



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**“GUÍA PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES MEDIANTE
DRENES Y GEOTEXILES PARA CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES EN
ZONAS DE ALTO NIVEL FREÁTICO”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de
Tecnólogo en Construcciones y Domótica

Profesor Guía:

Ing. Humberto Napoleón Bravo Valencia

Autor:

Evelyn Yomaira Moran Dias

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, GUÍA PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES MEDIANTE DRENES Y GEOTEXTILES PARA CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES EN ZONAS DE ALTO NIVEL FREÁTICO, a través de reuniones periódicas con la estudiante Evelyn Yomaira Moran Dias, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan el Trabajo de Titulación”

Ing. Humberto Napoleón Bravo Valencia

C.C 1000872109

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, GUÍA PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES MEDIANTE DRENES Y GEOTEXILES PARA CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES EN ZONAS DE ALTO NIVEL FREÁTICO, de Evelyn Yomaira Moran Dias, en el semestre 2018, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Arq. Patricio Herrera Delgado

C.C. 170357711-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mí autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en la ejecución se representaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Evelyn Yomaira Moran Dias

C.C 120516843-6

AGRADECIMIENTOS

Gracias a **Dios** por permitirme llegar hasta este punto de la vida y crecer profesionalmente; gracias a mis padres por confiar en mí y especialmente a mi **Madre** que cada vez que parecía desmayar me daba ánimos y muchas esperanzas recordándome que hay más de una salida a cada problema que con fe y voluntad podría salir adelante, gracias a todos y a mis grandes amigos que creyeron en mí.

No ha sido fácil terminar lo que empecé, pero gracias a sus aportes, apoyo, cariño hoy eso no cuenta, a Uds, les doy todo inmenso agradecimiento, Dios los bendiga.

Evelyn Yomaira Moran Dias

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi familia, amigos y en especial a mi hijo como resultado que si hay el factor voluntad se pueden lograr todos tus sueños y anhelos, y se la dedico al más grande los arquitectos de la vida “Dios”, por permitirme mantenerme de pie.

Evelyn Yomaira Moran Dias

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo proponer una guía del proceso constructivo para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático, se utilizó durante el estudio el método inductivo y el descriptivo porque permitió el análisis del área a través de los diferentes recursos y elementos que permiten conocer la formación del suelo del sector El Recreo y las cantidad de aportes de agua que recibe y mantiene dentro de él, permitiendo describir las propiedades y los riesgos socio-naturales del sector, para generar respuestas ante la necesidad de establecer estrategias confiables en la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en la construcción de residencias en zona de alto riesgo debido al nivel freático, al mismo tiempo que se evaluaron los diferentes tipos de drenes y geotextiles usados en las construcciones con la finalidad de obtener conocimiento sobre el más apropiado para mitigar los riesgos. Se concluyó, que el geotextil tejido de Poliésteres muy favorable para las estructuras en este sector.

Palabras Claves: Geotextiles, Impermeabilización, drenes, alto nivel freático.

ABSTRACT

The purpose of this research is to propose a guide to the construction process for the waterproofing of foundations with the use of drains and geotextiles in the construction of residential housing in areas with a high water table, the inductive and descriptive method was used during the study. It allowed the analysis of the area through the different resources and elements that allow knowing the formation of the soil of the El Recreo sector and the amount of water contributions it receives and maintains within it, allowing to describe the properties and the socio-natural risks of the sector, to generate responses to the need to establish reliable strategies in the waterproofing of foundations with the use of drains and geotextiles in the construction of residences in high risk area due to the water table, at the same time that the different types of drains were evaluated and geotextiles used in buildings for the purpose of and obtain knowledge about the most appropriate to mitigate the risks. It was concluded that polyester woven geotextile very favorable for structures in this sector.

Key words: Geotextiles, waterproofing, drains, high water table.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedente.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.1.1. Objetivos específicos.....	4
1.4. Alcance	5
1.5. Justificación del proyecto.....	5
1.5.1. Justificación Teórica.....	5
1.5.2. Justificación Práctica	6
1.5.3. Justificación Metodológica.....	6
1.5.3.1. Método descriptivo	6
1.5.3.2. Método Inductivo	9
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Nivel freático.....	10
2.2. Tipos de humedad.....	11
2.2.1. Humedad por capilaridad	11
2.2.2. Humedad por bajo nivel freático.....	13
2.2.3. Humedad por infiltración.....	13
2.2.4. Humedad por condensación.....	14
2.3. Impermeabilización	14
2.3.1. Tipos de impermeabilizantes.....	15
2.4. Geotextiles	16
2.4.1. Función.....	17
2.4.2. Tipos de geotextiles según la forma de fabricación.....	22
2.4.2.1. Tejidos.....	22

2.4.2.2. Tejidos de punto	23
2.4.2.3. No tejidos	24
2.4.3. Propiedades de los geotextiles.....	25
2.4.4. Aplicación de los geotextiles	27
2.5. Cimentaciones.....	27
2.5.1. Propósito de los cimientos.....	29
2.5.2. Función de los cimientos	29
2.5.3. Tipos de cimientos	30
2.5.3.1. Fundación superficial.....	30
2.5.3.2. Fundación profunda.....	33
2.5.4. Impermeabilización de cimientos	35
2.6. Impermeabilización con drenes	36
2.7. Ventajas y desventajas de impermeabilización con geotextiles	36
CAPÍTULO III	38
3.DESCRIBIR LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS REALIZADOS EN LA ACTUALIDAD Y ANALIZAR LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS DE UNA OBRA QUE FUE EJECUTA DE FORMA INADECUADA EN EL SUR DE QUITO SECTOR EL RECREO.....	38
3.1. Fundamentación histórica del sector El Recreo.....	38
3.2. Contextos físico natural y medio ambiente.....	39
3.2.1. Límites	39
3.2.2. Relieve	39
3.2.3. Clima y temperatura	40
3.2.4. Geología.....	40
3.2.5. Vegetación	43
3.2.6. Suelo en el Sector El Recreo	43
3.3. Procesos constructivos de cimientos en viviendas	

residenciales	45
3.3.1. Preparación del terreno	45
3.3.1.1. Inspección visual del terreno	46
3.3.1.2. Ensayos de resistencia del suelo	46
3.3.1.3. Desbroce y limpieza	48
3.3.1.4. Drenajes	48
3.3.1.5. Replanteo del terreno	49
3.3.1.6. Nivelación y Compactación del terreno	49
3.3.2. Cimentación	50
3.3.2.1. Excavación de cimientos	50
3.3.2.2. Niveles y colocación de replantillo	53
3.3.2.3. Acero de refuerzo en cimentación	54
3.3.2.4. Encofrado cimentación	55
3.3.2.5. Colocación de hormigón en cimentación	56
3.4. Análisis de riesgos constructivos de una obra que fue ejecuta de forma inadecuada en el sur de quito sector el recreo	56
CAPÍTULO IV	65
4. MATERIALES Y PRODUCTOS A UTILIZAR EN LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES CON DRENES DE PVC Y GEOTEXILES CONSIDERANDO LA RESISTENCIA Y CALIDAD	65
4.1. Materiales y productos utilizados en la impermeabilización de cimentaciones	65
4.1.1. Impermeabilizantes (tipos)	66
4.1.2. Tipos de geotextil	72
CAPÍTULO V	78
5. GUÍA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES CON EL USO DE DRENES Y GEOTEXILES EN LAS	

CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS RESIDENCIALES EN ZONAS CON ALTO NIVEL FREÁTICO.....	78
CAPÍTULO VI.....	99
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
6.1. Conclusiones.....	99
6.2. Recomendaciones.....	101
REFERENCIAS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol del problema	3
Figura 2	Líquido en un tubo capilar	12
Figura 3	Equilibrio de presiones	13
Figura 4	Geotextil en Filtración.....	18
Figura 5	Geotextil en separación.....	19
Figura 6	Geotextil en función protección	21
Figura 7	Geotextil tejido	23
Figura 8	Geotextil de tejido de punto.....	24
Figura 9	Geotextil no tejidos.....	24
Figura 10	Propiedades de los geotextiles	26
Figura 11	Aplicaciones de los Geotextiles.....	27
Figura 12	Fundación de tira o Spread footing	31
Figura 13	Cimientos de balsa o estera	33
Figura 14	Fundación de pila	33
Figura 15	Ejes perforados	34
Figura 16	Ubicación del sector el Recreo.....	39
Figura 17	Mapa geológico de Quito	41
Figura 18	Consideraciones para inspección visual	46
Figura 19	Tipos de ensayos de resistencia del suelo	47
Figura 20	Tipos de procedimientos para la organización de la red de drenaje	49
Figura 21	Excavación de Cimientos	53
Figura 22	Niveles y colocación de replantillo	53
Figura 23	Acero de refuerzo en cimientos.....	54
Figura 24	Encofrado de cimientos.....	55
Figura 25	Colocación de Hormigón	56
Figura 26	Mapa de las máximas aceleraciones sísmicas esperadas.....	60
Figura 27	Precipitación media mensual Multianual Quito –Observatorio.	61
Figura 28	Precipitación media mensual Multianual Quito –Izobamba.	61
Figura 29	Tendencias de precipitaciones para Quito-Observatorio.....	62

Figura 30 Tendencias de precipitaciones para Quito-Observatorio e Izobamba.....	62
Figura 31 Impermeabilización de cimientos corridos drenaje de encachado ...	83
Figura 32 Impermeabilización de cimientos corridos drenaje de lámina nodular	84
Figura 33 Vista real de la impermeabilización de cimientos corridos drenaje de lámina nodular	84
Figura 34 Impermeabilización de losa de cimentación.....	88
Figura 35 Impermeabilización de cimentación, muros de sótano y solera (con alto nivel freático)	94
Figura 36 Impermeabilización de zapata y solera	97
Figura 37 Vista real de la impermeabilización de zapata y solera.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de impermeabilización	16
Tabla 2 Resistencias aproximadas según tipo de suelo.....	47
Tabla 3 Grados de compactación permisibles en la construcción de infraestructuras.....	50
Tabla 4 Niveles de esponjamientos del suelo	52
Tabla 5 Radios de doblado de acero.....	54
Tabla 6 Valores del Z en relación a la zona sísmica	59
Tabla 7 Matriz de Riesgos del sector El Recreo.....	64
Tabla 8 Tipos de impermeabilización	67
Tabla 9 Drenaje e impermeabilización	71
Tabla 10 Tipo de geotextil	72
Tabla 11 Cuadro comparativo de Geotextiles comerciales y ventajas	73

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedente

El nivel freático es otro factor a considerar, es decir, la profundidad y el nivel de agua sobre el que se encuentra un terreno esto influye en los costos de construcción y el proceso a realizar.

El crecimiento de la población en el Distrito Metropolitano de Quito ha obligado a la construcción de viviendas en sectores de altas pendientes, rellenos, bordes de quebradas y lugares de poca estabilidad, donde la EPMAPS (Empresa Pública, Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento), realiza obras de infraestructura pese a que las condiciones geológicas geotécnicas no sean siempre favorables.

El Sur de la Ciudad de Quito ha presentado continuamente el crecimiento de la zona urbana donde la necesidad de la implantación de obras de ingeniería se hace cada vez más compleja debido a la diversidad del medio geológico geotécnico. En el sur de la ciudad de Quito se ha detectado zonas donde el nivel freático es casi superficial, debido a esto se debe tomar medidas de seguridad del personal y equipo de construcción ante la presencia de suelos con pésimas características mecánicas , que pueden ocasionar excesiva deformación de las paredes de las mismas o dar origen a deslizamientos, para minimizar estos problemas se recomienda rapidez en el proceso constructivo, protección de los taludes contra efectos dañinos de la lluvia o utilizar un tipo de drenajes en cimentaciones para minimizar la humedad en paredes.

1.2. Formulación del problema

En el sur de Quito, sector el Recreo se requiere fomentar el uso del sistema constructivo de impermeabilización con drenes para evitar las filtraciones de agua por capilaridad debido al alto nivel freático.

En algunas construcciones debido a presupuesto por parte de los usuarios que pretenden iniciar una construcción sea esta en baja o de alta magnitud no realizan el estudio de suelo correspondiente para determinar en qué características físicas y mecánicas se encuentra el suelo las cuales son uno de los causales para que obtengan falencias a futuro.

Es importante señalar, que a partir del año 2014 hasta el 2017 se han contabilizado 27 casas afectadas en Quito durante el invierno. El encargado de la dirección del COE Metropolitano lo expresa todo esto debido a los problemas en sus estructuras, pero estos problemas tienen una raíz y esto recae en el mal uso de materiales de la construcción ya sea por parte del usuario o constructor que para minimizar un presupuesto no estudia los pros y contra de los materiales a utilizarse.

En algunos casos se ha determinado que otro de los puntos para una mala construcción donde se puede obtener nuestro problema de humedad en paredes por capilaridad son la mano de obra donde carecen de apoyo y dirección técnica, dado esto algunos "maestro de obras" ejecutan el proyecto sin criterio alguno y como resultado tenemos el mal diseño y por ende obtendremos como otra causa las falencias constructivas en nuestra edificación.

Las zonas con humedad que se observan en las casas, ocurren debido a la capilaridad, siendo este un proceso natural que permite que el agua y las sales minerales que contienen los suelos suban por medio de los poros de los diferentes materiales, que se usaron para la construcción de las estructuras, todo esto da paso por las causas antes mencionadas.

El agua contenida en los suelos empieza a subir desde las cimientos de la estructura hasta llegar a las partes más superficiales de ella, dependiendo de su porosidad. La construcción puede sufrir daños diferentes ya que no afecta solamente su lado estético produciendo manchas, abombamiento de pintura y desconchones que desestabilizan paredes y muros al perder masa.

Las afectaciones más allá de lo estético también son en la salud del inquilino debido a los hongos el moho con sus esporas en el aire que afectan a bebés y ancianos desarrollando alergias, infecciones ya q son más vulnerable en casos más graves y en algunos están los ácaros que afectan al sistema respiratorio de las personas, el frio por el exceso de humedad afectan dando lugar también a los resfríos problemas pulmonares, reumáticos. Todos estos efectos dan un resultado negativo para nuestra edificación dado que con muchos problemas y sus determinados efectos obtendremos una depreciación de nuestra construcción, aunque muchos optan por la rehabilitación algunos son muy costosos y afectan el bolsillo del usuario.

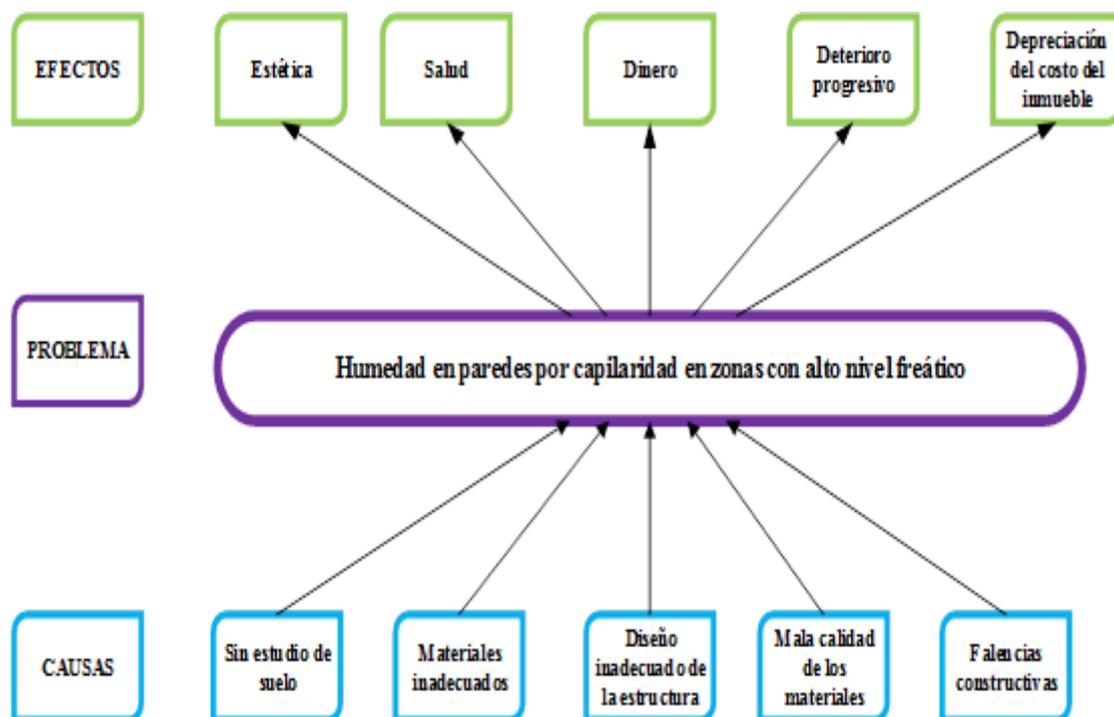


Figura 1 Árbol del problema

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer una guía del proceso constructivo para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático.

