se juzgue necesario, y en zonas solicitadas por el cliente o por el inspector de control de calidad.

Ensayos destructivos de soldaduras

A medida que los trabajos de soldadura del revestimiento avanzan, se deberán cortar muestras de prueba del revestimiento acabado. El supervisor deberá determinar la ubicación de las muestras destructivas, con no menos de una muestra cada 150 m. de costura. Estas muestras, denominadas muestras destructivas, deberán tener 0.90 m. de largo y 0.45 m de ancho con la costura centrada longitudinalmente.

Los detalles relativos al lugar de donde se cortó la muestra de revestimiento se deberán registrar en el dibujo del plano del panel. Tanto las muestras destructivas como las muestras iniciales se deberán etiquetar, indicando la siguiente información:

- Muestra destructiva o prueba inicial
- Nombre del proyecto y número
- Fecha en que la muestra se soldó
- Grosor de la membrana.
- Número de la muestra o de la costura
- Nombre del soldador
- Número de la máquina de soldar
- Temperatura de la máquina
- Velocidad de la máquina

Prueba de laboratorio de las soldaduras

La prueba de laboratorio consiste en probar el esfuerzo cortante y la adherencia de los especímenes obtenidos de las muestras de campo. La velocidad de separación de la mandíbula de la máquina de prueba (tensiómetro) deberá ser de 2 pulgadas por minuto.

Procedimiento

Cortar muestras para ensayo (cupones) de 15 cm por 2.54 cm de ancho de la muestra de soldadura, de modo que cada muestra para ensayo forme un ángulo de 90° con la soldadura y que ésta quede en el centro de la muestra para ensayo.

Probar el esfuerzo cortante de 5 muestras y la adherencia de otras 5 muestras de ensayo.

Para la prueba de esfuerzo cortante, se debe inmovilizar la lámina superior del espécimen con un grupo de mandíbulas del tensiómetro y la lámina inferior, en el extremo opuesto, con el otro grupo de mandíbulas. Se debe tirar las dos láminas hasta que se separen y se produzca la fractura.

Para la prueba de adherencia, se inmoviliza la lámina superior del espécimen con un grupo de mandíbulas del tensiómetro y el extremo adyacente de la lámina inferior, con el otro grupo de mandíbulas. Se tira las dos láminas hasta que se separen y se produzca la fractura.

Evaluación de los resultados

Todas las pruebas deberán exhibir un tipo de unión en el que el material de geomembrana se rompe antes de la soldadura. En todas las muestras de costura de cuña doble, se deberá probar la adherencia en ambas soldaduras.

Los valores numéricos se usan para evaluar los resultados de las pruebas. Los valores de tensión mínima por pulgada de ancho para las soldaduras se basan en la resistencia a la tracción mínima especificada en el rendimiento del material base para el LLDPE, cuyos mínimos son los siguientes.

Tabla N° 14

Tensión mínima aceptable - geomembrana LLDPE

Prueba	Norma	Fusión	Extrusión	Velocidad	Tipo
PELAJE	ASTM D 6392-99	≥ 80%	≥ 80%	20 Pulg/min	FTB
CORTE	ASTM D 6392-99	≥ 90%	≥ 90%	20 Pulg/min	FTB
PELAJE	ASTM D 4437-99	≥ 70%	≥ 60%	2 Pulg/min	FTB
CORTE	ASTM D 4437-99	≥ 9 %	≥ 90%	2 Pulg/min	FTB

Fuente: Norma GRI Geosynthetic Research Institute.

Ensayos no destructivos de soldaduras

Los ensayos no destructivos incluyen dos ensayos estandarizados por la industria y tecnología de los geosintéticos; estos ensayos son el ensayo de presión de aire para las soldaduras de doble cuña caliente y, el ensayo de caja de vacío y ensayo de descarga disruptiva para las soldaduras de extrusión.

Ensayo de presión de aire (Pressurization Test)

El equipo consiste en una bomba de aire (manual o accionada por motor) equipada con un manómetro capaz de generar una presión de entre 25 y 30 psi. También se necesita una manguera de goma con adaptadores, conexiones y una aguja hueca puntiaguda para introducir presión en el espacio de aire. Las costuras dobles con un espacio de aire cerrado se prueban de la siguiente manera: primero, se sellan ambos extremos de las costuras y luego se inserta la aguja hueca puntiaguda en el espacio de aire entre la soldadura de fusión.

Se introduce aire en el canal, mediante la aguja, conectada a un compresor mediante la manguera de goma, hasta llegar a una presión de 30 psi. Se cierra la válvula y se mantiene la presión entre 25 y 30 psi durante 5 minutos. Si la presión no se puede mantener, localizar el área defectuosa, marcarla y repararla.

La información que se deberá registrar al pie de la obra, será la siguiente:

HR Inicio (HI) / PSI Inicio (PI)

HR Final (HF) / PSI Final (PF)

Fecha: / Operador CC (OP, iniciales)

Ensayo de caja de vacío (Vacum Box)

La prueba de la caja de vacío se deberá utilizar para probar los orificios diminutos. La caja de vacío consiste en un armazón rígido con una junta de neopreno suave unido al perímetro inferior y una ventana trasparente para poder observar desde arriba. Una bomba de vacío está unida a la caja para obtener y mantener una presión negativa de 5 psi dentro de la caja.

La caja de vacío está equipada con una válvula de extracción que libera la presión negativa y mueve la caja a medida que la prueba se realiza.

La prueba consiste en lo siguiente: Se hace una solución de agua y jabón líquido y se humedece una sección de aproximadamente 0,90 m. de longitud de costura con la solución.

Se comprime la caja de vacío sobre el área humedecida y se acciona la bomba para formar un sello alrededor del borde inferior. Se examina la costura, verificando que no pasen burbujas de jabón generadas o movidas por el aire a través de los orificios diminutos. Si no se detectan orificios, se libera el vacío y se pasa a la siguiente sección de la costura, manteniendo una superposición de 12 cm como mínimo, con relación al área probada. Si se detectan orificios, éstos deberán ser marcados, registrados, reparados y, luego, probados nuevamente. La información que se deberá registrar al píe de la obra, será la siguiente:

Prueba de vacío (PV) / OK

Fecha / Operador CC (OP, iniciales)

Prueba de descarga disruptiva

En el caso de aquellas costuras soldadas por extrusión que no se pueden probar por medio de la caja de vacío, se deberá emplear este método haciendo uso de un alambre de cobre de calibre 24 ubicado 1/8" debajo de la superposición de la lámina superior, y un detector holiday que opera a 20.000 voltios. La información que se deberá registrar al pie de la obra, será la siguiente:

Prueba eléctrica (PE) / OK

Fecha / Operador CC (OP, iniciales)

Reparaciones

Con respecto a las soldaduras de campo, en caso de no cumplir con los criterios de diseño y procedimientos de control de calidad descritos, el instalador de la geomembrana procederá a obtener muestras adicionales aumentando progresivamente las distancias de ambos lados de la muestra original hasta que dos muestras consecutivas en cada lado de la muestra original pasen la prueba. En ese momento, el área defectuosa será marcada y se podrá considerar aislada. El procedimiento de reparación consistirá en recubrir el área afectada mediante un manto de geomembrana a ser soldado a la capa inferior y que se deberá extender hasta el área de las muestras que pasaron la prueba. Esta soldadura será nuevamente ensayada.

Todo otro defecto que pudiera presentarse en el transcurso de los trabajos de instalación, como son rayones, punzonados, rasgaduras, ampollas, huecos, etc., serán debidamente identificados, marcados, reparados, reensayados y documentados totalmente. Las reparaciones de agujeros menores a 5 mm podrán ser selladas mediante el uso de la máquina extrusora. Los agujeros de mayor dimensión podrán ser reparados mediante el recubrimiento del área afectada, con un pedazo ovalado de geomembrana (parche) y soldadura continua al manto por extrusión.

Todas las reparaciones serán documentadas por el instalador de la geomembrana como parte integral del procedimiento de control de calidad, con la siguiente información:

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de la soldadura
- Identificación y localización del ensayo destructivo

- Identificación de la reparación
- Identificación del técnico
- Ensayos realizados nuevamente

Certificación e informe final de instalación de la geomembrana.

Una vez finalizados todos los trabajos de instalación de la geomembrana, el instalador de ésta presentará un informe final de obra certificando todos los resultados obtenidos y trabajos realizados según los requerimientos técnicos de diseño y el presente procedimiento de control de calidad. El informe será realizado por el contratista y presentado a la supervisión para su aprobación, debiendo contener como mínimo la siguiente información:

- Listados de todos los documentos concernientes a la obra
- Listado de todo el personal que participó en la ejecución de la obra
- Descripción de todos los trabajos ejecutados
- Descripción de los métodos de instalación utilizados
- Certificación y controles de calidad por parte del fabricante de las Geomembranas.
- Todos los controles de calidad ejecutados durante la instalación
- Certificación completa del trabajo
- Plano a escala, donde se indicará la posición de los rollos (paneles) de Geomembrana y su numeración, localización de los ensayos destructivos y reparaciones mayores.

Medición

Unidad de medida (m^2)

Pago

El pago se hará por metro cuadrado (m^2) instalado. Este precio incluye además de los costos de materiales, mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de esta partida.

10.-Suministro e instalación de gavión caja y gavión colchón

Descripción

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de un conjunto de gaviones tipo caja y colchón, elaborados con una malla uniforme de doble torsión, las que se realizarán de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

Materiales y/o equipos

La piedra para el llenado de los elementos será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias adheridas e incrustaciones, cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la estructura. El tamaño de la piedra dependerá del tipo de malla a emplear, sin embargo, el tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 12" y de forma, lo más regular posible.

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta unión entre los elementos, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre, solamente en relación al peso del elemento del paramento frontal, es de 9% para los elementos de 1.00 m de altura y de 7% para los de 0.50 m.

El alambre utilizado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la instalación en obra, deberá ser de acero dulce recocido, con carga de rotura media superior a 3,800 kg/cm^2 y un estiramiento no inferior a 12% de acuerdo con las especificaciones del BS (British Standard) 1052/1980 "Mild Steel Wire".

El alambre también deberá tener un recubrimiento de Zinc más 5% de aluminio de acuerdo a la Norma ASTM A-856 "Mishmetal Alloy Coated Carbon Steel", cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento y la cantidad de zinc estará de acuerdo a las especificaciones del BS (British Standard) 443/1982 "Zinc Coating on Steel Wire" para revestimiento Clase 3.

Requerimientos de construcción

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el ingeniero supervisor antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el supervisor lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical.

Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales. Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada gavión a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontal como vertical. El amarre se efectuará utilizando el

alambre provisto junto con los gaviones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas cada 10 cm con una y dos vueltas, en forma alternada.

Aceptación de los trabajos

Durante la operación de relleno de los gaviones, deberán colocarse dos o más tirantes de alambre a cada tercio de la altura del gavión de 1.00 m. Estos tirantes unirán paredes opuestas con sus extremos atados alrededor de dos nudos de la malla. Para gaviones de 0.50 m de alto bastará colocar los tirantes en el nivel medio de las cajas.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

Los gaviones vacíos, colocados arriba de una camada ya terminada, deberán coserse a lo largo de las aristas en contacto con la camada inferior de gaviones ya llenos, para lograr un contacto continuo entre los mismos que asegure la monoliticidad de la estructura.

Medición

Las obras con gaviones caja y colchón se medirán por unidad instalada, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

Pago

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el supervisor, será pagado sobre la base del precio unitario del contrato por metro cúbico (m3). Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

11.-Obras de concreto

El proceso constructivo está establecido en las siguientes normas:

Norma ASTM-C-033 – 01a (Especificación estándar para hacer hormigón)

Norma ASTM-C-131 (Resistencia de abrasión para agregado grueso)

Norma ASTM-C-87 (Método de prueba estándar para efecto de las impurezas orgánicas en multa global para la fuerza de mortero)

Norma ASTM-C-150 (Especificación estándar para el cemento Portland)

Norma ACI 211.1 (Procedimientos estándares de Dosificación)

Norma ASTM-C172 (Muestreo y pruebas de calidad de Concreto fresco)

Norma ASTM C 309 (Curado del Concreto)

12.-Suministro e instalación de piezómetros – inclinómetros

Descripción

Una vez instalado el equipo de perforación en las ubicaciones indicadas, se procederá a efectuar las perforaciones con diámetro HQ, hasta alcanzar las profundidades definidas en los planos y memorias del proyecto, que en cualquier caso implicará la perforación hasta mínimo 5 m en roca compacta y no roca fracturada o intemperizada.

Los sondeos serán perforados en materiales sueltos, roca fracturada y roca masiva. Por lo tanto, para tener una buena recuperación de testigos, es imprescindible el uso de muestreadores de triple tubo a lo largo de toda la longitud perforada. Cada equipo de perforación deberá tener como mínimo dos tubos partidos del muestreador triple.

Durante la perforación deberá estimarse el volumen de la pérdida y retorno del agua, así como su coloración.