1.3.1.1. Objetivos específicos

- Describir los procesos constructivos realizados en la actualidad del sector el Recreo como base específica en el uso de drenes y geotextiles en la cimentación de residencias mediante un estudio de campo.
- Analizar los riesgos constructivos de una obra que fue ejecutada de forma inadecuada en el sur de Quito sector el Recreo por medio de la ecuación $\text{Riesgo} = \text{Amenaza (condición)} + \text{Impacto (consecuencia)}$ que será realizada en formato Word o Excel.
- Determinar los materiales y productos a utilizar en la impermeabilización de cimentaciones con drenes PVC y geotextiles considerando la resistencia y calidad mediante un estudio documental y de campo.
- Establecer las ventajas en cuanto a vida útil, economía y mantenimiento del producto seleccionado para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático a través de un estudio documental.
- Señalar las características del tipo de suelo del sector El Recreo mediante la revisión bibliográfica recolectando los datos proporcionados el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

- Elaborar una guía del proceso para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático.

1.4. Alcance

El estudio tiene como objetivo elaborar una guía del proceso constructivo para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático, la cual debe ser de lectura accesible y detallada de todos los procedimientos a realizar.

De igual manera, se procederá a recopilar datos del proceso constructivo como base en la impermeabilización en el Sur de Quito sector el Recreo, debido al alto nivel freático, estudiando los riesgos por el mal uso de la mano de obra, materiales no aptos y falencias constructivas, analizando así las ventajas de los materiales y productos a usar tomando en cuenta, como material principal los drenes PVC y geotextiles para la impermeabilización, en cuanto a detectar el problema solo se analizará las causas de humedad por capilaridad en niveles freáticos subterráneos, no se estudiará los superficiales ocasionados por el clima. Tampoco, se realizará estudios de suelos, diseño de estructuras, instalaciones eléctricas ni sanitarias y el proyecto solo abarcará estructura que posean hasta dos pisos.

1.5. Justificación del proyecto

1.5.1. Justificación Teórica

Un problema que se encuentra con frecuencia en cimientos de construcciones residenciales es la presencia del nivel freático. Conociendo que la existencia de agua ocasiona una reducción en las características y propiedades resistentes en el suelo saturado. Por otra parte, es necesario que se garantice que el ingreso de agua sea mínimo y de simple drenaje.

El sistema de drenaje tiene gran importancia dentro de los procesos constructivos, siendo destinados a recolectar y canalizar las aguas subterráneas.

Uno de los métodos que se utiliza frecuentemente es el de drenaje por geotextiles, estos son diseñados para ser utilizados en cualquier tipo de proyecto de achique con el fin de evitar obstrucción en el sistema por presencia de partículas sólidas. Por poseer un alto nivel de permeabilidad, facilita el desalojo de agua y la consolidación del terreno.

Basado, en estas premisas se considera como un método óptimo para el drenaje de los cimientos de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático

1.5.2. Justificación Práctica

Para los problemas de impermeabilidad de cimientos en construcciones de residencias en áreas de alto nivel freático, es necesario que se apliquen técnicas que permita la salida de las aguas retenidas alrededor de la construcción producto de la ausencia de pendientes o fallas.

Por ello, surge la necesidad de garantizar que el método seleccionado evite la saturación de agua en el suelo que pueda afectar los cimientos en estructuras residenciales. No obstante, a pesar de existir diversos tipos de drenaje los geotextiles permiten alargar la vida útil del dren, debido a que emplea distintas dimensiones y texturas que salvaguardan las tuberías evitando que la tierra y otros elementos que puedan obstruir las ranuras.

1.5.3. Justificación Metodológica

1.5.3.1. Método descriptivo

A continuación, se describen los procedimientos establecidos para el desarrollo de la guía para la impermeabilización partiendo de la documentación previa

(estadísticas, estudios de mercado, herramientas y materiales) esto permitirá comprobar la factibilidad de las respuestas que surgen para satisfacer las necesidades establecidas. Por lo tanto, se ejecutarán los siguientes procedimientos:

El primer paso: se describirán los procesos constructivos realizados en el lugar objeto de estudio. Realizando las siguientes actividades:

- Revisión de documentación previa de los beneficios provenientes de los drenes y geotextiles.
- Realizar estudio de costos directos en una tabla en formato Excel sobre los materiales y productos necesarios.

El segundo paso: se analizarán los riesgos constructivos de obras desarrolladas de formas inadecuadas en Quito específicamente en la zona sur .

- Elaboración de una tabla, que incluya amenaza, impacto dando como resultado el riesgo.

Amenaza (condición)	Impacto (consecuencia)	Riesgo

- Realizar visitas al sector El Recreo; utilizan la tabla de Amenaza (condición), Impacto (consecuencia) y Riesgo para recolectar la información fiable de los riesgos que se encuentra implícitos en las construcciones inadecuadas.
- Registrar información identificada y categorizarla en una matriz de riesgo donde se asigne un valor al nivel de riesgo.

Tercer paso: consiste en identificar los productos y materiales que permitan desarrollar el proyecto.

- Documentación en la web sobre la comercialización de materiales y productos.
- Registrar los sitios web que generan información sobre los materiales requeridos que se encuentren en el mercado.
- Elaborar un cuadro comparativo de los productos y materiales existentes que establezca los aspectos económicos y técnicos.

Cuarto paso: se procede a establecer las ventajas en cuanto a aspectos económicos, tiempo de utilidad y el mantenimiento de la impermeabilidad de cimientos utilizando drenes y geotextiles.

- Revisión de la documentación previa de estudios establecidos.
- Identificación de las ventajas tomando como referencia el marco económico, tiempo de vida y mantenimiento.

Quinto paso: se señalan las características del tipo de suelo del sector El Recreo.

- Visita al municipio, departamento de división y catastro para la solicitud de información sobre el tipo de suelo del sector El Recreo.
- Solicitar información sobre la normativa vigente sobre construcción de residencias.

Por último, se establecerá la recopilación antes caracterizada para contextualizar la guía para la impermeabilización de cimientos para la construcción de residencias en áreas de alto nivel de freático utilizando drenes y geotextil.

- Elaborar el formato de la guía, este será digital e impreso, donde se explicará de forma detallada cada proceso para la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático.
- Establecer el modelo de guía con los antecedentes, objetivos y alcance.

- Realizar la guía para la impermeabilización de cimientos con drenes y geotextil en las construcciones residenciales en zonas de alto nivel freático.

1.5.3.2. Método Inductivo

Posteriormente, al estudio y de los factores implicados en la investigación son tomadas como propuestas que sirven como apoyo a los resultados establecidos, se prosigue a desarrollar la guía, de forma, que se puedan propiciar respuestas ante la necesidad de establecer estrategias confiables en la impermeabilización de cimentaciones con el uso de drenes y geotextiles en la construcción de residencias en zona de alto nivel de acumulación de agua subterránea.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Nivel freático

El Nivel freático, también llamado nivel superior de una superficie subterránea en la que el suelo o las rocas están permanentemente saturados de agua. Este separa la zona de agua subterránea que se encuentra debajo de ella de la franja capilar o zona de aireación, que se encuentra por encima de ella. Fluctuando tanto con las estaciones como de año en año, debido a que se ve afectado por las variaciones climáticas, la cantidad de precipitación utilizada por la vegetación y al retirar cantidades excesivas de agua de los pozos o recargarlos artificialmente (López, Fornés, Ramos, & Villarroya, 2009).

El nivel freático describe el límite entre la tierra saturada de agua y la tierra insaturada. Debajo del nivel freático, las rocas y el suelo están llenos de agua. Los bolsillos de agua que existen debajo del nivel freático se llaman acuíferos. Además, en un área puede fluctuar a medida que el agua se filtra hacia abajo desde la superficie.

Filtrándose a través del suelo, los sedimentos y las rocas. Esta agua incluye precipitación, como lluvia y nieve. El riego de los cultivos y otras plantas también puede contribuir a un nivel freático creciente.

Este proceso de filtración se llama saturación. Los sedimentos o las rocas que están llenas de agua están saturadas. El nivel freático se encuentra encima de lo que los expertos llaman zona de saturación o zona freática. El área sobre el nivel freático se llama zona vadosa.

Los niveles freáticos a menudo (pero no siempre) siguen la topografía, o las inclinaciones hacia arriba y abajo, de la tierra sobre ellos. A veces, un nivel

freático se cruza con la superficie terrestre. Un manantial o un oasis podría ser el nivel freático que se cruza con la superficie. Un cañón, un acantilado o una ladera inclinada pueden exponer un río o lago subterráneo que se encuentra en el nivel freático del área.

Además de la topografía, los niveles freáticos están influenciados por muchos factores, incluidos la geología, el clima, la cobertura del suelo y el uso de la tierra.

La geología a menudo es responsable de la cantidad de filtro de agua que se encuentra debajo de la zona de saturación, por lo que el nivel freático es fácil de medir. Las rocas ligeras y porosas pueden contener más agua que las rocas pesadas y densas. Un área subyacente con piedra pómez, una roca muy ligera y porosa, tiene más probabilidades de contener un acuífero más lleno y proporcionar una medición más clara para un nivel freático. El nivel freático de un área subyacente con granito duro o mármol puede ser mucho más difícil de evaluar.

El uso de la tierra también puede influir en el nivel freático de una zona. Las áreas urbanas a menudo tienen superficies impermeables, como estacionamientos, por ejemplo. Las superficies impermeables evitan el proceso de infiltración del agua en el suelo a continuación. En lugar de ingresar a la zona de saturación del área, el agua se convierte en escorrentía.

2.2. Tipos de humedad

Los tipos de humedad son los siguientes:

2.2.1. Humedad por capilaridad

Se producen por el ascenso del agua del terreno mediante los materiales de la estructura (cimientos, soleras y muros) con la que hace contacto. Siendo el

resultado del fenómeno de tensión superficial presente entre la superficie de contacto y el agua (ANFI, 2016).

La tensión superficial, se define como la combinación de fuerzas atracción, estas dependerán a la cantidad de moléculas por unidad de volumen, aumentando la tensión en las masas de agua y disminuyéndola en las de aire. Resultando de la atracción hacia el líquido, generalmente los líquidos toman forma esférica debido a que le dan mayor estabilidad por tener un área de contacto pequeña (ANFI, 2016).

Por otra parte, el fenómeno de tensión superficial ocasiona que la superficie en los líquidos en un tubo, sea curva y para el H_2O (agua) esta tendrá forma cóncava. Por ello, se genera una diferencia de presión en los dos lados. En el caso de que el líquido este en un tubo capilar, la diferencia de presión será grande, ya que el radio es pequeño.

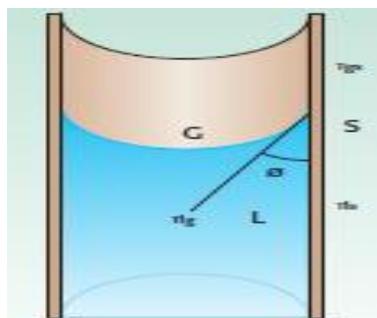


Figura 2 Líquido en un tubo capilar
Tomado de: ANFI, (2016).

Al sumergir en un recipiente de agua un tubo capilar, el líquido en el interior del tubo tiene una mayor presión en la superficie que del líquido en el exterior. Debido a que, los dos líquidos deben tener igual presión, elevándose el líquido en el tubo capilar hasta alcanzar una altura H por encima del líquido exterior logrando un equilibrio entre estas.

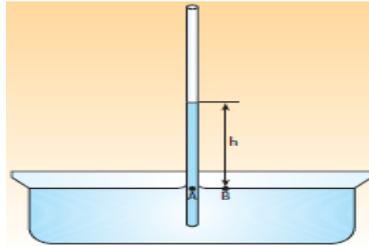


Figura 3 Equilibrio de presiones
Tomado de: ANFI, (2016).

La mayoría de los materiales de construcción incluyen un número considerable de canales capilares con un diámetro de micro, debido al equilibrio de fuerzas, opuestas a la gravedad. En el caso de materiales de grandes dimensiones en fisuras o poros como la arena y grava no se aplica este principio debido a que, las fuerzas moleculares de cohesión del líquido sobrepasan las fuerzas de atracción de las paredes.

2.2.2. Humedad por bajo nivel freático

Se producen por la intervención de la presión hidrostática de agua producto del elevado nivel de la capa freática. Este se facilita por el alto grado de permeabilidad que tienen los materiales con grades espacios vacíos en el interior (ANFI, 2016).

2.2.3. Humedad por infiltración

Esta se produce debido a la cantidad de agua que logra entrar desde afuera, hacia la parte interna de la edificación y se hace visible en paredes o techos. Las precipitaciones son la causa principal de las infiltraciones de agua, que generan humedad, aunque en algunos casos se debe a fugas en las tuberías de agua. Los aspectos más comunes y resaltantes para reconocer una infiltración son las manchas oscuras y astillas que se observan en la pared. Además, también pueden causarse por el efecto de la presión hidrostática, como producto de la inserción del agua de lluvia o riego en el terreno (ANFI, 2016).

2.2.4. Humedad por condensación

Este tipo de humedad por condensación se genera debido a que la temperatura de la edificación es más alta que la del ambiente natural. Se forma en una superficie cuando la temperatura está por debajo del punto de rocío del aire que está en contacto con ella. Este punto varía según la temperatura ambiente, aumentando en las áreas más frías como paredes exteriores o fachadas, así como en superficies no absorbentes como ventanas.

También, es conocida como el resultado de la licuación del vapor de agua sobre estructuras frías en condiciones de presión específica, humedad relativa y temperatura (ANFI, 2016).

2.3. Impermeabilización

Es la forma, como se protege un sustrato para evitar que el agua o cualquier líquido se infiltre, sea por presión hidrostática o capilaridad. Este método garantiza que se establezca un sistema sin fisuras mediante la aplicación de membranas elásticas y duraderas (Girón & Ramírez, 2016).

Es una técnica utilizada en las industrias de construcción para detener los efectos del proceso de infiltración de líquidos en el medio ambiente en los sistemas. La impermeabilización preserva la resistencia y la durabilidad de las superficies de concreto en un edificio.

Es necesaria cada vez que una estructura se construye a nivel del suelo o bajo tierra. Las consideraciones de impermeabilización y drenaje son especialmente requeridas en los casos en que es probable que se acumule agua subterránea en el suelo y eleve el nivel freático. Este nivel freático más alto hace que la presión hidrostática se ejerza debajo de los pisos del sótano y contra las paredes del sótano.

La presión hidrostática fuerza el paso del agua a través de las grietas en las paredes de los cimientos, a través de las aberturas causadas por la expansión y contracción de la junta de la pared de la base y la base y por las grietas del piso. La presión hidrostática puede causar daños estructurales importantes a las paredes de los cimientos y es probable que contribuya a la formación de moho, descomposición y otros problemas relacionados con la humedad.

2.3.1. Tipos de impermeabilizantes

Existen tres métodos principales para proporcionar protección contra las aguas subterráneas en los sótanos residenciales. Estos se definen como sistema Tipo A (Barrera), sistema Tipo B (Integración Estructural) y sistema Tipo C (Drenado). La aplicación está influenciada por las condiciones del suelo y el uso propuesto de la construcción (Girón & Ramírez, 2016).

El método tradicional de impermeabilización de sótanos domésticos en Gran Bretaña era un único método de barrera (Tipo A) o protección drenada (Tipo C). Los primeros materiales utilizados en la construcción de sótanos se han desarrollado desde entonces en membranas de impermeabilización más duraderas.

Se han desarrollado enfoques alternativos adicionales, mediante los cuales se elimina la presión hidrostática sobre la estructura de la pared. Estos métodos incorporan una manta de drenaje alrededor del perímetro del sótano, junto con un drenaje efectivo debajo de la losa del piso y alrededor del edificio. La idoneidad depende de las características de drenaje del suelo y la topografía.

Una combinación de sistemas también puede ser una solución de diseño apropiada. Por ejemplo, la aplicación de sistemas de impermeabilización adicionales a una estructura Tipo B mejorará el control del vapor de agua o proporcionará una mayor protección contra la entrada de agua.

Cada uno de estos métodos es viable para sótanos domésticos en Gran Bretaña, dependiendo de la preferencia del especificador, las condiciones del sitio, el tipo de desarrollo y el riesgo percibido. La siguiente tabla proporciona un resumen de la protección de impermeabilización apropiada para los riesgos variables asociados con los niveles freáticos y medidas adicionales útiles para reducir el riesgo dependiendo de los detalles del proyecto.