Finalizada la perforación se procederá a instalar la tubería inclinométrica. La orientación de las dos ranuras opuestas de la tubería inclinométrica deberá ser orientada en dirección paralela al deslizamiento y aprobada por la supervisión.

Seguidamente se rellenará el espacio libre entre la perforación y el tramo ranurado del piezómetro, con arena limpia comprendida entre las mallas ASTM número 10 y la número 30, la misma que se extenderá 1.0 m por encima del extremo superior del tramo ranurado.

Luego sobre dicho material de filtro se colocará un sello de bentonita en pellets, continuando con lechada de cemento hasta la boca de la perforación, según lo indicado por los planos o instrucciones de la supervisión.

Luego, se construirá un bloque de concreto de dimensiones indicadas en los planos, el cual permitirá fijar una protección metálica de 5” de diámetro (con tapa y candado) que sobrepasará como mínimo 50 cm por encima del nivel de terreno final, tal como se indica en los planos.

Finalmente deberá realizarse el pintado con pintura anticorrosiva de la tubería de protección.

Materiales y/o equipos

Todos los materiales que comúnmente se utilizan para la perforación e instalación del piezómetro-inclinómetros, entre ellos los materiales para la perforación, la tubería inclinométrica de Ø=2”, sonda eléctrica y aquellos para la lectura base. La tubería inclinométrica deberá contar con un tapón del mismo material en su extremo inferior. El tramo inferior, de longitud indicada en los planos será cubierto con un manto de geotextil

asegurado a la tubería mediante hilo de nylon. Dicho tramo inferior estará provista de agujeros de ¼" de diámetro dispuestos en un arreglo de tresbolillo y espaciados cada 1", de manera que dicha tubería cumpla el doble propósito de monitoreo inclinométrica de deformaciones a diferentes profundidades, así como del nivel piezométrico del agua subterránea.

Entre otros materiales serán necesarios la arena limpia comprendida entre las mallas N° 10 y N° 30, bentonita tipo pellets, geotextil no tejido de 200 g/m², cemento portland tipo I, agregados para concreto, tubería metálica de protección de Ø= 5", hilo nylon y otros indicados en los planos del proyecto.

Requerimientos de construcción

Previo al inicio de las perforaciones diamantinas, el contratista entregará para aprobación de la supervisión su PETs (Procedimientos escritos de trabajo seguro), indicando la relación del personal técnico involucrado, la relación detallada de equipos (perforadora, brocas, tuberías de perforación, tubería cassing, manómetros, caudalímetros, etc.), accesorios, herramientas e insumos necesarios para la correcta instalación de los piezómetro. Para el caso de los manómetros y caudalímetros se deberá entregar los certificados de calibración, emitidos por entidades autorizadas.

El personal técnico del contratista deberá ser especializado en perforaciones, ensayos geotécnicos e instalación de piezómetro-inclinómetros, debiendo acreditarse su experiencia y eficiencia. El personal técnico deberá incluir un supervisor con por lo menos 10 años de experiencia acreditada y un auxiliar con por lo menos 3 años de experiencia acreditada. Igualmente, las firmas de las subcontratas deberán documentar como mínimo 5 años de experiencia en la ejecución de perforaciones e instalación de piezómetro-inclinómetros.

Aceptación de los trabajos

Concluida la instalación del piezómetro-inclinómetros el contratista deberá realizar la lectura base o mediciones iniciales de la tubería inclinométrica, a cada medio metro de profundidad hasta el fondo de la instalación. Dichas lecturas servirán de referencia o base de comparación para las futuras medidas y poder determinar desplazamientos en cada punto de medición.

Cabe reiterar que al inicio y final de cada turno de perforación, posterior a la instalación y durante el periodo que dure la obra, el contratista deberá efectuar mediciones de los niveles del agua de perforación o nivel freático. El contratista deberá tener una sonda eléctrica en cada máquina de perforación.

Medición

Las obras con gaviones caja y colchón se medirán por unidad instalada, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

Pago

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el ingeniero supervisor por unidad (ml) instalado.

13.-Plan de manejo ambiental

Descripción

El PMA es el instrumento producto de una evaluación ambiental que, de manera detallada, establece las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos negativos que cause el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de relaciones comunitarias, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

Materiales y/o equipos

a. Colocación de depósitos para residuos sólidos y orgánicos.

Dentro de la obra se instalarán depósitos de almacenamiento temporal de residuos sólidos, los cuales serán rubricados y caracterizados de acuerdo al código de colores del D.S. 055, los cuales permitirán un adecuado manejo de residuos.

- **Residuos metálicos** (Contenedor amarillo): Restos de candados, herramientas, alambres, latas de conservas, tarros de leche y/o café, restos de fierro, cable de acero, entre otros.
- **Residuos orgánicos** (Contenedor marrón): Restos de alimentos sin envases plásticos tales como cáscaras de frutas, servilletas, filtros de infusiones, café a granel, pedazos de madera no contaminada, trapos de algodón, entre otros.
- **Residuos de papel y cartón** (Contenedor azul): Restos papel cartones, cajas, envases de tetra pack, entre otros.
- **Residuos plásticos reciclables** (Contenedor blanco): Residuos de material sintético como botellas plásticas, frascos vacíos de plástico.
- **Residuos de vidrio** (Contenedor verde): Restos de vidrio.
- **Residuos generales** (Contenedor negro)**:** Bolsas plásticas, envoltura de galletas, materiales sintéticos (tecknopor), entre otros.
- **Residuos peligrosos** (Contenedor rojo): Baterías usadas, trapos contaminados con aceites, grasas e hidrocarburos, tintas de lapiceros, envases de productos químicos etc.

b. Instalación de servicios higiénicos.

   El contratista, debe contar con baños químicos, los cuales serán instalados dentro de la obra, los cuales tienen por finalidad mantener un ambiente saludable, además de evitar la contaminación por residuos orgánicos de origen fisiológico. Se debe considerar una cantidad de baños portátiles adecuada según el número de trabajadores en el área, se recomienda un baño portátil por cada 20 trabajadores. Colocar estratégicamente los baños portátiles dentro del área de trabajo. Se recomienda instalarlos a una distancia de 60 m del área de trabajo.

c. Colocación de cerco provisional de esteras.

   La zona de trabajo será cercado con malla rache, con la finalidad de evitar mayor influencia en las zonas aledañas a la obra, evitando así proliferar posibles agentes contaminantes, emanados de la obra y evitar posibles daños de compactación en los suelos por el tránsito de vehículos. Esta labor también es importante porque permite el adecuado control del ingreso, a terceras personas sin las medidas de seguridad correspondientes.

d. Supervisión de limpieza y orden en las áreas de trabajo.