Tabla 1 Tipos de impermeabilización

Riesgo asociado con la tabla de agua	Clasificación de la tabla de agua (ver notas)	Tipo B (estructuralmente integral)			
		Tipo A (Barrera)	Muro relleno	Muro de hormigón armado	Tipo C (Drenado)
	Bajo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Bajo	Variable	Aceptable si la clasificación 'variable' se debe a aguas superficiales: busque el consejo del fabricante.	Aceptable donde: a) la pared apilados es directamente accesible para reparación y mantenimiento desde el interior de la estructura. b) la pared apilados se combina con una membrana impermeabilizante completamente consolidado.	Aceptable	Aceptable
Alto	Alto	Aceptable cuando: a) se utiliza una capa cementicia multicapa apropiada o revestimiento cementoso. b) la pared es de hormigón.	c) la pared apilados se enfrenta internamente con un muro de hormigón.	Aceptable	Aceptable

Tomado de: Girón y Ramírez, (2016)

2.4. Geotextiles

Los geotextiles son definidos como cualquier material textil permeable utilizado para fines de filtración, drenaje, separación, refuerzo y estabilización como parte integral de las estructuras de ingeniería civil de la tierra, roca, otros materiales de construcción. Además, es un material que se utiliza en contacto con el suelo y otros materiales en la ingeniería geotécnica y civil. Se puede utilizar para edificios ferroviarios, carreteras, presas, canales, drenajes, vertederos, separación de suelos, etc. (Ballester, Castro, & Gil, 2000).

las poliamidas, poliésteres y las poliolefinas (polietileno y polipropileno) son los principales. El uso de los primeros geotextiles data de los años 1960 y los primeros referentes del uso de estos materiales, son las obras dentro del mar en Holanda. Se utilizaron para drenar y filtrar los líquidos presentes, desde este instante el diseño y la aplicación tecnológica se desarrolla Europa y en Estados Unidos, se obtienen otras funciones de refuerzo y separación del terreno en áreas como la ingeniería civil (Geosistemas PAVCO, 2009).

Para el año 1977, se produce un evento importante en la historia de estos materiales porque aparece la palabra geotextil. Cabe destacar, que ocurrió en un Simposio Internacional, referente al empleo de textiles en la Geotecnia y realizado en París, donde J.P. Giroud bautizó con ese nombre los productos. Desde ese momento se preparan conferencias y congresos con el fin de encontrar mayores avances para el desarrollo tecnológico y las normas que deben ser aplicadas sobre esos materiales (Ballester, Castro, & Gil, 2000).

2.4.1. Función

Los artículos textiles usados bajo el suelo se llaman geotextil. Los productos se utilizan para el refuerzo de calles, terraplenes, estanques, tuberías y aplicaciones similares. Dependiendo de la función requerida, se usan en versiones de malla abierta, como una estructura tejida o, rara vez, tejida por urdimbre, o con una superficie de tela cerrada, como un tejido no tejido.

El modo de funcionamiento de un geotextil en cualquier aplicación se define mediante seis funciones discretas: separación, filtración, drenaje, refuerzo, sellado y protección. Dependiendo de la aplicación, el geotextil realiza una o más de estas funciones simultáneamente (Ballester, Castro, & Gil, 2000).

Filtración

Se define como el sistema geotextil-suelo de equilibrio que permite un flujo de líquido adecuado con una pérdida de suelo limitada en el plano del geotextil a lo largo de una vida útil compatible con la aplicación considerada. En la filtración, las telas pueden ser tejidas o no tejidas, para permitir el paso del agua y la retención de las partículas del suelo (Geosistemas PAVCO, 2009).

La porosidad y la permeabilidad son las principales propiedades de los geotextiles que involucran la acción de filtración. La aplicación ayuda a reemplazar los filtros agregados graduados por una deformación geotextil. Estas aplicaciones también son adecuadas para desagües horizontales y verticales. Una común aplicación que ilustra la función de filtración es el uso de un geotextil en un drenaje del borde del pavimento, como se muestra a continuación.

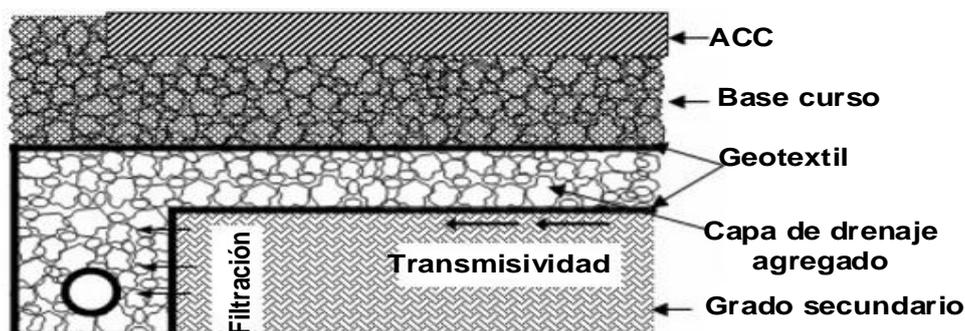


Figura 4 Geotextil en Filtración
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

Separación

La separación se define como la introducción de un tejido flexible poroso colocado entre materiales diferentes para que la integridad y el funcionamiento de ambos materiales puedan permanecer intactos o mejorarse (Geosistemas PAVCO, 2009).

En aplicaciones de transporte, la separación se refiere al papel del geotextil en la prevención del entremezclado de dos suelos adyacentes. Por ejemplo, al

separar el suelo de la subrasante fina de los agregados de la capa base, el geotextil conserva el drenaje y las características de resistencia del material agregado. El efecto de la separación se ilustra a continuación.

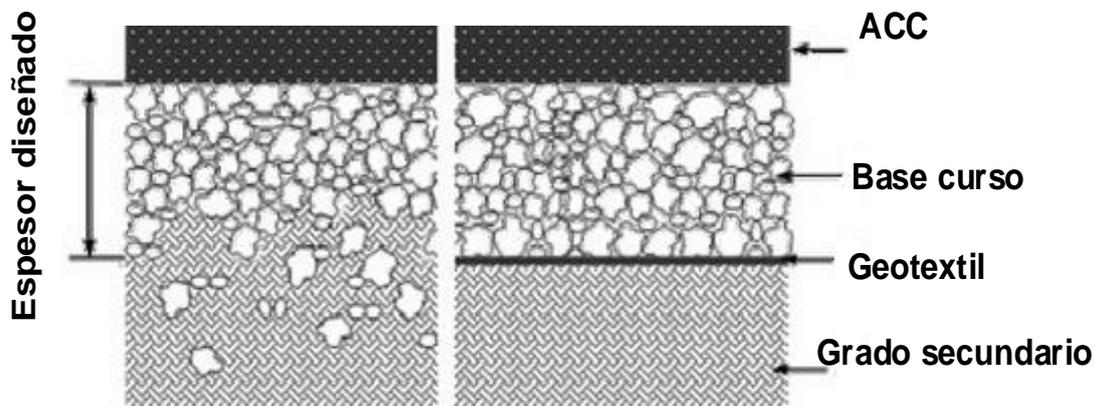


Figura 5 Geotextil en separación
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

Se usan en todas las clases de carreteras y bases civiles similares, ya que la base de construcción en la capa contaminada es la causa principal de fallas prematuras. El uso del separador evita el efecto de bombeo creado por la carga dinámica y también ayuda al paso de agua al tiempo que retiene las partículas del suelo. En estos tipos de geotextiles, el espesor y la permeabilidad son las propiedades características más importantes.

Algunas de las áreas de aplicaciones son:

- Entre subrasante y base de piedra en caminos pavimentados y no pavimentados y aeródromos.
- Entre la subrasante en los ferrocarriles.
- Entre rellenos de tierra y cursos (de base) de piedra.
- Entre geomembranas y capas para el drenaje de arena.

- Debajo de las losas de las aceras.
- Debajo de las áreas de la acera.
- Debajo de los estacionamientos.
- Debajo de los campos deportivos.

Drenaje (transmisividad)

Se refiere a la capacidad del geotextil grueso no tejido cuya estructura tridimensional proporciona una avenida para el flujo de agua a través del plano del geotextil. Este promueve un flujo lateral que disipa la energía cinética del aumento capilar del agua subterránea (Geosistemas PAVCO, 2009).

Además, el geotextil maneja, saca los líquidos (agua) y los gases en el mismo plano.

Refuerzo

Esta es la mejora sinérgica en la fuerza total del sistema creada por la introducción de un geotextil en un suelo y desarrollada principalmente a través de los siguientes tres mecanismos (Geosistemas PAVCO, 2009):

- Restricción lateral mediante fricción interfacial entre geotextil y suelo / agregado.
- Forzar el desarrollo del posible plano de falla de la superficie del cojinete en una superficie de mayor fuerza de corte alternativa.
- Tipo de membrana de soporte de las cargas de la rueda.

En este método, la estabilidad estructural del suelo se mejora en gran medida por la resistencia a la tracción del material geotextil. Este concepto es similar al del hormigón armado con acero. Como el concreto tiene poca tensión, se usa acero reforzado para fortalecerlo.

Los materiales geotextiles funcionan de manera similar al acero de refuerzo al proporcionar resistencia que ayuda a mantener el suelo en su lugar. El refuerzo proporcionado por geotextiles o geomallas permite construir terraplenes y carreteras sobre suelos muy débiles y permite la construcción de terraplenes más empinados. Aumentando la resistencia al corte del sustrato y generando en las edificaciones mayor estabilidad.

Protección

Un geotextil no tejido realiza esta función cuando está impregnado con asfalto u otras mezclas poliméricas haciéndolo relativamente impermeable tanto al plano cruzado como al plano no cruzado. La aplicación clásica de un geotextil como barrera líquida es la rehabilitación de carreteras pavimentadas, como se muestra a continuación (Geosistemas PAVCO, 2009).

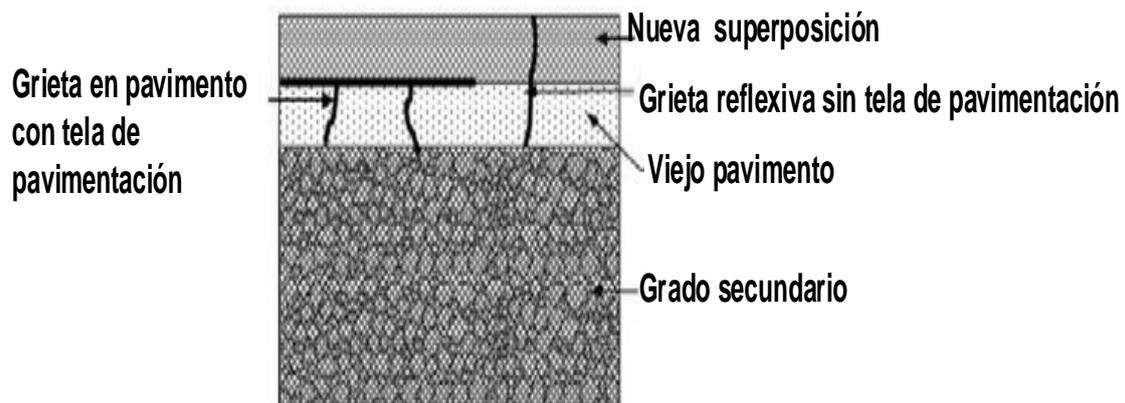


Figura 6 Geotextil en función protección
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

Aquí el geotextil no tejido se coloca en la superficie del pavimento existente después de la aplicación de una capa de adherencia de asfalto. El geotextil

absorbe asfalto para convertirse en una membrana impermeabilizante que minimiza el flujo vertical de agua en la estructura del pavimento.

Por otra parte, además de estas funciones, los geotextiles presentan una serie de ventajas que son la causa del espectacular aumento del empleo de estos productos en todo el mundo a lo largo de los últimos 15 años; entre las más importantes destacan (Ballester, Castro, & Gil, 2000):

- Facilidad de puesta en obra; son económicos;
- Permiten ahorros de tiempos de ejecución;
- Posibilitan soluciones medioambientales correctas;
- Ofrecen muchas variantes y posibilidades de uso.

2.4.2. Tipos de geotextiles según la forma de fabricación

La clasificación de los geotextiles de acuerdo a forma de fabricación es la siguiente:

2.4.2.1. Tejidos

Un gran número de geotextiles son de tipo tejido, que se pueden subdividir en varias categorías según el método de fabricación. Estos fueron los primeros en ser desarrollados a partir de las fibras sintéticas. Se fabrican adoptando técnicas que son similares a tejer los textiles de ropa habituales. Este tipo tiene la apariencia característica de dos conjuntos de hilos o hilos paralelos: el hilo que se extiende a lo largo de la longitud se llama urdimbre y el que es perpendicular se llama trama (Geosistemas PAVCO, 2009).

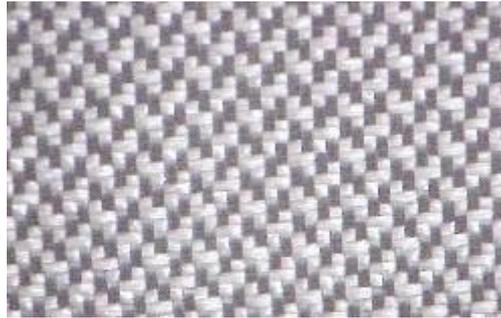


Figura 7 Geotextil tejido
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

Los Usos más comunes son: en entradas de automóviles, entradas y salidas de construcción, pavimentación, carreteras y subrasados para la construcción de edificios.

Los geotextiles tejidos o tejidos de ingeniería son diferentes a los materiales no tejidos en que se producen a partir de una red de hilos tejidos. Mientras proporcionan separación, no permiten tanta permeabilidad y agregan fuerza a las subrasantes y también pueden proporcionar estabilización.

Esta fortaleza y estabilización es lo que ha hecho que los geotextiles tejidos sean la forma preferida para estabilizar las subrasantes para la construcción de edificios, estacionamientos, unidades y carreteras.

2.4.2.2. Tejidos de punto

Los geotextiles de punto se fabrican utilizando otro proceso que se adopta en la industria de los textiles para prendas de vestir, a saber, el tejido de punto.

En este proceso se realiza el enclavamiento de una serie de bucles de hilo juntos. Un ejemplo de un tejido de punto se ilustra en la figura 5. Solo se producen muy pocos tipos de punto.

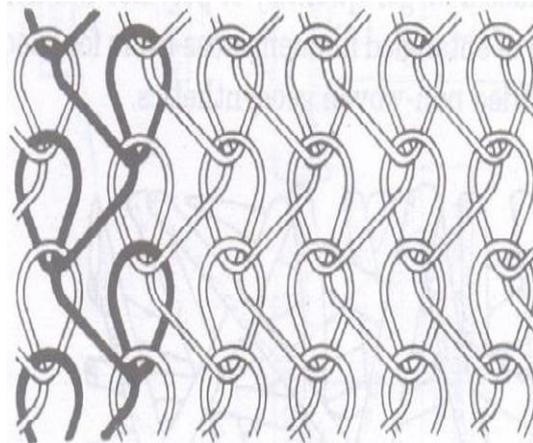


Figura 8 Geotextil de tejido de punto
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

2.4.2.3. No tejidos

Los geo-sintéticos no tejidos se pueden fabricar a partir de fibras cortas o de filamentos continuos. Estas se pueden unir mediante la adopción de técnicas térmicas, químicas o mecánicas o una combinación de técnicas.

El tipo de fibra (básico o continuo) utilizado tiene muy poco efecto sobre las propiedades de los geotextiles no tejidos. Se fabrican a través de un proceso de enclavamiento mecánico o unión química o térmica de fibras o filamentos. Las telas no tejidas unidas térmicamente contienen una amplia gama de tamaños de abertura y un espesor típico de aproximadamente 0,5-1 mm, mientras que las telas no tejidas químicamente unidas son comparativamente gruesas, usualmente del orden de 3 mm.



Figura 9 Geotextil no tejidos
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

Los usos más comunes son: en drenaje, filtraciones, barreras, drenaje subterráneo, la zanja y desagües franceses, campos de atletismo, de contención de agua y de protección geotextiles no tejidos o 'tejidos filtrantes' son típicamente aguja perforada y están diseñados para proporcionar la separación, el drenaje, la filtración y la protección geomembrana.

Se adaptan bien al suelo y a las superficies con zanjas, lo que hace que el producto sea fácil de instalar con pasadores. Tienen propiedades de alta permitividad que permiten un alto flujo de agua y una excelente retención del suelo. Estos materiales no tejidos impiden que los finos del suelo ingresen a los sistemas de drenaje y, por lo tanto, extienden la vida útil de las estructuras y tuberías mientras permiten el paso del agua desde los suelos nativos.

2.4.3. Propiedades de los geotextiles

Las propiedades principales que se requieren y especifican para un geotextil son: respuesta mecánica, capacidad de filtración y resistencia química. Estas son las propiedades que producen el efecto de trabajo requerido.

Todos ellos se desarrollan a partir de la combinación de la forma física de las fibras de polímero, la construcción textil y las características químicas del polímero. Por ejemplo, la respuesta mecánica de un geotextil dependerá de la orientación y regularidad de las fibras, así como del tipo de polímero del que está hecho.

Además, la resistencia química de un geotextil dependerá del tamaño de las fibras componentes individuales en la tela, así como de la composición química; las fibras finas con una gran superficie específica están sujetas a un ataque químico más rápido que las fibras gruesas del mismo polímero.

Los geotextiles poseen las siguientes propiedades:

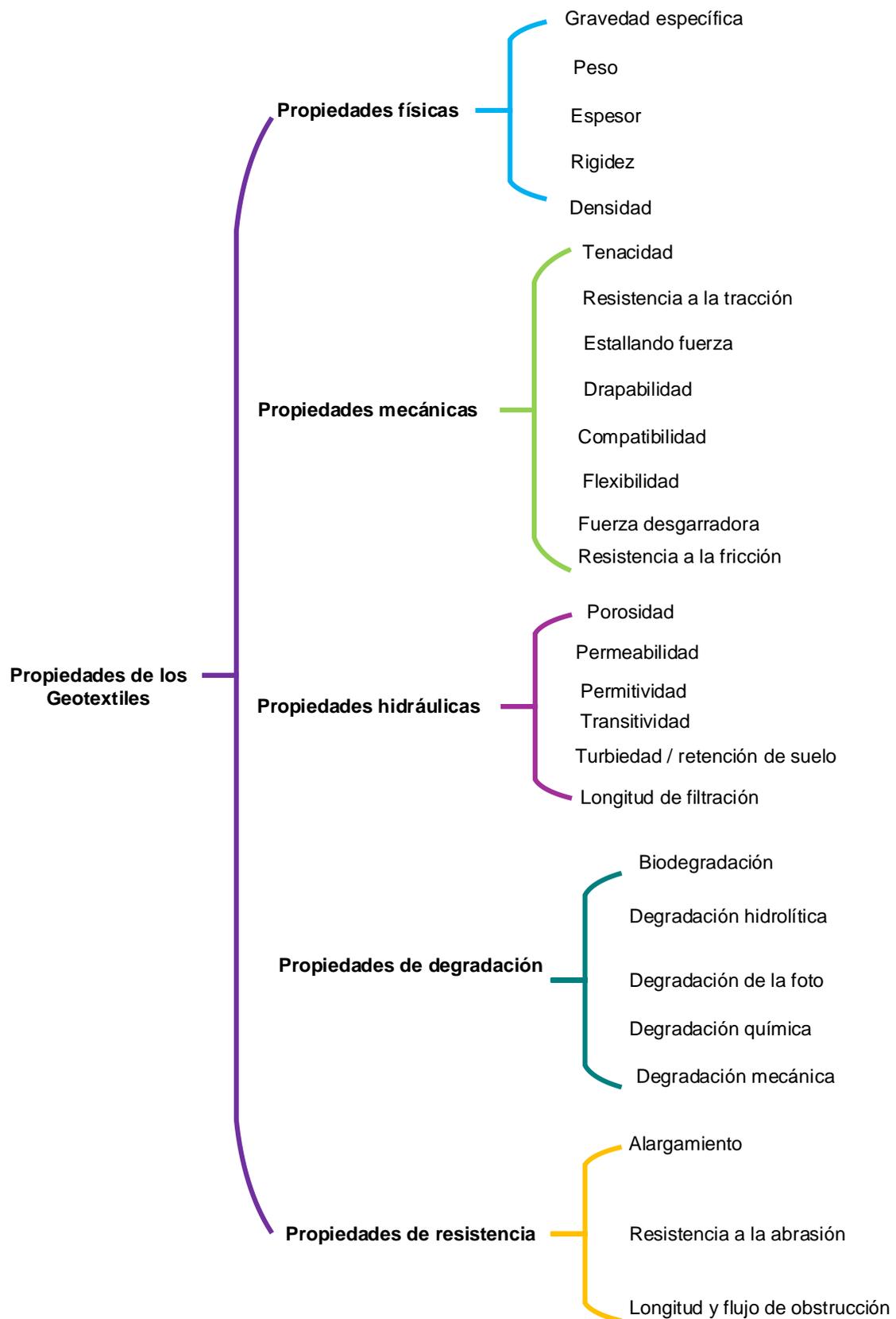


Figura 10 Propiedades de los geotextiles
Tomado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

2.4.4. Aplicación de los geotextiles

Los geotextiles se pueden usar en muchas aplicaciones comunes:

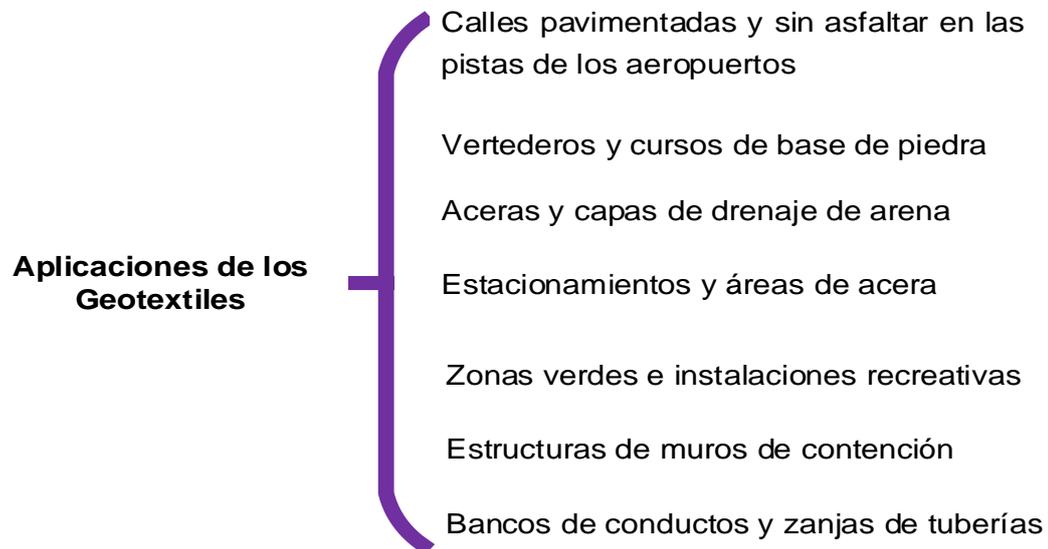


Figura 11 Aplicaciones de los Geotextiles
Adaptado de: Geosistemas PAVCO, (2009)

2.5. Cimentaciones

La base es la parte más baja del edificio o la estructura civil que está en contacto directo con el suelo que transfiere cargas de la estructura al suelo de forma segura. En general, la base se puede clasificar en dos, a saber, cimentación superficial y cimientos profundos (Paucar, 2018).

Una cimentación superficial transfiere la carga a un estrato presente a poca profundidad. La base profunda transfiere la carga a una profundidad más profunda debajo de la superficie del suelo.

Un edificio alto como un rascacielos o un edificio construido sobre suelo muy débil requiere una base profunda. Si el edificio construido tiene el plan de extenderse verticalmente en el futuro, se debe sugerir una base profunda.

Para construir una base, las zanjas se cavan más profundamente en el suelo hasta que se alcanza un estrato duro. Para obtener una base de concreto más sólida se vierte en esta zanja. Estas zanjas se incorporan con una caja de refuerzo para aumentar la resistencia de la base.

Las varillas de acero proyectadas que se proyectan hacia afuera actúan como los huesos y deben estar conectadas con la subestructura superior. Una vez que la base ha sido empacada correctamente, se puede comenzar la construcción del edificio (Montoya & Pinto, 2010).

La construcción de la base se puede realizar con hormigón, acero, piedras, ladrillos, etc. El material y el tipo de cimentación seleccionado para la estructura deseada depende de las cargas de diseño y del tipo de suelo subyacente.

El diseño de la base debe incorporar diferentes efectos de la construcción en el medio ambiente. Por ejemplo, los trabajos de excavación y apilamiento realizados para cimientos profundos pueden provocar perturbaciones adversas en el suelo y la base estructural cercanos. Esto a veces puede causar problemas de liquidación de la estructura cercana.

Tales efectos deben ser estudiados y cuidados antes de someterse a tales operaciones. La eliminación del material de desecho de las operaciones debe eliminarse adecuadamente. La construcción de la base debe hacerse para resistir el ataque externo de sustancias nocivas.

La base de cada estructura está diseñada de tal manera que:

- El suelo subyacente debajo de la estructura de la base no sufra falla por corte.
- El asentamiento causado durante la primera carga de servicio o debe estar dentro del límite.

- La presión permisible del cojinete se puede definir como la presión que el suelo puede soportar sin fallas.

2.5.1. Propósito de los cimientos

Los cimientos son la razón principal detrás de la estabilidad de cualquier estructura. Cuanto más fuerte es el cimiento, más estable es la estructura.

El diseño y la construcción adecuados de los cimientos proporcionan una superficie adecuada para el desarrollo de la subestructura en un nivel adecuado y sobre un lecho firme.

Una cimentación adecuada distribuye la carga en la superficie de la cama de manera uniforme. Esta transferencia uniforme ayuda a evitar asentamientos desiguales del edificio. El asentamiento diferencial es un efecto de construcción indeseable. Esta sirve para distribuir completamente la carga desde la estructura sobre una gran superficie de base y luego hacia el suelo debajo. Esta carga transferida al suelo debe estar dentro de la capacidad de soporte admisible del suelo.

2.5.2. Función de los cimientos

De acuerdo con los propósitos de las fundaciones en la construcción, las funciones principales de los cimientos se pueden enlistar de la siguiente manera:

- Proporcionar estabilidad lateral general para la estructura.
- La Fundación cumple la función de proporcionar una superficie nivelada para la construcción de la subestructura.
- La distribución de carga se lleva a cabo de manera uniforme.
- La intensidad de carga se reduce para estar dentro de la capacidad de soporte seguro del suelo.
- El efecto del movimiento del suelo es resistido y prevenido.

- El fregado y los problemas de socavación se resuelven mediante la construcción de la base.

2.5.3. Tipos de cimientos

Los diferentes tipos de cimientos utilizados en la construcción son (Montoya & Pinto, 2010):

A. Fundación superficial

- a. Pie individual o pie aislado
- b. Pie combinado
- c. Fundación de tira
- d. Cimientos de balsa o estera

B. Fundación profunda

- a. Fundación de pila
- b. Ejes o cajones perforados

2.5.3.1. Fundación superficial

Pie Individual o Pie Aislado

La base individual o una base aislada es el tipo de base más común utilizado para la construcción de edificios. Esta base está construida para una sola columna y también se llama como base de almohadilla (Yepes, 2016).

La forma de la zapata individual es cuadrada o rectangular y se usa cuando las cargas de la estructura son transportadas por las columnas. El tamaño se calcula en función de la carga en la columna y la capacidad de carga segura del suelo.

La base aislada rectangular se selecciona cuando la base experimenta momentos debido a la excentricidad de las cargas o debido a fuerzas horizontales.

Pie combinado

La base combinada se construye cuando dos o más columnas están lo suficientemente cerca y sus cimientos aislados se superponen entre sí. Es una combinación de bases aisladas, pero su diseño estructural es diferente (Yepes, 2016).

La forma de este pie es un rectángulo y se usa cuando las cargas de la estructura son transportadas por las columnas.

Fundación de tira o Spread footings

Las zapatas de extensión son aquellas cuya base es más ancha que las fundaciones típicas de una pared de carga. La base más ancha de este tipo de zapata extiende el peso desde la estructura del edificio a más área y proporciona una mejor estabilidad (Yepes, 2016).

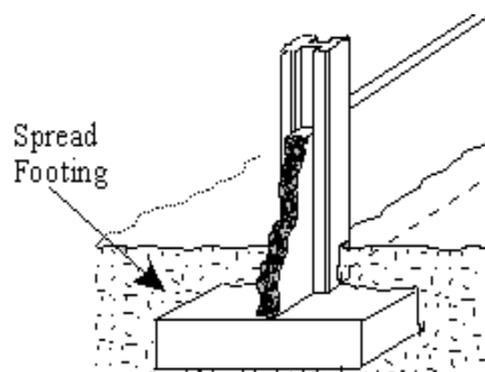


Figura 12 Fundación de tira o Sprend footing
Tomado de: Yepes, (2016)

Los cimientos y las zapatas de pared se utilizan para columnas individuales, muros y muelles de puentes donde la capa de tierra de soporte se encuentra a

3 m de la superficie del suelo. La capacidad de carga del suelo debe ser suficiente para soportar el peso de la estructura sobre el área de la base de la estructura (Yepes, 2016).

Estos no deben usarse en suelos donde haya alguna posibilidad de flujo de agua sobre la capa de suelo que soporta el suelo, lo que puede ocasionar desgaste o licuefacción.

Cimientos de balsa o estera

Los cimientos de balsa o estera son los tipos de cimientos que se extienden por toda el área del edificio para soportar cargas estructurales pesadas de columnas y paredes (Yepes, 2016).

El uso de la base de estera es para cimientos de paredes y columnas donde las cargas de la estructura en columnas y paredes son muy altas. Esto se usa para evitar el asentamiento diferencial de las zapatas individuales, así diseñado como una única estera (o pie combinado) de todos los elementos que soportan la carga de la estructura.

Es adecuado para suelos expansivos cuya capacidad de carga es menor para la idoneidad de zapatas extendidas y zapatas de pared. La base Balsa es económica cuando la mitad del área de la estructura está cubierta con zapatas individuales y se proporcionan zapatas de pared.

Estas fundaciones no deben usarse donde el nivel del agua subterránea esté por encima de la superficie de contacto del suelo. El uso de la base en tales condiciones puede ocasionar desgaste y licuefacción.



Figura 13 Cimientos de balsa o estera
Tomado de: Yepes, (2016)

2.5.3.2. Fundación profunda

Fundación de pila

La base de la pila es un tipo de base profunda que se utiliza para transferir cargas pesadas de la estructura a un estrato de roca dura muy por debajo del nivel del suelo (Yepes, 2016).

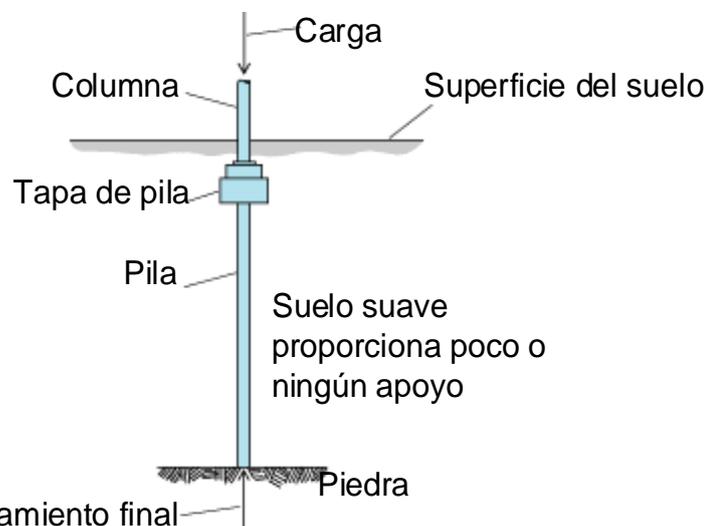


Figura 14 Fundación de pila
Tomado de: Yepes, (2016)

Las cimentaciones de pilotes se utilizan para transferir cargas pesadas de estructuras a través de columnas a estratos de suelo duro, que está muy por debajo del nivel del suelo, donde no se pueden usar cimientos poco profundos, como bases separadas y zapatas de lona. Esto es usado, para que la estructura

no se levante debido a cargas laterales tales como el terremoto y las fuerzas del viento.

Los cimientos de pila generalmente se usan para suelos donde las condiciones del mismo cerca de la superficie, no son adecuadas para soportar edificaciones de gran peso. El horizonte C de roca madre puede tener de 5 a 50 m de profundidad desde la superficie del suelo (Yepes, 2016).

La base de la pila resiste las cargas de la estructura por la fricción de la piel y por el rodamiento final. El uso de cimientos de pilotes también previene el asentamiento diferencial de cimientos.

Ejes o cajones perforados

Los ejes perforados, también llamados cajones, son un tipo de cimentación profunda y tienen una acción similar a las cimentaciones de pilotes descritas anteriormente, pero son cimientos fundidos in situ de alta capacidad (Yepes, 2016). Resiste cargas de la estructura a través de la fuerza del eje, el dedo y / o la combinación de ambos. La construcción de ejes perforados o cajones se realiza usando una barrena.

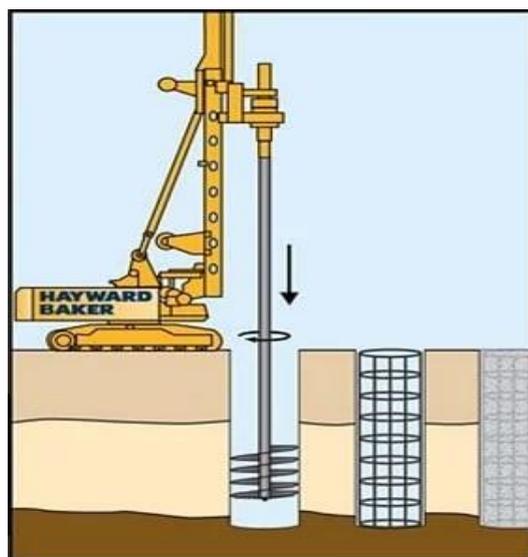


Figura 15 Ejes perforados
Tomado de: Yepes, (2016)

Los ejes perforados pueden transferir cargas de columnas más grandes que las cimentaciones de pilotes. Se usa cuando la profundidad de los estratos duros debajo del nivel del suelo es de 10 a 100 m.