   La empresa dispondrá de un personal calificado para ejercer el cargo del área de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; quien es el encargado de monitorear las actividades constructivas de tal forma que se mantenga un ambiente seguro y saludable de trabajo, manteniendo el orden y la limpieza.

Requerimientos de construcción

a. Para controlar la alteración de la calidad del aire y control de ruidos.

- Se humedecerá periódicamente las zonas de trabajo donde se generará excesiva emisión de material particulado, de tal forma que se minimice la emisión de polvo durante el trabajo y tránsito de los vehículos y maquinarias.
- Todo el material que se va a transportar será humedecido en su superficie y cubierto con un toldo húmedo una vez puesto en los volquetes, a fin de minimizar la emisión de polvo, además, la cantidad de material que cargará el vehículo, no excederá la capacidad de carga del mismo.
- Se exigirá el uso de protectores para las vías respiratorias (mascarillas descartables) a los trabajadores y maquinistas que estén expuestos al polvo.

- Se verificará que las maquinarias y vehículos estén en excelentes condiciones mecánicas y de carburación, para minimizar la emisión de gases contaminantes como el dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2), monóxido de carbono (CO); para la cual se llevará un check list de cada maquinaria que opere en la obra.
- Se prohibirá el acceso a la zona de trabajo a todas las personas ajenas al proyecto y también aquellas que no cuente con autorización.
- Todo el personal de obra, que trabaja en las zonas críticas de emisiones sonoras, estará provisto del equipo de protección auditiva necesaria. El sistema de silenciadores de las maquinarias y vehículos, estarán en buen estado de funcionamiento, de tal forma, que se disminuyan los ruidos fuertes y molestos.

b. Para controlar la alteración de la calidad del suelo.

- Los vehículos y maquinarias se desplazarán únicamente por los lugares autorizados para evitar la compactación del suelo. Bajo circunstancias excepcionales y con razones justificadas, se solicitará permiso al supervisor de obra a fin de poder desplazarse sobre lugares no previstos. El abastecimiento de combustible y mantenimiento de las maquinarias y equipo, incluyendo el lavado de vehículos, se efectuará solo en la zona destinada para patio de maquinarias, efectuándose de forma tal que se evite el derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes del suelo.
- Se encuentra prohibido arrojar residuos sólidos domésticos generados en el campamento de obra, sobre el suelo. Por ningún concepto, se permitirá el vertimiento directo de aguas servidas, residuos de lubricantes, grasas, combustibles, etc., al suelo. Al término de la obra, se realizará la restauración de las áreas ocupadas por el campamento u otras instalaciones; la que consistirá principalmente en la eliminación de suelos contaminados con derrames de residuos líquidos (hidrocarburos).

c. Para controlar la alteración de la calidad del agua.

- Por ningún concepto, se permitirá el vertimiento directo de aguas servidas, residuos de lubricantes, grasas, combustibles, etc., a los cursos de agua superficiales.
- se debe revisar frecuentemente el estado de los vehículos y maquinarias a fin de corregir cualquier fuga o escape de lubricantes y/o aceite.
- Se debe evitar en todo momento el lavado de los vehículos y maquinaria en los cuerpos de agua superficial, ya que pueden afectar la calidad del agua.

- Los residuos de aceites, lubricantes y combustibles utilizados por las maquinarias y vehículos deberán ser dispuestos de manera cuidadosa en bidones, los que serán herméticamente cerrados y luego retirados a los depósitos autorizados para su disposición final.

d. Para controlar la alteración excesiva de la cobertura vegetal.

   Para los trabajos de limpieza, tala y desbroce se aplicará el trabajo manual, empleando para ello herramientas simples como: moto-sierras, machetes, hachas, palas, picos, etc. Ya que es una forma de evitar la pérdida de materia orgánica.

   En lo posible se evitará dañar áreas con cobertura vegetal, por lo que se delimitará el área de trabajo y quedará prohibido el tránsito por otras zonas aledañas, salvo que sea con autorización previa por la supervisión.

e. Para controlar la perturbación de la flora y fauna.

   Con la finalidad de evitar la alteración de la vegetación demás plantas cultivadas, además de la fauna silvestre y de los animales domésticos, se realizarán las siguientes actividades:

- Instrucción al personal que trabajará en la obra, en lo referente a la prohibición de utilizar especies arbustivas o herbáceas existentes en el área del proyecto.
- Proteger a la fauna del lugar, durante toda la etapa constructiva del proyecto, agrupándolas en sus respectivas zonas de crianza por sus dueños y manteniéndolas allí durante las actividades de mayor riesgo, a fin de evitar pérdidas por accidentes dentro del área de trabajo, especialmente cuando se van a desarrollar actividades con maquinaria pesada.

Aceptación de los trabajos

El plan de manejo ambiental debe contener lo siguiente:

a. Descripción y evaluación técnica de los efectos previsibles directos e indirectos, acumulativos y sinérgicos en el ambiente, a corto y largo plazo, para cada una de las actividades de hidrocarburos que se plantea desarrollar en el área del proyecto.

b. El programa de monitoreo del proyecto, obra o actividad con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante los indicadores del desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y la eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de medidas correctivas necesarias y aplicables en cada caso en particular.

c. El plan de contingencia, el cual contendrá las medidas de prevención y atención de las emergencias que se puedan ocasionar durante la vida del proyecto.
d. El plan de relaciones comunitarias.
e. Los costos proyectados del plan de manejo en relación con el costo total del proyecto, obra o actividad y cronograma de ejecución.
f. El titular deberá presentar estudios de valorización económica de los impactos ambientales a ocasionarse.
g. Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto al ambiente durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto o actividad.
h. El plan de abandono.

Medición

Mediante decreto supremo 019-2009-MINAM la ley de creación del sistema de evaluación de impacto ambiental, establece la siguiente clasificación para los proyectos comprendidos dentro de su ámbito de aplicación:

a. Categoría I: declaración de impacto ambiental (DIA). Incluye los proyectos cuya ejecución no origina impactos ambientales negativos de carácter significativo.
b. Categoría II: estudio de impacto ambiental semidetallado (EIA-sd). Incluye los proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medidas fácilmente aplicables.
c. Categoría III: estudio de impacto ambiental detallado (EIA-d). Incluye aquellos proyectos cuyas características, envergadura y/o relocalización pueden producir impactos ambientales negativos, cuantitativa o cualitativamente, y significativos, requiriendo un análisis profundo para revisar sus impactos y proponer la estrategia de manejo.