Si existen depósitos profundos de arcillas blandas y suelos granulares sueltos que contienen agua no es correcto hacer pozos perforados o base cajón. Tampoco es adecuado para suelos donde las formaciones subterráneas, no se pueden estabilizar, suelos formados por cantos rodados, acuífero artesiano existentes.

2.5.4. Impermeabilización de cimientos

Los cimientos son, literalmente, sobre lo que se construye la casa, transfiriendo las cargas muertas y cargas vivas al suelo.

La fuente de la gran mayoría de los problemas de cimentación es el agua. El suelo mojado debajo de una base puede hincharse o perder fuerza.

Y esa es solo la primera razón para mantener los cimientos secos. Luego está el pequeño problema de los sótanos húmedos y los espacios de arrastre que pueden generar moho y hacer que los espacios interiores subterráneos sean generalmente desagradables. El problema es que el concreto típico no es a prueba de agua. Aunque no se raja, Normalmente evitará que, entre agua líquida, el vapor de agua aún puede penetrar con bastante facilidad. Mantener el agua drenada lejos de cimientos de concreto e impedir que se mueva a través del concreto es esencial para una estructura exitosa.

Por tanto, lograr drenar el agua y asegurar un espacio interior seco bajo el nivel del suelo puede ser relativamente simple o bastante complicado dependiendo de la ubicación geográfica, el clima, la topografía, las condiciones de la capa freática y la profundidad de la base. Hay tres componentes de cualquier sistema diseñado para mantener el agua fuera. Estos son, de abajo hacia arriba:

- Drena para mover el agua lejos de la base de la base
- Tratamiento de pared para evitar la capilaridad de los materiales de la pared y para dirigir el agua hacia los desagües.
- Tratamiento de la superficie del suelo adyacente al edificio para dirigir las aguas superficiales.

2.6. Impermeabilización con drenes

Ningún sistema de impermeabilización será efectivo a menos que exista un drenaje de cimentación adecuado también. Sin un drenaje adecuado, la presión del agua puede acumularse bajo tierra, por lo que se debe instalar una bomba de sumidero para eliminar el agua que se ha acumulado en las áreas. Las bombas de sumidero llevan el agua de una casa, por lo general a un desagüe pluvial, y pueden ayudar a disminuir la humedad si el nivel freático está por encima de la base de la casa. Varias maneras de ayudar a mantener el agua lejos de la base en el nivel superficial incluyen:

- Un buen sistema de canaletas para ayudar a mover el agua (que sale del techo) lejos de la casa.
- Bajantes que se vacían en los desagües con las tasas adecuadas y en áreas de terreno niveladas (o inclinadas).
- Suelo de alta calidad que no es demasiado compacto y drena bien; a veces incluso al agregar una capa de rocas sueltas o grava puede ayudar a facilitar la filtración de agua adecuada.

2.7. Ventajas y desventajas de impermeabilización con geotextiles

La impermeabilización con geotextiles ofrece las siguientes ventajas:

- Resistencia para la fuerza, son más ligeros que los geotextiles tejidos que usan el mismo hilo. Esto facilita el manejo y la colocación en el sitio; por

lo tanto, los costos de transporte y mano de obra son menores en términos reales.

- Los geotextiles tejidos tienen una resistencia a la rotura excepcional. Se puede diseñar una resistencia adicional e incorporarla a la dirección de la trama de modo que se convierta en realidad un geotextil biaxial de alta resistencia a la tracción y a la tracción.
- Los geotextiles de punto pueden incorporar un tejido adicional para formar un verdadero geotextil compuesto, siendo la tela simplemente tricotada.
- Los hilos individuales en el geotextil de inserción de trama tricotada por urdimbre son rectos cuando se incorporan, por lo que pueden absorber la tensión inmediatamente al cargarse. Los que están en geotextiles tejidos están entrelazados.

CAPÍTULO III

3. DESCRIBIR LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS REALIZADOS EN LA ACTUALIDAD Y ANALIZAR LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS DE UNA OBRA QUE FUE EJECUTA DE FORMA INADECUADA EN EL SUR DE QUITO SECTOR EL RECREO

3.1. Fundamentación histórica del sector El Recreo

La historia de este sector se fundamenta en la ayuda generada por la fábrica textil llamada la internacional, los dueños de esta empresa ayudaron a 210 trabajadores en la obtención de las casas, a través la construcción de la ciudadela que en la actualidad comprende el sector El Recreo en el Sur de Quito. Esta empresa ocupó por mucho tiempo parte de los terrenos que hoy pertenecen al centro comercial el recreo. Gracias a la responsabilidad, liderazgo y poder de convencimiento de Héctor Mier, fue elegido como el secretario del sindicato de trabajadores, momento en el cual luchó por la construcción de viviendas dignas para sus compañeros. Por otro lado, el uruguayo Juan Odriozola generó en 1941, un plan para modernizar a Quito, lo que permitió la aparición de varias urbanizaciones en el Sur, siendo una de ellas, El Recreo a través de este proyecto se le determinaron los usos del suelo, transformándolo en una zona industrial y el lugar de habitación de los trabajadores.

Para el año 1960 surge la ciudadela El Recreo, como una cooperativa de vivienda, desarrollada por los trabajadores de la fábrica la Internacional, quienes realizaron la obra en terrenos que inicialmente pertenecieron a trabajadores ferroviarios y luego fueron cedidos al municipio para la construcción de casas, sin embargo, el municipio la había entregado a la empresa la Internacional y por último la empresa la cedió a los empleados con el fin de que realizaran la construcción de las viviendas.

geográficas, tienen una mezcla de cerros como el Itchimbía, San Juan, Ungüí, Panecillo; y volcanes activos o inactivos como el Ilaló, Pasochoa, Atacazo, Rucu Pichincha, muchos de los cuales presentan altas cumbres y montañas cubiertas de nieve.

3.2.3. Clima y temperatura

En el Sur de Quito existen dos pisos climáticos: el Ecuatorial Frio Húmedo y el Ecuatorial Mesotérmicos Húmedo, se caracterizan por la temperatura media anual entre los 12°C y 18°C.

3.2.4. Geología

Quito se encuentra en una depresión (valle irregular) que tiene una altitud que oscila entre los 2700 m.s.n.m en los lugares planos y los 3100 m.s.n.m en los lugares más elevados. Pequeñas montañas que surgen de la cordillera de los Andes forman un paisaje enclaustrado, y en su parte central es dividido por el cerro de El Panecillo (3035 m.s.n.m), al este por las lomas de Puengasí, Guangüiltagua e Itchimbía, así como también, la principal cadena montañosa perteneciente al volcán Pichincha, en la Cordillera de los Andes, encierra la ciudad hacia el oeste con el Guagua Pichincha (4794 m.s.n.m), Rucu Pichincha (4698 m.s.n.m) y Cóndor Güachana. Por esta condición, la ciudad posee una forma alargada, con el ancho aproximado a 6 km, a diferencia del Distrito que ocupa el valle de 12.000 km². Presentando el lugar con menos altura a 2700 m.s.n.m en el sector del Condado; y el de mayor altura representado en el cerro de la Libertad a 3400 m.s.n.m. Ponce señala que “La cuenca de Quito es una depresión topográfica de dirección aproximada N-S, de forma alargada y de tres a cinco kilómetros de ancho”. Esta cuenca se forma por la actividad del sistema de fallas inversas de Quito, cuya expresión morfológica es una serie de lomas alargadas de dirección N – NNE, situadas en el borde este de la ciudad. La estructura tectónica se divide en tres partes: Lomas Calderón–Catequilla, Lomas Batán–La Bota y Lomas Ilumbisí– Puengasí. Las formas geológicas más

resaltantes son producto de la actividad asociada a los Complejos volcánicos Atacazo Ninahuilca y Complejo volcánico Pichincha y a las consecuencias de la erosión causadas por el régimen climático, el viento y la humedad generando terrenos con gran variedad de pendientes, la composición geológica del lugar se debe especialmente a los restos volcánicos del pichincha compuestos esencialmente por rocas intrusivas y extrusivas llamadas piedra pómez y dacita, siendo clasificada según el mapa geológico de Quito hoja 65 como Q_P, que significa restos volcánicos indiferenciados, producto de la actividad geológica del cuaternario.

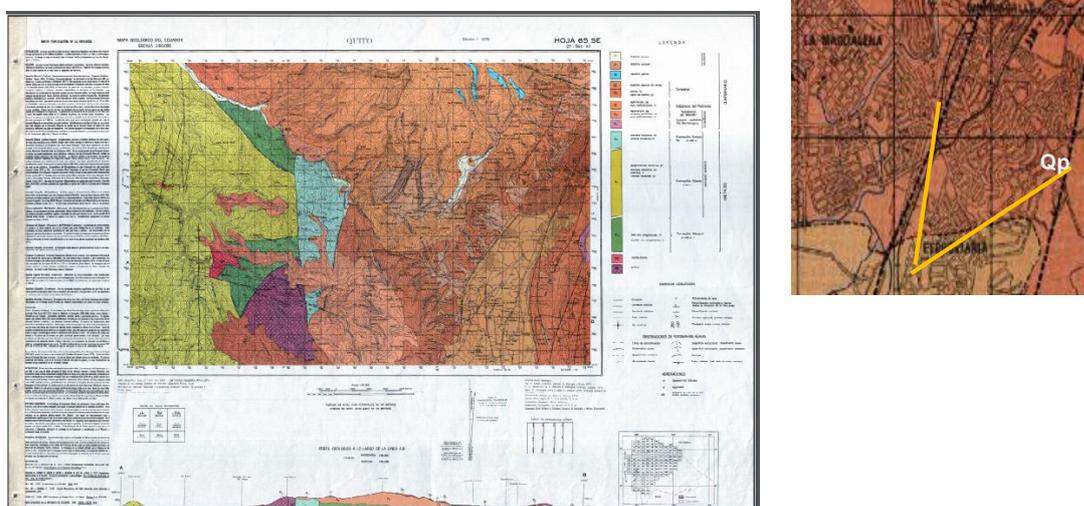


Figura 17 Mapa geológico de Quito
Tomado de: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2009)

Estratigrafía

La Cuenca del Sur de Quito se constituye por dos formaciones geológicas: Formación Machángara (Pleistoceno Tardío) y Formación Cangahua (Holoceno). (Villagómez, 2003). Machángara es una formación que se encuentra constituida por los Miembros Basal y Quito. El primero está compuesto por las Unidades Volcánicas Atacazo, Pichincha y Volcánicos Indiferenciados que forman la subcuenca del sur de Quito. Y el segundo está constituido por la unidad Fluvio Lacustre El Pintado formada y la Unidad Volcáno sedimentaria

Guamaní, que forman una franja alargada de 11 x 2 Km, dispuesta longitudinalmente en sentido sur – norte, con pendientes muy suaves.

Unidades y Formaciones litológicas

Para el análisis de las unidades litológicas del Sur de la Ciudad de Quito se ha recopilado información como: Hoja Geológica de Quito N° 65, Escala: 1: 100 000, Estudio Geológico y Geomorfológico del área Sur de Quito, Geología y Análisis del Recurso Hídrico Subterráneo de la Subcuenca del Sur de Quito.

Hidrografía

La red hidrográfica de la cuenca se forma por el Río Machángara, que recorre desde el sur hasta el norte la ciudad, se une con el Río San Pedro formando el Río Guayllabamba. Cabe destacar, que desde las faldas del oriente de Bellavista y Puengasí y las del occidente de Pichincha y Atacazo bajan una serie de quebradas que confluyen en el Río Machángara y Monjas casi en la totalidad. Por otra parte, la Subcuenca del Sur de Quito se formada por las siguientes microcuencas: Microcuenca Sunipamba; Presenta un área de 5.86km², la longitud del cauce principal es de 2.02 km², se ubica en los flancos orientales del Complejo volcánico Pichincha, abarca gran parte de la parroquia urbana la Mena.

El principal afluente es la Q. Sunipamba. Microcuenca del Río Grande; Presenta un área de 29.82 km², la longitud del cauce principal es de 7.23 km², se encuentra en los flancos orientales del volcán Pichincha, en su recorrido se alimenta de las Quebradas Santa Rosa, Arrayan, Guarandanacu, Ayaloma, El Salto, Jatunloma, Rundobalin, Cevallos, El Salto, las mismas que desembocan en el río Grande antes de unirse con el Río Machangara. Microcuenca Ortega; tiene un área de 30.04 km², con una longitud del cauce principal de 9.4 km². Nace de los cerros Cascapungo, Corral Viejo y Mirador. Los afluentes que alimentan esta microcuenca son Quebrada Ugrupungo y la Quebrada Pasocucho. Microcuenca Caupicho; Pertenece a la cuenca alta del Río

Guayllabamba, que forma parte de la cuenca alta del Río Esmeraldas y sistema del mismo río, que desemboca en el Océano Pacífico, Tiene un área de 30.75 km², el cauce principal tiene una longitud de 10.5 km, los principales afluentes son la Q. Monjas y Q. Capulí. afluentes son la Q. Monjas y Q. Capulí.

3.2.5. Vegetación

La vegetación de la zona de estudio varía con respecto al relieve; las zonas con elevaciones altas como el Complejo volcánico Pichincha y el Complejo volcánico Atacazo sobre los 3.500 m existe vegetación de páramo como paja, chuquiragua, mortiño, donde se mantiene ganado de lidia mientras que en las quebradas y zonas de difícil acceso todavía se encuentra vegetación natural remanente, que corresponde al bosque y matorrales altos andinos; en las faldas existen cultivos (papa y maíz principalmente) y pastos para ganado.

3.2.6. Suelo en el Sector El Recreo

Los suelos del Quito Sur generados sobre cenizas volcánicas son suelos jóvenes en comparación con los que se desarrollan sobre materiales no volcánicos, este tipo de suelos generalmente tienen una historia complicada debido a los cambios climáticos originados por la tectónica de la zona o los eventos glaciares.

El tipo de suelo que se forma sobre las cenizas volcánicas es un ANDOSOL (Soil Survey Staff 1998). Los depósitos volcánicos están compuestos la mayoría de las veces por vidrios, los que se alteran muy rápido formando compuestos lumínicos orgánicos o de minerales como los alófanos y la imogolita. Los andosoles presentan horizontes poco diferenciados debido a la juventud que posee. Es importante señalar, que en los suelos de los páramos ecuatoriales el horizonte superior presenta un color negro por el alto porcentaje que contiene de materia orgánica; se caracteriza por tener una estructura estable microagregada y alta porosidad.

- La densidad aparente que es característica de un andosol típico es muy débil (corresponde al 2% a un andosol típico mientras que un suelo con propiedades ándicas (vitrosol) posee estas propiedades: $0,4 \% < A_{lox} + 2 Fe_{ox} < 2\%$;
- El porcentaje de carbono orgánico es extremadamente alto, retienen una gran cantidad de carbono, está relacionado con las bajas temperaturas y la estabilidad de los compuestos orgánicos que se han formado, además de la toxicidad que tienen en las bacterias descomponedoras.
- En estos suelos se presenta un alto porcentaje de retención aniónica especialmente de sulfatos y fosfatos limitando la eficiencia de los cultivos. En la zona sur del país, en la base de las cenizas recientes se formaron estructuras comunes de los ambientes glaciares, como la reorganización de las rocas en forma horizontal además de las mezclas de ceniza y piedra debido al flujo que se genera por el derretimiento del hielo. Los suelos de los páramos del Ecuador. presentan un parámetro mineralógico y químico de acuerdo a propuesta de WRB (Shoji et al. 1996) y el Referente Francés (Quantin, 1995), de acuerdo a esto, en los páramos se pueden encontrar tres variables de andosoles:
- **El vítrico:** que posee una gran cantidad de minerales primarios con baja alteración, cabe destacar que tienen una edad menos a dos mil años, tienen una baja cantidad de minerales cristalizados debido a la actividad tectónica. Estos suelos son propios de cenizas frescas de volcanes activos como el Pichincha, ricos en cationes, y de grano arenoso, no pueden contener el líquido vital y los fertilizantes. Esta la definición de este suelo se hace tomando en cuenta las faldas altas del Pichincha.
- **El alofónico (silandosol):** contiene aluminio y hierro, además, predominan los minerales para cristalinos. La cantidad de aluminio intercambiable es limitada. El pH de estos suelos es particularmente muy bajo y el porcentaje de cationes intercambiables es débil, cabe

destacar que la cantidad de aniones de aluminio intercambiable es del 20 % representando un valor alto.