Pago

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el ingeniero supervisor, la unidad de medida es (gbl).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En el análisis del expediente técnico del proyecto de estudio, se utilizó las normas D.S. N° 184-2008-EF y la ley legislativa N° 1017, éstas normas peruanas nos brinda los parámetros del contenido y estudios mínimos que debe contener un expediente técnico de esta envergadura, para lo cual se encontró que dentro de los estudios del proyecto de referencia no se consideraron a la mayoría de los requisitos mínimos para la viabilidad y ejecución del mismo como son los estudios de:
  - ✓ Agrología
  - ✓ Agroeconómica
  - ✓ Mercado y plan de negocios
  - ✓ Análisis de riesgo y vulnerabilidad
  - ✓ Impacto ambiental
  - ✓ Evaluación económica
  - ✓ Aspectos sociales

  Lo cual refiere que dentro de las entidades del estado tales como el gobierno regional de Ancash, no se lleva un control minucioso de los estudios dentro del marco de perfil y expediente técnico de los proyectos y esto conlleva a deficiencias en la ejecución y por ende merma la calidad de ejecución de los mismos.
- Los resultados obtenidos son reflejo de la experiencia de campo de forma descriptiva contrastada con la bibliografía y antecedentes encontrados en internet, libros y otros trabajos de investigación citados en el capítulo de bibliografía. Es por eso que se consideró las siguientes partidas, las cuales son componentes de suma importancia en la ejecución de una represa de tierra.
  1. Obras provisionales
  2. Trabajos preliminares
  3. Movimiento de tierras
  4. Relleno compactado con material de préstamo
  5. Suministro e instalación de tubería HDPE lisa y sólida/perforada
  6. Relleno de grava limpia T.M= 2”/ cama de arena para tuberías
  7. Perfilado de taludes para la instalación de geosintéticos
  8. Acondicionamiento de material eliminado en botaderos

9. Geosintéticos
10. Suministro e instalación de gavión caja y gavión colchón
11. Obras de concreto y
12. Suministro e instalación de piezómetros – Inclinómetros.
13. Plan de manejo ambiental

- En temas de control de calidad según las normas ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el cono de arena NTP 339.143.1999, el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127.1998, el método de ensayo granulométrico NTP 339.128.1999 y la norma GRI geosynthetic research institute para instalación de geosintéticos. En éste proyecto de investigación los instrumentos de investigación y la metodología fueron limitadas, ya que; no se contó con equipos de control de calidad en campo para medir in situ parámetros tales como: densidad de campo, humedad relativa, porcentaje de compactación, entre otros que nos permita identificar con exactitud la calidad del proyecto. Pese a las limitaciones presentadas en campo, se ha recopilado la mayor cantidad de información del proceso constructivo de la represa Lachog (descriptivo), y se plantea una propuesta mejorada de cómo se debería haber realizado el control de calidad en la ejecución de dicha represa de tierra. En base a los antecedentes y bibliografía encontrada del tema.

- Los resultados de la siguiente investigación pueden ser generalizados en otros contextos geográficos similares, ya que las variables de investigación, calidad en el proceso constructivo siempre esta presente en todo proyecto de envergadura. Además que la población y la muestra son iguales en esta investigación, considerándose que no existe una represa de tierra más grande, que la presa de tierra Lachog, en la provincia de Antonio Raimondi y eso da validez a los resultados formulados en la presente investigación de tesis de maestría.

- Contrastando las hipótesis tenemos:
-

Tabla N° 15

Contraste de hipótesis especificas

N°	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	EVALUACIÓN	VALIDACIÓN
01	Con el análisis del expediente técnico se verifica si las especificaciones técnicas y el procedimiento constructivo elaborados por el proyectista, corresponden al entorno del proyecto.	Existe una inconsistencia entre las especificaciones técnicas y el proceso constructivo del expediente técnico del proyecto y el ámbito del proyecto principalmente en las partidas de compactación de material de préstamo, instalación de geotextil y geomembrana.	VERDADERA
02	En base a la teoría encontrada en el tema de especificaciones técnicas y proceso constructivo se desarrolla una propuesta de metodología que asegure la calidad de ejecución.	Se mejora las especificaciones técnicas en el proceso constructivo de 13 partidas principales.	VERDADERA
03	Con la validación de la propuesta del proceso constructivo y especificaciones técnicas en la construcción de presas de tierra Lachog recubierta con geosintéticos se mejora la calidad de ejecución de obra.	No se tuvo las facilidades para realizar un control de calidad del proyecto, ya que la supervisión no realizó un buen trabajo. En conclusión el proyecto no asegura su calidad en el tiempo proyectado.	FALSO

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se generan nuevas hipótesis hacer realizadas en una próxima investigación complementando éste trabajo de investigación:

- Con la obtención de datos de control de calidad realizar un análisis estadístico para verificar la eficiencia en costo y tiempo de ejecución.
- Teniendo la propuesta de lineamientos en el proceso constructivo de la represa de tierra Lachog, validar los resultados en otros proyectos similares en la región Ancash.
-

VI. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general:

1.- Se desarrolló una propuesta de implementación de lineamientos en el proceso constructivos y especificaciones técnicas de las partidas más representativas en la ejecución de la represa de tierra Lachog, ubicada en el distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi, región Ancash, con la finalidad de asegurar la calidad de ejecución de obra en los rubros de materiales, equipos y materiales, requerimientos de construcción, aceptación de los trabajos y medición en 13 partidas fundamentales las cuales son:

- ✓ Obras provisionales
- ✓ Trabajos preliminares
- ✓ Movimiento de tierras
- ✓ Relleno compactado con material de préstamo
- ✓ Suministro e instalación de tubería HDPE lisa y sólida/perforada
- ✓ Relleno de grava limpia T.M= 2"/ cama de arena para tuberías
- ✓ Perfilado de taludes para la instalación de geosintéticos
- ✓ Acondicionamiento de material eliminado en botaderos
- ✓ Geosintéticos
- ✓ Suministro e instalación de gavión caja y gavión colchón
- ✓ Obras de concreto y
- ✓ Suministro e instalación de piezómetros – inclinómetros.
- ✓ Plan de manejo ambiental

Con respecto a los objetivos específicos:

1.- Se analizó el expediente técnico del proyecto: "Construcción de la represa de tierra Lachog, distrito de Chingas, provincia de Antonio Raimondi", se ha concluido que en el estudio definitivo de ejecución presenta las siguientes deficiencias:

- La memoria descriptiva del proyecto cumple con los aspectos generales, pero le falta la descripción de metas a cumplir según D.S. N° 184-2008-EF anexo N° 33.
- En la memoria de cálculo solo existe una especialidad que es la de mecánica de suelos y no cumple con la normativa del ministerio de agricultura y riego que solicita los siguientes estudios :

- Topografía
- Hidrología
- Geología y geotecnia
- Diseño de presas
- Diseño hidráulica y estructural del sistema de riego
- Agrología
- Agroeconómica
- Mercado y plan de negocios
- Análisis de riesgo y vulnerabilidad
- Impacto ambiental
- Evaluación económica
- Aspectos sociales:
    - Diagnóstico de tenencia de tierras
    - Plan de capacitación y asistencia técnica
    - Sensibilización
    - Documentos legales

- En la emisión del informe del laboratorio de mecánica de suelos, cumple con los estándares que pide el reglamento nacional de edificaciones E-50.
- En la descripción de las especificaciones técnicas se encuentran en general y no está por las áreas estipuladas en el según el D.S. N° 184-2008-EF en el anexo N° 21 y la ley legislativa N° 1017, que estipula se debe considerar la descripción del material, método de construcción, calidad de materiales, sistema de control de calidad, método de medición y forma de pago.
- En el diseño de presupuesto de obra y análisis de costos unitarios, cumple las condiciones de la ley de contrataciones del estado PP= CD+GG+UT+IGV según el decreto legislativo N° 1017.
- En el diseño de costos unitarios se tiene:
    a. La mano de obra se encuentra en el régimen de construcción civil.
    b. Las cotizaciones de los materiales fueron realizados en la Provincia de Huaraz.
    c. El porcentaje de herramientas se encuentra en el rango del 3 al 5 % permitido según OSCE.

- De acuerdo con el D.S N° 011-79-VC, los costos indirectos deben contar con un factor de seguridad, en este proyecto no se consideró tal requerimiento.
- El diseño de formula polinómica cumple con la sumatoria de monomios a la unidad del artículo N° 02 del decreto ley N° 21825 para el reajuste correspondiente.
- En el diseño de cálculo de flete terrestre no se considera la tarifa estipulado por el Ministerio de transporte y comunicaciones.
- En el cronograma de ejecución de obra se consideró 4.5 meses de ejecución, sin embargo este dato fue irreal; ya que el proyecto culminó en 6.5 meses.
- En el diseño de panel fotográfico solo existe una secuencias de las vistas panorámicas, mas no los detalles a intervenir con los componentes proyectados.
- En los diseños de los planos no se consideró el equipamiento, seguridad y monitoreo de la presa de tierra.

2.- Se planteó las mejoras y proceso constructivo de la represa de tierra, según el D.S. N° 184-2008-EF en el anexo N° 21 y la ley legislativa N° 1017.

Tabla N° 16

Mejoras de las partidas principales en la ejecución de la represa de tierra.

PARTIDAS PRINCIPALES	**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**	
	PROYECTO	**PROPUESTA**
1.- Obras provisionales	Se consideró la instalación de campamento provisional y cartel de obra.	Se realizó la implementación del área de estacionamiento, mantenimiento y abastecimiento de combustible para las maquinarias.
2.- Trabajos preliminares	Se consideró limpieza de terreno superficial, trazo y replanteo, control topográfico en represa y movilización y desmovilización de equipos.	Se realizó la implementación del tratamiento de explotación y control topográfico en cantera de material de préstamo.
3.- Movimiento de tierras	Se consideró eliminación de material no apto para cimentación, excavación de zanjas de drenaje, dentellón y canal de coronación.	Se implementó las especificaciones del corte y eliminación en roca no apta para cimentación.
4.- Relleno compactado	Se consideró colocado y compactado de material de	Se implementó las especificaciones de

con material de préstamo	préstamo. Selección, habilitación y explotación de material de préstamo de cantera.	características físicas del material de préstamo, granulometría optima de material compactado, ensayos y frecuencias de material colocado y compactado en dique.
5.- Suministro e instalación de tubería HDPE lisa sólida/perforada.	Contempla las características del sistema de empalme de unión flexible, alineamiento y alineación de tubería.	Se mejoró las especificaciones considerando las propiedades de físicas que debe cumplir las tuberías HDPE lisas (Resina PE 80 y 100) utilizadas en el proyecto, de las misma forma se contempla el transporte y manipulación del material, consideraciones previas antes de la instalación, propiedades de la soldadura de termofusión de acuerdo a la norma ASTM 2207/1, control y pruebas de calidad en la tuberías instaladas lisas HDPE.
6.- Relleno de grava limpia TM= 2", para tubería de drenaje.	Se planteó las especificaciones del material de filtro de drenaje, proceso e instalación de relleno compactado del drenaje.	Se mejoró las especificaciones proponiendo los controles de calidad de los materiales, equipos en la instalación del material de filtro de acuerdo a la norma ASTM D-2049, la cual especifica la selección y habilitación en cantera, instalación y requerimientos mínimos de instalación entre otros.

7.- Perfilado de taludes para instalación de geosintéticos.	NO TIENE ESPECIFICACIONES	Se implementó las características físicas del material a emplearse, los equipos necesarios para realizar la actividad, consideraciones previas a los trabajos, control de calidad de los trabajos, medición y forma de pago.
8. Acondicionamiento de material eliminado en botaderos.	Se contempló la remoción, carguío y transporte de material no adecuado a una distancia de 3 km.	Se mejoró con la elaboración de un plan de deposición de material no adecuado en el cual debe contener la previsión de obras complementarias como drenajes, zanjas de coronación etc. Además de conformación y nivelación de rellenos en terraplenes con banquetas dando estabilidad a los taludes.
9.- Geosintéticos	Se consideró el suministro e instalación de geotextil de 200 gr/m2 y geomembrana de espesor de e=1.5 mm	Se implementó las especificaciones del suministro e instalación geotextil no tejido de 400 gr/m2 y geomembrana de espesor e = 2.0 mm, de la misma forma se mejoró las especificaciones del control de calidad en geosintéticos.
10.- Suministro e instalación de gavión caja y gavión colchón.	Se planteó las especificaciones de la explotación y habilitación, selección y acopio, carguío y transporte de roca en cantera, suministro e instalación de colchones antisocavantes en corona y pie de talud.	Se implementó las especificaciones del control de calidad de los materiales de construcción roca y malla, requerimientos mínimos de instalación de colchones antisocavantes forma de llenado, forma de amarrare entre otros.
11.- Obras de concreto	Norma ASTM-C-033 – 01a (Especificación estándar para	Se mejoró con la consideración de las

	hacer hormigón). Norma ASTM-C-131 (Resistencia de abrasión para Agregado Grueso). Norma ASTM-C-87 (Método de prueba estándar para efecto de las impurezas orgánicas en multa global para la fuerza de Mortero).	siguientes especificaciones: Norma ASTM-C-150 (Especificación estándar para el cemento portland). Norma ACI 211.1 (Procedimientos estándares de dosificación). Norma ASTM-C172 (Muestreo y pruebas de calidad de concreto fresco). Norma ASTM C 309 (Curado del concreto).
12.- Suministro de instalación de piezómetros e inclinómetros.	NO TIENE ESPECIFICACIONES	Se implementó las especificaciones de la partida como propuesta para esto se estableció la descripción de la partida, materiales y equipos a utilizar, requerimientos de construcción, aceptación de los trabajos, controles de calidad, medición y forma de pago.
13.- Plan de manejo ambiental	NO TIENE ESPECIFICACIONES	Se implementó el PMA de acuerdo a las normas peruanas normado mediante decreto supremo 019-2009-MINAM.