- **Los andosoles no alofánicos:** estos suelos son característicos de zonas muy frías y húmedas, elementos que disminuyen el aprovechamiento de los cultivos. Estos andosoles se encuentran en Ecuador, en el Carchi (El Ángel B referencia perfil GEL) en el páramo del Cañar (perfil AZO) y de Cajas (perfil CUE).

Es necesario señalar, que las propiedades físicas y químicas del suelo evolucionan de acuerdo a las alteraciones que haya sufrido. Cuando más haya evolucionado, la retención de agua será mayor, al igual que la acumulación de carbono. De acuerdo al grado de evolución, un andosol no alofánico tiene una evolución mayor que el andosol alofánico y al mismo tiempo este presenta una evolución mayor que el vítrico. Este proceso se observa solamente en las zonas parameras.

3.3. Procesos constructivos de cimientos en viviendas residenciales

Los procesos constructivos de cimientos en viviendas residenciales se dividen en dos etapas:

- Preparación del terreno
- Cimentaciones

3.3.1. Preparación del terreno

El proceso de preparación del terreno se divide en:

- Inspección visual del terreno
- Ensayos del suelo
- Desbroce y limpieza
- Drenaje

- Replanteo y nivelación compactación del terreno

3.3.1.1. Inspección visual del terreno

Antes de iniciar con cualquier tipo de proyecto de construcción, es necesario que se realice una descripción visual buena. Con el fin de determinar qué tipo de procesos geológicos se desarrollan en la formación de los suelos, características deformación -esfuerzo y la conducta frente al agua (Lema, 2010).

Para la realización de los ensayos de laboratorio, la inspección visual del terreno debe ser minuciosa y las muestras tomadas más representativas no pueden alterarse. Las consideraciones que se deben tomar para la inspección visual de los terrenos son:

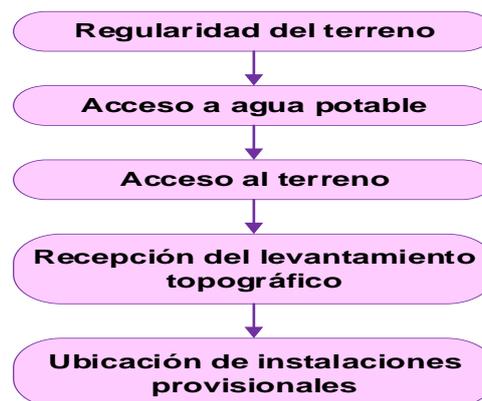


Figura 18 Consideraciones para inspección visual
Adaptado de: Lema, (2010)

3.3.1.2. Ensayos de resistencia del suelo

Para la estabilidad de las viviendas residenciales o cualquier estructura, se recomienda que los cimientos se apoyen en suelos compactos, debido a que estos brindan mayor resistencia, sin embargo, está dependerá del esfuerzo con el que se oponga a la compresión.

Por el contrario, los suelos incomprensibles, que estén conformados por capas de pequeña extensión, poca potencia y espesor variable, representan riesgos al

construir cimientos en ellos atentando con la estabilidad de la estructura (Lema, 2010). Para la identificar el uso correcto del tipo de suelo existen los siguientes ensayos:

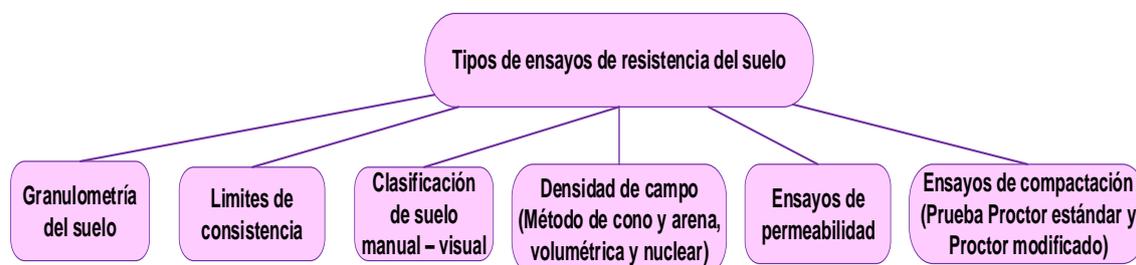


Figura 19 Tipos de ensayos de resistencia del suelo
Adaptado de: Lema, (2010)

Sin embargo, de acuerdo a los criterios de cada encargado del estudio de suelo se hará la selección del método.

Las resistencias aproximadas según el tipo de suelo son:

Tabla 2 Resistencias aproximadas según tipo de suelo

Tipo de Suelo	Carga (Kg/cm ²)
Cieno	2
Tierra vegetal mediana (después de consolidada)	0
Tierra con arena, escombros, cascajo (después de consolidada)	2
Esquisto silíceo, calizo, etc., no susceptible de formar barro	4
Tierra arcillosa, que puedan formar barro, en seco (en estado de pasta, no pueden soportar carga alguna)	4
Arena semihúmeda o gravilla no diluible e incomprensible consolidadas	6
Marga	0
Arcilla saturada de agua	0
Arcilla seca	6
Fango húmedo	0
Tierra fuerte	0
Tierra vegetal	1
Tierra húmeda	0
Gravilla, guijos	4 a 6
Gravilla terrosa	2 a 5
Arenilla fina y seca	2 a 6
Arena húmeda	2 a 6
Macadam de pórfido o de granito	0
Macadam de piedra de caliza	0

Adaptado de: Lema, (2010)

Por último, en función al tipo de suelo resultante el encargado del estudio decidirá si se requiere realizar mejoras en este para el proyecto, en relación al tipo de cimientos a utilizar.

3.3.1.3. Desbroce y limpieza

Se define como el proceso de despeje y retiro de material vegetal, basura o cualquier otro tipo de material que no sea requerido en la zona de desarrollo del proyecto. De igual manera, se debe incluir la excavación de capa de tierra vegetal a la profundidad señaladas en los planos de las obras. Para ello, puede hacerse de dos maneras ya sea, de forma manual o utilizando maquinaria, el uso de una u otra dependerá de la extensión del terreno.

3.3.1.4. Drenajes

El drenado del terreno tiene que ser realizado antes de la nivelación y compactación del suelo. La presencia de agua en las cimentaciones es perjudicial, esta puede provenir de distintos sitios tales como: lluvias, tuberías de aguas blancas o residuales, subterráneas y pozos sépticos.

Para el drenaje del terreno existen distintas metodologías, considerando que es más simple aprovechar las características de la propiedad, se construyen los drenes en red y pozos receptores, que son reunidos en colectores de diámetro mayor, hasta culminar el canal de evacuación o ser evacuada por filtración, en caso de existir una capa permeable. En relación a la topografía del terreno la red de drenaje se puede organizar en tres procedimientos (Lema, 2010):

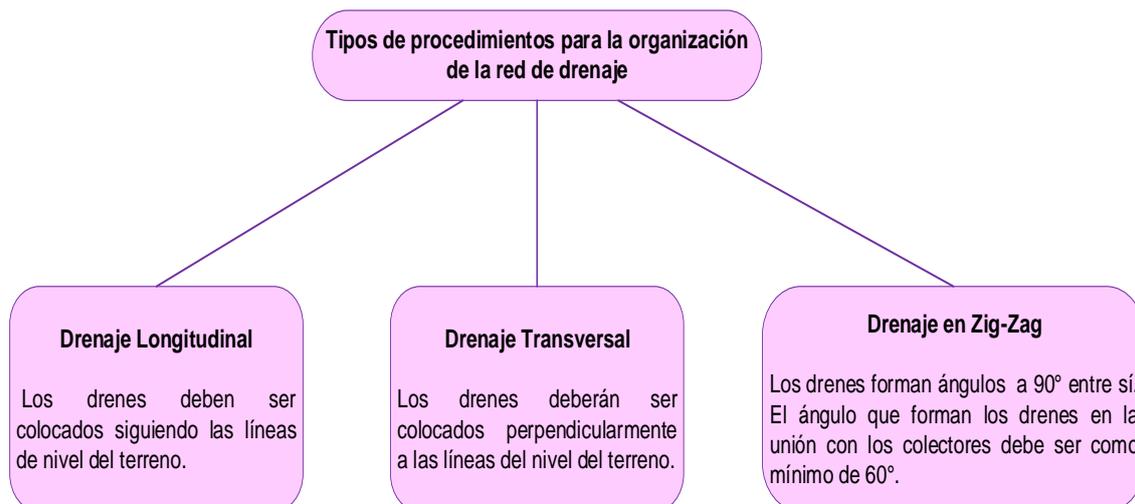


Figura 20 Tipos de procedimientos para la organización de la red de drenaje
Adaptado de: Lema, (2010)

3.3.1.5. Replanteo del terreno

Consiste en plasmar las especificaciones de los planos de fundaciones de la obra en el terreno. Para la ejecución de este procedimiento se requiere una cinta metálica de 50 m, jalones, estacas, listones de madera, martillos, clavos y cuerdas de albañil. Para evitar errores como el aumento de hormigón en los cimientos y/o derrocamiento, en este procedimiento se debe hacer el plano de fundaciones con el de vista de planta.

3.3.1.6. Nivelación y Compactación del terreno

El procedimiento de nivelación del terreno se realiza posterior a la revisión y aprobación por las autoridades pertinentes. Luego de establecer el nivel en el proyecto se procede a la compactación del suelo, a través del uso de maquinarias idóneas para terraplenes, rellenos o terrenos naturales.

El grado de compactación permitida por la MOP-001-F-2000, para la construcción de infraestructuras en la tabla 305-2-1.

Tabla 3 Grados de compactación permisibles en la construcción de infraestructuras

Superficies o capas	Compactación relativa (%)
Terreno natural en zonas de relleno	90 %
Terreno natural en zonas de corte	95 %
Terraplenes o rellenos	95 %
Subrasantes formadas por suelo seleccionado	95 %

Adaptado de: MOP-001-F-2000

Si existe inconveniente para la compactación del suelo natural, entonces será preciso establecer una metodología para mejorar el suelo, el cual tendrá que ser ejecutado por el encargado del análisis del mismo.

3.3.2. Cimentación

Una base es el elemento de una estructura que la conecta al suelo y transfiere cargas de la estructura al suelo. Teniendo como propósito pasar al campo todas las cargas y sobrecargas de una edificación, cediendo bajo la presión de una carga obligando a moléculas a modificar las posiciones y distancias ocasionándose una deformación, la cual puede ser menor a medida que aumenta la dureza y cohesión del terreno. Los procedimientos para realizar los cimientos son:

- Excavación de cimientos
- Niveles y colocación de replantillo
- Acero de refuerzo en cimentación
- Encofrado cimentación
- Colocación de hormigón en cimentación

3.3.2.1. Excavación de cimientos

El procedimiento de excavación para la construcción de cimientos requiere la remoción del sitio, la disposición, la excavación y las medidas de seguridad basadas en la profundidad de la excavación.

Para establecer el diseño de la excavación de cimentación, se establecerá un punto de referencia en el sitio por un pilar de mampostería y se conectará al punto de referencia estándar más cercano. Los niveles del sitio deben tomarse en intervalos de 5 a 10 m, dependiendo del terreno y la importancia del edificio (Hidalgo, 2007).

Las líneas centrales de las paredes están marcadas por cuerdas de estiramiento a través de clavijas de madera que se mueven en los extremos. Las líneas centrales de las paredes perpendiculares están marcadas con un ángulo recto con cintas de acero o preferiblemente con un teodolito.

El montaje de las paredes se facilitará teniendo una hilera permanente de pilares (no menos de 25 cm de lado) colocados en paralelo a una distancia adecuada más allá de la periferia del edificio para que no se ensucien con la excavación. Los pilares se ubicarán en las uniones de las paredes transversales y la pared externa y estarán lo suficientemente profundos como para que no se perturben durante la excavación para la fundación.

Las líneas centrales de las paredes deben extenderse y marcarse en las partes superiores enlucidas de los pilares. Las partes superiores de los pilares se pueden mantener en el mismo nivel, preferiblemente el nivel de zócalo. En configuraciones rectangulares o cuadradas, las diagonales deben ser verificadas para asegurar la exactitud de la configuración.

Para edificios pequeños, la excavación se realiza manualmente mediante piquetas, barras de cuervo, espadas, etc. En el caso de grandes edificios y excavaciones profundas, se puede usar equipo mecánico de corte de tierra.

Para suelos duros, cuando la profundidad de la excavación es inferior a 1,5 m, los lados de la zanja no necesitan ningún soporte externo. Si el suelo está suelto o la excavación es más profunda, se requiere algún tipo de apuntalamiento para que los lados no se caigan.

Las tablas y los puntales pueden ser intermitentes o continuos según la naturaleza del suelo y la profundidad de la excavación. En el caso de planchas intermitentes o "abiertas" y los puntales, no se cubren todos los lados de las zanjas.

Los tableros verticales (conocidos como tableros de polos) de tamaño 250 x 40 mm de la longitud requerida se pueden colocar con espacios de aproximadamente 50 cm. Estos se mantendrán separados por los lamentos horizontales de madera fuerte de la sección 100 x 100 mm a una separación mínima de 1,2 m, y se pavonearán con una pieza transversal de 100 x 100 cuadrados o 100 nun diámetro.

En el caso de suelos blandos, se adopta una tabla continua o "cerrada" y las tablas verticales se mantienen en contacto entre sí sin ningún espacio.

Por otra parte, al realizar el procedimiento de excavación del terreno, este aumenta de volumen, ocasionándose un esponjamiento, el cual cambia de acuerdo al tipo de suelo, sin embargo, se permite hasta un 25% para considerar los volúmenes de transporte. Los diferentes tipos de esponjamientos del suelo son:

Tabla 4 Niveles de esponjamientos del suelo

Tipo de suelo	1 m ³ de excavación ocasiona	
	Sin compresión (m ³)	Comprimida todo lo posible (m ³)
Tierra vegetal (aluviones, arenas, etc.)	1,10	1,05
Tierra franca muy grasa	1,20	1,07
Tierra margosa y arcillosa medianamente compacta	1,50	1,30
Tierra margosa y arcillosa muy compacta	1,70	1,40
Roca desmontada con barrenos y reducida a trozos	1,66	1,40

Tomado de: Hidalgo, (2007)

Con el propósito de garantizar la seguridad en la realización de excavaciones profundas se construyen entibaciones. El objetivo de este procedimiento es

contener el suelo de manera provisional hasta el momento del vaciado del cemento. Es obligatorio realizarlo en terrenos movedizos o poco estables, utilizando todo el material que sea necesario.



Figura 21 Excavación de Cimientos
Tomado de: (Hidalgo, 2007)

3.3.2.2. Niveles y colocación de replantillo

En la cimentación de edificaciones se utiliza el replantillo, ya que cumple una función de capa protectora. Por otra parte, para poder cumplir con las necesidades de recubrimientos el acero debe ser colocado en un área plana y debe realizarse la nivelación del replantillo.

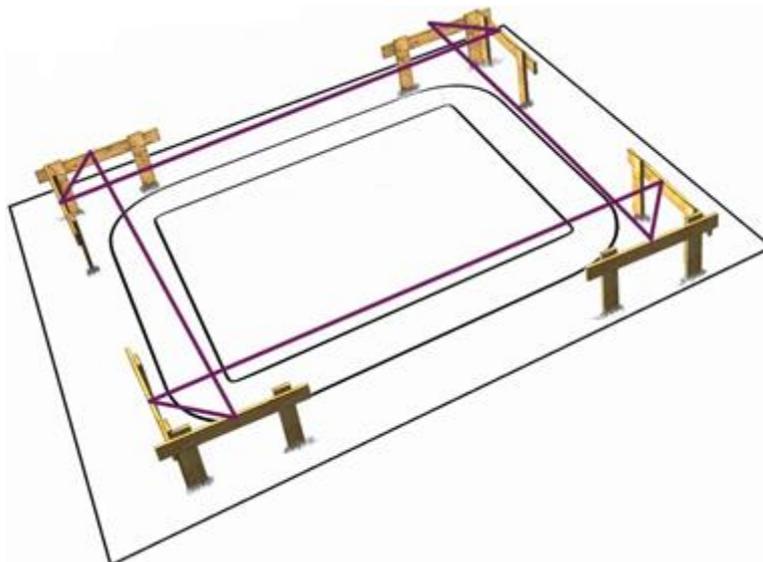


Figura 22 Niveles y colocación de replantillo
Tomado de: (Hidalgo, 2007)

3.3.2.3. Acero de refuerzo en cimentación

El acero de refuerzo de la cimentación en el hormigón, se realizan de acuerdo a las especificaciones indicadas en el plano. Con el fin de prevenir que la adherencia al hormigón se vea comprometida, la colocación de las mallas de acero y barras de refuerzos, no deben poseer defectos de fabricación, poros, fisuras, etc.; al igual que no pueden tener grasas, óxido o aceite.