Fuente: Elaboración propia.

3.- Se realizó la validación de los resultados in situ con la finalidad de comprobar los resultados obtenidos, pero este objetivo no se pudo cumplir ya que, en obra no se tuvo acceso a los datos de control de calidad de las partidas más relevantes del proyecto, como son: compactación de material de relleno, instalación de geosintéticos y obras de concreto armado. En tal sentido no se pudo obtener datos con los cuales realizar un análisis estadístico y validar la hipótesis planteada.

VII. RECOMENDACIONES

1. En la operación y mantenimiento de la presa de tierra, se recomienda que el plan de seguridad de la presa deberá contemplar la creación de este grupo técnico de inspección, toma y proceso de datos.
2. En la ejecución del proyecto, se debe exigir una auditoría pública y privada permanente para este tipo de proyectos, con la finalidad de evitar temas de corrupción.
3. En la elaboración de los estudios del proyecto, apelar a la ética de los profesionales inmersos; ya que muchos de los proyectos ejecutados cuentan con deficiencias técnicas en los expedientes técnicos las cuales conllevan a obras mal hechas que no son sostenibles en el transcurso del tiempo.
4. Promover la innovación de entes del estado en temas de control de calidad de obras e implementarlos con la tecnología necesaria para que pueda cumplir el fin esperado.
5. Se recomienda que el responsable primario deberá elaborar y desarrollar un plan para realizar los controles de seguridad y comportamiento estructural durante la construcción de las estructuras principales y de instalación y protección de los sistemas de auscultación (piezómetros e inclinómetros).
6. Se recomienda que el plan de seguridad de la presa deberá contemplar la creación de este grupo técnico de inspección, toma y proceso de datos. El mismo tendrá, sin que ello implique limitación alguna, los siguientes cometidos:
   - Inspeccionar y aprobar la instalación de cada uno de los instrumentos, así como de sus conductores y terminales. Aprobación de los protocolos de instalación de cada instrumento (piezómetros e Inclinómetros).
   - Verificar las medidas de protección de los sistemas instrumentales instalados durante el período constructivo.
   - El cuidado intensivo de todos los sistemas instrumentales y sus complementos, desde su instalación hasta el fin del período de explotación.
   - La toma de datos y su procesamiento inmediato
   - Inspeccionar periódicamente los distintos sectores de la presa para la detección temprana de cualquier anormalidad visible.

7. Se recomienda que ante incidentes que afecten la seguridad de la presa y obras auxiliares el responsable primario deberá accionar y elaborar:
   - Informe oral: el responsable primario deberá informar a la entidad en este caso la municipalidad distrital de Chingas cualquier situación o incidente que afecte la seguridad de la presa y obras auxiliares por la vía más rápida, luego de efectuada la respectiva comprobación, sin interferir con cualquier reparación, alarma o procedimiento de emergencia necesario.
   - Informe escrito: Luego del informe oral inicial la entidad en este caso la municipalidad distrital de Chingas deberá remitir al gobierno regional de Ancash, con el nivel de detalle adecuado a la complejidad y severidad de la situación o incidente, un informe escrito que incluya:
     - Las causas a las que se atribuye el hecho.
     - Descripción de cualquier suceso o circunstancia inusual observada previamente.
     - Información procesada y su interpretación de los sistemas instrumentales que hayan registrado los fenómenos.
     - Medidas tomadas para evitar el agravamiento de la situación.
     - Descripción detallada de daños a la presa y obras auxiliares y el estado de cualquier reparación ya iniciada, incluyendo, si hubiere, daños a propiedades privadas.
     - Descripción detallada de cualquier lesión personal.
8. Se recomienda que en los casos que no se cumpla con los márgenes de seguridad, o se detecte que existe la posibilidad de colapso para los esfuerzos aplicados, se deberán adoptar las medidas de remediación. Las mismas pueden consistir en una operación con menores exigencias y, por lo tanto, en condiciones más seguras, o bien estructurales o no estructurales que correspondan para reducir los daños en el caso de un eventual colapso.
9. Se recomienda realizar los controles durante el primer llenado del embalse, como tal es necesario su planificación por parte del responsable primario, que, entre otros aspectos, deberá contar con:
   - Un organigrama interno donde consten las responsabilidades jerárquicas en la toma de decisiones durante el primer llenado del embalse. Asimismo deberá figurar la interrelación con el gobierno regional de Ancash, como responsable administrativa de

la verificación del estado de seguridad de la presa. De ser necesario podrá decidirse la formación de una comisión de primer llenado mixta con atribuciones ejecutivas y mayor celeridad de resolución.

- La preparación de un manual del primer llenado del embalse que deberá contener, básicamente, los valores esperados de las distintas fuerzas y acciones que podrán ser detectadas por los sistemas instrumentales instalados; las frecuencias de lecturas instrumentales y de los informes evaluativos del evento; las previsiones para la puesta en carga de los distintos sectores de la obra así como un plan de controles; las previsiones para las eventuales medidas correctivas que pudieran presentarse para mejorar el comportamiento estructural; etc.
- Haber previsto en el plan de acción durante emergencia (PADE) las acciones necesarias ante una emergencia en el llenado del embalse, considerando que puede ser necesario interrumpir el llenado y proceder a descargar el mismo en forma urgente plan que debe estar presente en la propia obra hasta que se concluyan todas las tareas que sea menester llevar a cabo en esta etapa.

10. La seguridad de las presas es una actividad destinada fundamentalmente a la protección pública y el cuidado del medio ambiente. En este sentido el responsable primario de una presa tiene la responsabilidad legal de desarrollar un plan de acción durante emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

    El PADE, en resumen, sirve para identificar las emergencias, proveer los procedimientos para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de avisos. Dicho plan consiste básicamente en:

    - Buscar aspectos comunes de las posibles situaciones de emergencia y realizar el correspondiente análisis de seguridad.
    - Delimitar claramente las responsabilidades de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o falla grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
    - Desarrollar la organización y medios adecuados para poder difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia para comunicar la información sobre incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.