Según sean las indicaciones en el plano se debe doblar las barras en frío, por otra parte, si las barras son empotradas no pueden doblarse a menos que sea un requerimiento establecido en el proyecto, en caso del radio de los doblados no esté especificado en los planos se hará uso de la siguiente tabla:

Tabla 5 Radios de doblado de acero

Diámetro (mm)	Radio mínimo
8,10,12,14,16,18, 20	3 diámetros
28 y 32	4 diámetros
Mayores que 32	5 diámetros

Tomado de: MOP-001-F-2000

El amarre se realizará con alambre y el espacio de la armadura de refuerzo con el encofrado se hace utilizando bloques mayores o iguales a 25 mm, considerando las especificaciones de la obra.



Figura 23 Acero de refuerzo en cimientos

Tomado de: (Hidalgo, 2007)

3.3.2.4. Encofrado cimentación

Es una estructura temporal que se utiliza como molde para verter el hormigón. También puede definirse como un arreglo vertical u horizontal hecho para mantener el concreto en posición hasta que adquiera fuerza y forma. Los tipos de encofrados de hormigón dependen del material de encofrado y del tipo de elemento estructural.

Los encofrados también se pueden nombrar según el tipo de construcción de los miembros estructurales, como el encofrado de losa para usar en losa, encofrado de vigas, encofrado de columnas para usar en vigas y columnas respectivamente, etc.

La construcción de encofrados requiere tiempo e implica gastos de entre el 20 y el 25% del costo de la estructura o incluso más. El diseño de estas estructuras temporales se hace a gusto económico. La operación de quitar el encofrado se conoce como desmante.

La madera es el material más utilizado para el encofrado. La desventaja con el encofrado de madera es que se combará, se hinchará y se encogerá. La aplicación de costos impermeables al agua en la superficie de la madera mitiga estos defectos.

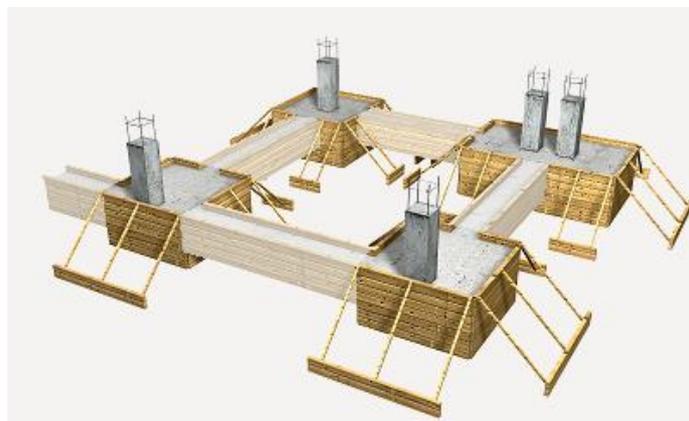


Figura 24 Encofrado de cimientos
Tomado de: (Hidalgo, 2007)

3.3.2.5. Colocación de hormigón en cimentación

En caso del que proyecto contenga grandes cantidades de hormigón resulta conveniente pensar en la opción de utilizar premezclado y bombas para agilizar el proceso de colado. Por otra parte, se recomienda dejar juntas a 90°, en caso de que por algún motivo ya sea climático u otro no pueda realizarse el colado de hormigón en la cimentación, para ello se utilizará tableros de malla o madera, que formen escaleras o una V, pero jamás dejarlo en un plano inclinado

Es de vital importancia evitar las variaciones de temperatura en el hormigón, debido a que temperaturas muy bajas hacen que el fraguado sea más lento, si la temperatura alcanza los 4°C debe suspenderse la operación; sin embargo, en temperatura altas como de 35 a 40 °C, resulta más practico dejar de horminogar.

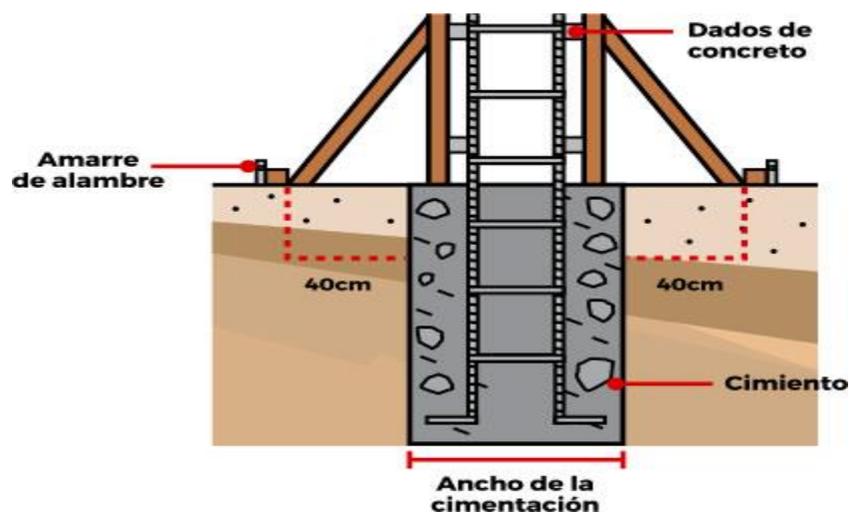


Figura 25 Colocación de Hormigón
Tomado de: (Hidalgo, 2007)

3.4. Análisis de riesgos constructivos de una obra que fue ejecuta de forma inadecuada en el sur de quito sector el recreo

Amenaza Volcánica

La actividad volcánica en el Ecuador se manifiesta desde el Plioceno Superior al presente, a lo largo de cuatro agrupaciones lineales: Frente volcánico

(Chimborazo, Quilotoa, Atacazo, Pichincha, etc.), Valle Interandino (Imbabura, Mojanda, etc), Cordillera Real (Cotopaxi, Tungurahua, Sangay, etc.) y el Oriente (Sumaco, Pan de Azúcar, etc.) (Hall, 1977). Cada una de ellas presenta una morfología característica, un estilo eruptivo particular, petrografía y diversidad geoquímica.

Dentro de este contexto varios volcanes activos se localizan entre los próximos a la Ciudad de Quito. Específicamente muy próximos a la zona de estudio se encuentran el Complejo Volcánico Pichincha (CVP) y el Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (CVAN) mismos que representan una amenaza relacionada con caídas de ceniza, caídas y flujos piroclásticos por lo que a continuación se realiza una corta descripción de su evolución.

Complejo Volcánico Pichincha

El CVP se ubica en la Cordillera Occidental del Ecuador, al occidente de la Ciudad de Quito, según Geotérmica Italiana, (1989) el CVP comprende dos estratos volcanes Rucu y Guagua Pichincha y un edificio basal conocido como El Cinto. La actividad es de tipo explosiva, con una edad asignada por Samaniego et al., (2006) de pre- Holoceno.

El Rucu Pichincha corresponde principalmente a flujos de lava andesítica interestratificada con brechas y depósitos de caída, flujos y lahares (Samaniego et al., 2006), mientras que el Guagua Pichincha en su mayoría está formado por rocas de composición dacítica (IGEPN).

Además, el edificio basal El Cinto está constituido por flujos de lava andesítica a dacítica. Las erupciones de mayor tamaño de las que se tiene información ocurrieron hace 3700 y 1000 años. Sin embargo, en 1660 ocurrió una gran explosión de gran tamaño, pero de menores dimensiones que las anteriores. En todos los eventos hubo caídas de ceniza importantes en la ciudad de Quito, así como flujos piroclásticos, colapsos de domos y generación de lahares

secundarios en varios sectores del volcán (Robin et al., 2010). Según Hall y Mothes, (1994) los depósitos de las erupciones se pueden encontrar hacia el este hasta Cumbayá, al sur en Chillogallo y en el Atacazo y al oeste hasta Mindo. La erupción más significativa de la cual existen memorias de testimonios debido a la gran cantidad de ceniza que se depositó corresponde a la del año 1960 (EXCO, 2015).

Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca

El CVAN se ubica en la Cordillera Occidental del Ecuador, entre los complejos volcánicos Pichincha y Corazón al suroeste de la Ciudad de Quito. Su actividad incluye productos de grandes depósitos de tefra, flujos piroclásticos ubicados al occidente del viento. Hidalgo et al., (2008) establece que el CVAN está compuesto por tres edificios La Carcacha, Atacazo y Domos Recientes, con edades de 1.3 millones de años y 20-80 mil años AP respectivamente.

La Carcacha es un edificio lávico y el Atacazo presenta varias secuencias de lavas andesíticas y caídas de piroclastos. Parte de los depósitos de caídas y flujos piroclásticos se hallan aflorantes en la vía Aloag-Santo Domingo y al sur del DMQ (Hidalgo et al., 2008).

Se considera como volcán potencialmente activo, cuya última actividad corresponde a la actividad del Domo Ninahuilca Chico II, producida hace 2700 años.

Amenaza Sísmica

La actividad tectónica y sísmica del Ecuador es muy activa debido a su ubicación dentro del área de subducción de la placa de Nazca, a esto se suma la gran cantidad de fallas geológicas existentes. Cabe destacar, que la sismicidad del DMQ se atribuye a las dos causas porque localmente presenta un sistema de fallas inverso.

De acuerdo, al estudio que se hizo para la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15, se determinaron seis zonas sísmicas que deben tomarse en cuenta para los diseños de construcción en el Ecuador, caracterizadas por el factor Z (ver Tabla 1.2), el valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el Sismo de Diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. En la NEC se menciona que “se modelaron más de 30000 eventos, de los cuales, filtrando las réplicas, eventos premonitores, sismos volcánicos y enjambres, se obtuvieron 8923 sismos independientes de magnitud mínima de homogeneidad 4.5 y máxima 8.8 utilizados en el análisis”

Valores del Z en relación a la zona sísmica

La zona de estudio presenta las siguientes características:

- Zona sísmica: V
- Valor factor Z: 0,40
- Caracterización de la Amenaza Sísmica: Alta

Tabla 6 Valores del Z en relación a la zona sísmica

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Tomado de: NEC-SE-DS, (2014)

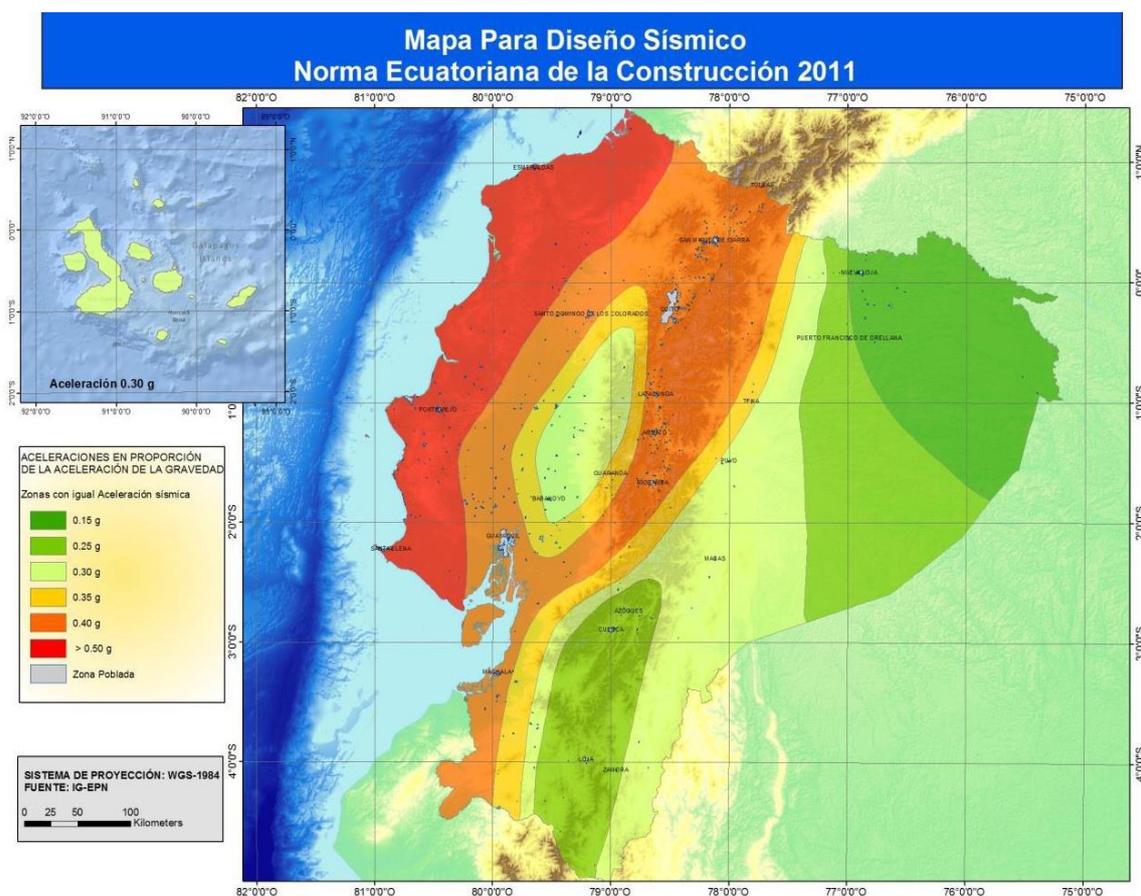


Figura 26 Mapa de las máximas aceleraciones sísmicas esperadas
Tomado de: (Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC, 2011)

Amenaza por Inundaciones

En el DMQ la amenaza de inundación, se calcula en función de la probabilidad de ocurrencia de lluvias extraordinarias y de corta duración e intensidad. Las inundaciones dependen de las características físicas del DMQ, pero también de las condiciones y capacidad de evacuación de aguas de escorrentía en que se encuentran las alcantarillas y recolectores de aguas lluvia.

A continuación, se presentan las figuras que corresponden a la distribución de la precipitación media mensual multianual, tomando como referencia a las estaciones Quito e Izobamba. La distribución anual de las precipitaciones con dos picos (distribución bi-modal), uno en marzo - abril y otro en octubre -

noviembre. En cuanto a los valores medios de precipitación acumulada multianual, en Izobamba ubicada a una altura de 3058 msnm (1450 mm) llueve más que en Quito – Observatorio (1225 mm), ubicada a 2820 msnm.

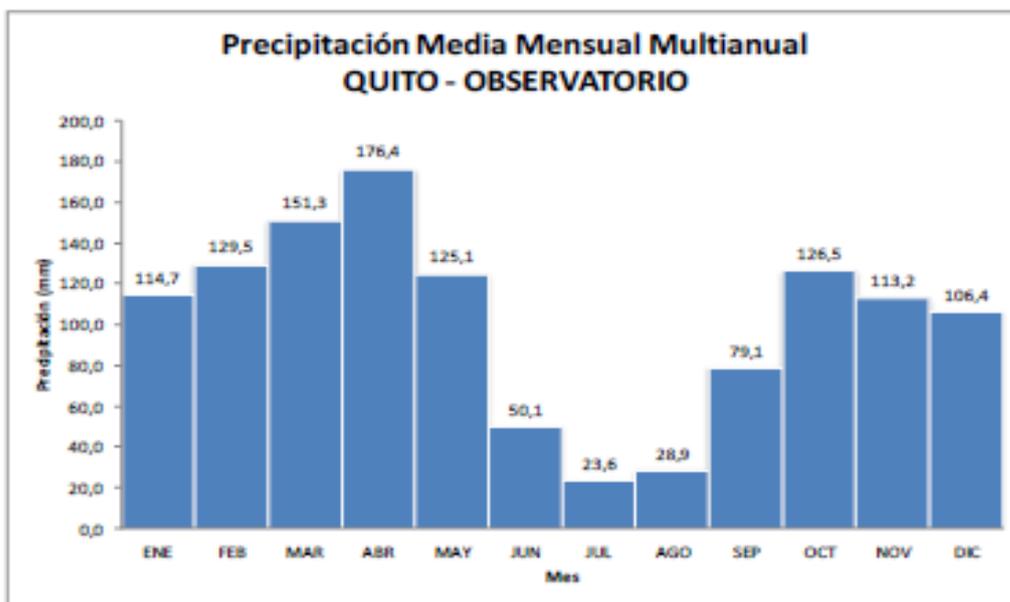


Figura 27 Precipitación media mensual Multianual Quito –Observatorio. Tomado de: (INHAMI,2011)

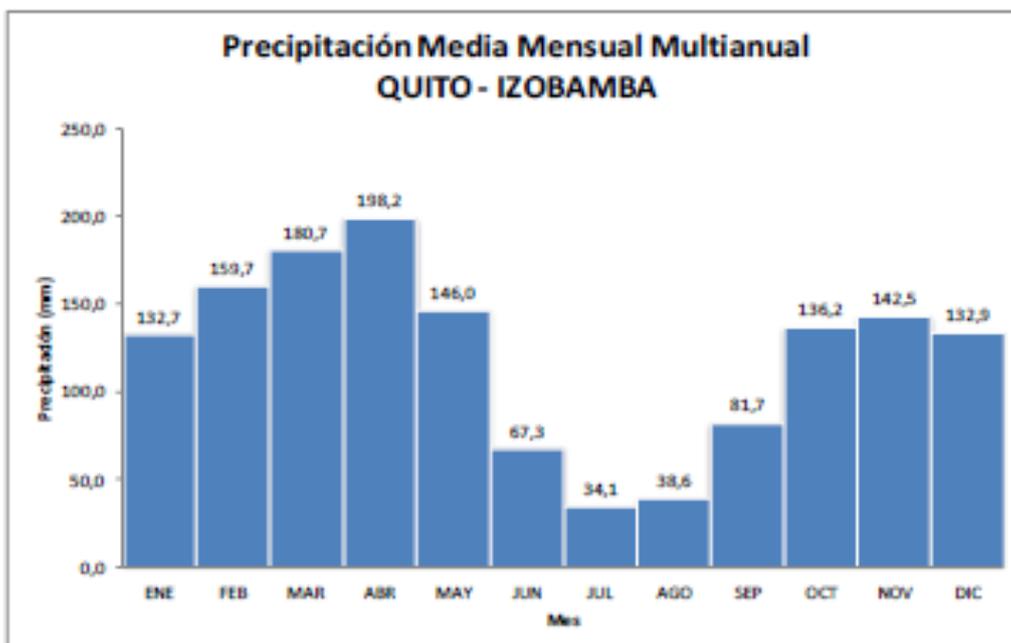


Figura 28 Precipitación media mensual Multianual Quito –Izobamba. Tomado de: (INHAMI, 2011)

Del análisis de las tendencias (crecer o decrecer en el tiempo) tanto de las precipitaciones anuales (Quito – Observatorio) como de las precipitaciones máximas de 24 horas (Izobamba), se establece que mientras la precipitación total en la Zona Sur del DMQ tiende a disminuir, la precipitación máxima en 24 horas tiende a aumentar. Se podría por tanto esperar eventos de lluvia más concentrados, pero no distribuidos en el tiempo.