- Identificar grupos afectados, determinar la zona inundable en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa, indicando los tiempos de propagación de la onda de crecida y alturas del agua y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.

11. Se recomienda que el manual de operación de la presa y el embalse deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:
    - Niveles característicos del embalse y las correspondientes franjas.
    - Los niveles máximos y mínimos admitidos en el embalse para cada época del año.
    - La velocidad máxima de variación del nivel del embalse admisible, especialmente en las presas de materiales sueltos y cuando existen riesgos de inestabilidad de laderas.
    - Los resguardos convenientes en el embalse durante épocas de riesgo de crecidas.
    - Caudales mínimos a erogar hacia aguas abajo por requerimientos de usos consuntivos.
    - Caudales mínimos a erogar hacia aguas abajo por requerimientos ecológicos.
    - Definición de la situación de operación normal y extraordinaria.
    - Definición de las crecidas ordinarias y extraordinarias.
12. Se recomienda que en caso que ocurra un sismo máximo de verificación (evento máximo aceptado que la presa debe resistir). Se deberá verificar la estabilidad de las laderas potencialmente deslizables, tanto las que se encuentran en condición natural como las que puedan haber sido afectadas por inundación parcial producida por el embalse. En el caso de ocurrir un evento extraordinario de este tipo, y los consecuentes daños al nivel no aceptables visualmente, se devolverá la seguridad a la presa de tierra mediante el vaciado parcial del embalse por medio del funcionamiento garantizado de vertedero y descargador de fondo.
13. Se recomienda que si una presa falla se realice los siguientes pasos:
    - Descripción de la presa, incluyendo su ubicación regional, los planos básicos (cortes y plantas) que muestren las principales características y dimensiones, y su clasificación de riesgos potenciales.
    - Resumen de la información de ingeniería existente, incluyendo mapas geológicos e información geotécnica.
    - Resultados de las inspecciones visuales incluyendo fotografías y dibujos esquemas de modo de minimizar descripciones.

- Evaluación de la adecuación de los planes de manejo del embalse y mantenimiento de la presa y su influencia en la seguridad de la misma.
- Evaluación de las hipótesis hidráulicas e hidrológicas y de la estabilidad estructural.
- Una evaluación de las condiciones generales de la presa con respecto a la seguridad, basada en las conclusiones de las inspecciones visuales y en la revisión de la información de ingeniería.
- Listado de todos los estudios, investigaciones y análisis adicionales que se consideren esenciales para una correcta evaluación de la presa, conjuntamente con la opinión del personal técnico sobre la urgencia de realización de los mismos.
- Indicación de medidas rectificativas en los procesos de operación y mantenimiento en los que se hayan detectado deficiencias durante la evaluación de la presa en esta fase.
- Resumen de los datos adicionales de ingeniería obtenidos a fin de determinar la capacidad hidráulica e hidrológica de la presa y/o la estabilidad estructural.
- Resultados de todos los estudios, investigaciones y análisis adicionales realizados.
- Evaluación técnica de la seguridad de la presa incluyendo deficiencias y condiciones riesgosas que se hubieren detectado.
- Indicación de medidas rectificativas en los procesos de operación y mantenimiento en los que se hayan detectado deficiencias durante la evaluación de la presa en esta fase.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARADO. Desarrollo histórico, tipología, inventario y técnica de las presas y embalses en el Perú. Revista de obras públicas. Primera edición. Editorial Apolo. Lima, Perú. 2013.

2. AUTORIDAD NACIONAL DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS REPUBLICA DE PANAMÁ. Normas para la seguridad de presas. International committee on large dams. Primera edición. Editorial Panamá.2010.
3. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Normas ACI. United States.2008.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS. Normas ASTM. United States 2008.
5. CARRILLO F. Como hacer la tesis y el trabajo de investigación universitario. Décima edición. Editorial Horizonte.2010.
6. DOMINY. Diseño de presas pequeñas, United States Department of the interior Bureau of Reclamation. Quinta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. Washington D.C. México.2010.
7. ESTAIRE J. Cimentación de terraplenes sobre suelos blandos. Laboratorio de geotécnica. CEDEX. 2011.
8. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Normas EPA Standards. United States.2008.
9. EGÚSQUIZA ECONOMISTAS. Represa de tierra Gallito Ciego. Revista infraestructura Perú. INADE. Proyecto especial Jequetepeque Zaña y andina.2010.
10. G. BRIONES. Resistencia a la filtración de Cimentaciones blandas en presas de tierra. Revista de Obras Públicas. Segunda edición. Editorial primavera. Lima.Perú.2012.
11. GUALPA B., GONZABAY R., CHÁVEZ M. Evaluación económica y análisis del proceso constructivo de la presa de embalse en el parque del conocimiento. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.2012.
12. GEOSYNTHETIC RESEARCH INSTITUTE. Normas GRI. United States.2008.
13. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Reglamento nacional de edificaciones. Publicado en el diario el peruano. Lima. Perú.2006.

14. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Lima. Perú.2010.
15. NATIONAL SANITATION FOUNDATION. Normas NSF Standards. United States.2008.
16. S. HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, L. BATISTA. Metodología de la investigación. Quinta Edición Mc Graw Hill. México. 2010.
17. SOPEÑA L. Comportamiento de suelos blandos españoles bajo terraplenes. Laboratorio de geotécnica.Cedex.1992.
18. SOPEÑA L. y ESTAIRE J. Modelización de los asientos de un terraplén construidos sobre un suelo blando reforzado con columnas de grava. Revista ingeniería civil. 2001.
19. OTERO C. Precarga y drenes verticales. Master en mecánica de suelos e ingeniería geotécnica. Módulo 10: Refuerzo y mejora del terreno.Cedex.2011.
20. OTERO C. Columnas de grava. Master en mecánica de suelos e ingeniería geotécnica. Módulo 10: Refuerzo y mejora del terreno.Cedex.2011.
21. UNIVERSIDAD NACIONAL ANTÚNEZ MAYOLO. Reglamento de Elaboración de Tesis de la Escuela de Postgrado. Ancash. Perú. 1999.
22. URIEL A. Drenes verticales. Curso sobre mejora y refuerzo del terreno. Cedex.1991.
23. http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/presas_flexibles.pdf.
24. http://www.chirapiura.gob.pe/Paginas_Menu/menu_vertical/HISTORIA/Poechos.htm.
25. http://www.mexichem.com.mx/Sol_Integrales/Geosinteticos/pdfs/Manual_Diseno_8aEdicion/capitulo_1_Introduccion_Geosinteticos.pdf.