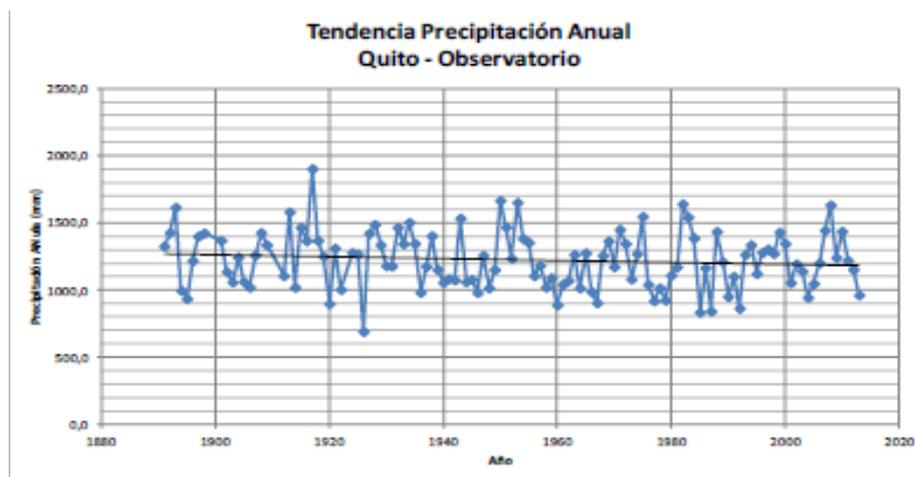


Figura 29 Tendencias de precipitaciones para Quito-Observatorio
Tomado de: (INHAMI, 2011)

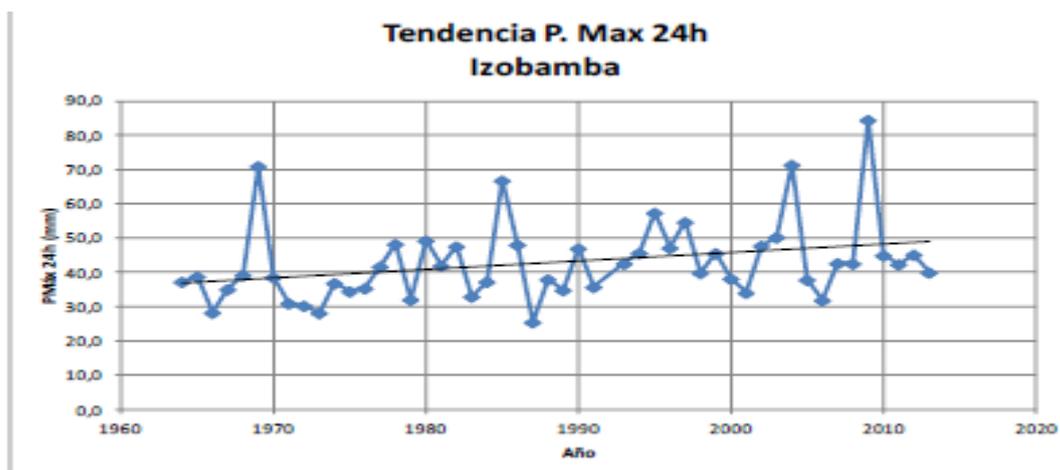


Figura 30 Tendencias de precipitaciones para Quito-Observatorio e Izobamba
Tomado de: (INHAMI, 2011)

Según el Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del DMQ, (2015), la zona de estudio presenta susceptibilidad alta a inundaciones.

Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, FRM – Subsistencia

Según el Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del DMQ, (2015), la Ciudad de Quito ofrece las condiciones propicias para la ocurrencia de FRMs, mencionando que los fenómenos más comunes que se producen son los deslizamientos y desprendimientos que se generan al margen de quebradas, taludes de vías y en zonas con pendientes mayores a 30°, así como la ocurrencia de flujos de lodo y escombros.

Debido a que la zona de estudio presenta pendientes menores a 15°; es de baja susceptibilidad a la ocurrencia de FRM, sin embargo, en la zona se ha generado un proceso de subsidencia (hundimiento de terreno lento) que es parte de la tipología de los fenómenos de remoción en masa. Este fenómeno ha generado agrietamiento, disturbaciones e inestabilidades en el terreno generando problemas de fisuramiento, inclinación y daños en las viviendas e infraestructuras de este barrio.

Amenazas Antrópicas en la Zona de Estudio

Las amenazas antrópicas son aquellas causadas por el ser humano, ya que el mismo puede intencionalmente o accidentalmente provocar daños en su entorno, (Cardona, 2003). Las amenazas naturales pueden antropizarse convirtiéndose en amenazas socionaturales y de este modo causar graves daños sobre los elementos expuestos, población, vías, infraestructura esencial, etc.

Para el caso del recreo las amenazas antrópicas encontradas son:

- El relleno de las quebradas
- La Construcción del Colector en la Av. Teniente Hugo Ortiz
- La Construcción y Operación del Metro de Quito
- El tráfico generado por el transporte urbano y transporte de tipo pesado

El relleno de quebradas tiene estrecha relación con el mal uso del suelo ya que la zona de estudio antiguamente estaba atravesada por quebradas, sobre las cuales se realizaron rellenos en condiciones desconocidas para dar paso a la construcción de planes de vivienda, en lugar de ser conservadas como áreas de protección. Otras amenazas relacionadas con la excavación para extracción de recursos hídricos o construcción de infraestructura agravan el problema de subsidencia ya existente en el sector, al producir alteraciones sobre el nivel freático en la zona de estudio, mismo que se encuentre entre 1- 5 metros, es decir, muy superficial. La afectación producida por el tráfico en la zona también constituye un agravante más a la situación de subsidencia al provocar una sobrecarga en el suelo, que por sus características propias se considera poco competente.

Matriz de Riesgos del sector El Recreo

Tabla 7 Matriz de Riesgos del sector El Recreo

Fenómenos Naturales	Riesgos o amenazas	Tipo de Vulnerabilidad
Vulcanismo	Erupciones volcánicas, emisiones de gases, humo y fragmentos piro clásticos	Alta por su cercanía con el Guagua Pichincha
Movimientos en masa	Avance de grandes masas de material rocoso bien sea a causa de eventos climatológicos, sísmicos o por gravedad.	Media se observa en los rellenos de quebradas o en lugares susceptibles al hundimiento
Precipitaciones	Inundaciones y aumento del nivel freático del suelo	Media debida en muchas ocasiones a un sistema de drenaje insuficiente.
Sismos	Fractura y caída de edificaciones u otras estructuras. Procesos de agrietamiento o licuefacción del suelo	Alta por la actividad volcánica y orogénica del lugar
Actividades antrópicas	Construcciones de obras sin verificar el impacto.	Alto
	Inundaciones, fracturas, hundimientos y derrumbes de terrenos o edificaciones	
	Uso de materiales contaminantes	Medio
	Contaminación del aire por las emisiones de gases de los vehículos que transitan	Alto
	Contaminación sónica	Medio
	Riesgos eléctricos.	Medio

CAPÍTULO IV

4. MATERIALES Y PRODUCTOS A UTILIZAR EN LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES CON DRENES DE PVC Y GEOTEXTILES CONSIDERANDO LA RESISTENCIA Y CALIDAD

4.1. Materiales y productos utilizados en la impermeabilización de cimentaciones

Los suelos con alto contenido de agua producen presiones hidrostáticas significativas contra las paredes de los cimientos, aumentando el riesgo de fugas: el agua a presión puede abrirse camino a través de los orificios más pequeños. Por lo tanto, se recomienda un enfoque de “cinturón y tirantes”: proporcione una membrana impermeable y un drenaje al lado de la membrana, permitiendo que el agua se mueva libremente hacia el drenaje del perímetro ubicado junto a las bases. Esto elimina la presión del agua contra la membrana.

Construir casas con más fuerza para conservar la energía aumenta los problemas del moho y el crecimiento de hongos porque la humedad relativa aumenta dentro de la envoltura del edificio. Así, un sistema completo para gestionar el agua se vuelve más importante. Los elementos básicos de un buen sistema incluyen:

Tubos de drenaje a lo largo de la zapata: Debe haber un drenaje en el interior y el exterior de la zapata. Si estos desagües no pueden hacer correr el agua por gravedad desde un edificio, ambas líneas deben dirigirse a una bomba de sumidero. Instale piedra o grava de calibre abierto envuelta en una tela de geotextil alrededor de las tuberías de drenaje para que el agua siempre pueda moverse rápidamente hacia el drenaje.

Impermeabilizaciones: membranas contra el exterior de la pared de la base. La mayoría de las membranas se ven afectadas por la radiación UV, por lo que la membrana sobre el suelo debe protegerse de la luz solar.

Los productos de drenaje se colocan junto a la membrana contra la cara exterior de la pared para aliviar la presión hidrostática y limitar el movimiento de las heladas durante el invierno.

Barreras de vapor: ubicadas debajo de las losas del piso que están selladas contra la base o la base de la pared de la cimentación, de modo que el vapor de agua y el gas radón no puedan ingresar al interior del recinto. Algunas instalaciones envuelven la base, sujetando la membrana a la barrera de vapor debajo de la losa del piso en el interior y la membrana impermeable en el exterior de la base.

Los impermeabilizantes se usan con el fin de proteger las edificaciones de las filtraciones, para evitar las consecuencias de la humedad sobre estructura, los elementos móviles y la salud de las personas.

Los productos de impermeabilización son utilizados en techos, muros, piscinas o cualquier superficie que este expuesta al agua, no importa la el uso que reciba, la función que cumpla o la exposición a factores externos e internos de meteorización.

4.1.1. Impermeabilizantes (tipos)

En la actualidad hay diferentes productos para impermeabilizar un área, la composición es variada al mismo tiempo que la aplicación, todo va a depender del tipo de estructura y la zona que se desee proteger. es muy común emplear selladores sobre las superficies aplicados en forma continua por capas, existen membranas de poliuretano, acrílico u otros materiales que son colocadas dentro

de las láminas de construcción para que el agua no traspase las superficies debido a la capilaridad.

Es importante, que se evalué la cantidad de agua a la que está expuesta la construcción, tomando en cuenta, las características del suelo, la ubicación y los niveles de pluviometría de la zona para elegir el producto de impermeabilización más adecuado.

Tabla 8 Tipos de impermeabilización

Tipo de impermeabilizante	Función
Impermeabilizante asfáltico	Este producto es completamente impermeable y ofrece una excelente adherencia, por lo que se puede aplicar prácticamente a cualquier superficie que se encuentre expuesta a la intemperie. Se aplica fácilmente, requiere de un mínimo mantenimiento, es resistente a la radiación ultravioleta y muy duradero. Los asfálticos suelen integrarse a sistemas que incluyen el uso de otros productos, como membranas con refuerzo de poliéster, por ejemplo, y gracias a la flexibilidad que poseen pueden utilizarse en cualquier tipo de clima y estructura.
Impermeabilizante acrílico	Se formula a base de resinas, componentes cerámicos y pigmentos y se puede aplicar en superficies de mortero, asbesto, concreto o sobre lámina galvanizada. Es un impermeabilizante elástico, por lo que no presenta fisuras ni se cuartea, además es de fácil aplicación y no es necesario que se utilice con membranas de refuerzo.

Tabla 8 Tipos de impermeabilización (Continuación)

Tipo de impermeabilizante	Función
Impermeabilizante cementoso	Está formulado especialmente para cubrir superficies de concreto, mortero y mampostería y además de utilizarse en construcciones se emplea en depósitos de agua, muros de contención, sótanos, cimentaciones y en espacios con presión hidráulica. La ventaja de un impermeabilizante de este tipo es la gran durabilidad y que evita la aparición de salitre; además es altamente resistente a la intemperie y es elástico, ideal para climas templados y fríos.
Prefabricado	Se utiliza en obras civiles y cimentaciones para el tratamiento de puntos como bajadas de agua pluvial y para el revestimiento en sistemas de aplicación en frío. Un impermeabilizante prefabricado tiene gran adherencia a prácticamente cualquier tipo de superficie, es muy resistente y elástico y aplicación rápida. Además, de ser muy duradero permite lograr capas de un espesor uniforme.
Impermeabilizante elástico	Se fabrica con co-polímeros acrílicos y se aplican en frío en superficies expuestas a la intemperie sin importar el material utilizado en la construcción. Como su nombre lo indica, es altamente elástico, por lo que resiste los movimientos de contracción y expansión continuos que en otros tipos de impermeabilizante podría causar fisuras.
Impermeabilizante ecológico	Se elabora a partir de llantas recicladas, por lo que tiene una alta elasticidad que soporta movimientos de contracción y expansión. La fórmula no incluye elementos tóxicos como solventes o plomos y se elabora con base agua. También soporta los cambios bruscos de temperatura, choques térmicos y los ambientes salinos, ofrece una durabilidad de 10 años. Además, de los anteriores existen los de cemento y de materiales bituminosos, así como las membranas impermeables.

Tabla 8 Tipos de impermeabilización (Continuación)

Tipo de impermeabilizante	Función
Materiales bituminosos	Se emplean en lugares que no están expuestos a la luz solar, ya que en presencia de esta son frágiles y quebradizos. En caso de que se desee utilizar un impermeabilizante de este tipo al exterior se le tienen que añadir materiales flexibles como polímeros con base acrílico o poliuretano.
Membranas líquidas	Consisten en la aplicación de una capa de imprimación y dos capas superiores delgadas de polímeros. Son mucho más flexibles que, por ejemplo, la impermeabilización con cemento, sin embargo, la flexibilidad y durabilidad dependen de las propiedades del polímero aplicado.
Membranas bituminosas	Se encuentran disponibles con autoadhesivo o para pegar con antorcha. Las autoadhesivas son las más usadas, pues reducen el tiempo de instalación, sin embargo, sus propiedades de unión se ven afectadas por el paso del tiempo. Por otro lado, las que se colocan por antorcha tienen materiales granulados que las hacen resistentes a la erosión y no necesitan de protección extra para evitar que se deterioren.
Membranas de poliuretano	Son un tipo de membranas líquidas que se utilizan en superficies a la intemperie. Se caracterizan por ser muy flexibles, sin embargo, sólo se deben colocar en materiales con un bajo nivel de humedad ya que el poliuretano es muy sensible a la humedad y podría desprenderse después de algún tiempo.
láminas sintéticas de PVC-P	Estas membranas se pueden aplicar a la cimentación de losas y a las paredes verticales. En la cimentación de losas el sistema está compuesto por hormigón armado, geotextil de 500 g/m ² polipropileno, una membrana de PVC-P de 2 mm de espesor, PE de 0,25 mm y hormigón de protección. Como sistema de control y reparación se utilizarán elementos llamados 'water stops', apoyados con la presencia de la instalación de tubos de inyección. La superficie en estos casos no deberá ser superior a 100 m ² y de 6 tubos de inyección como mínimo para garantizar que los resultados sean correctos. Las losas de cimentación deberán tratarse por separado de la sección de las paredes por la entrada de agua.

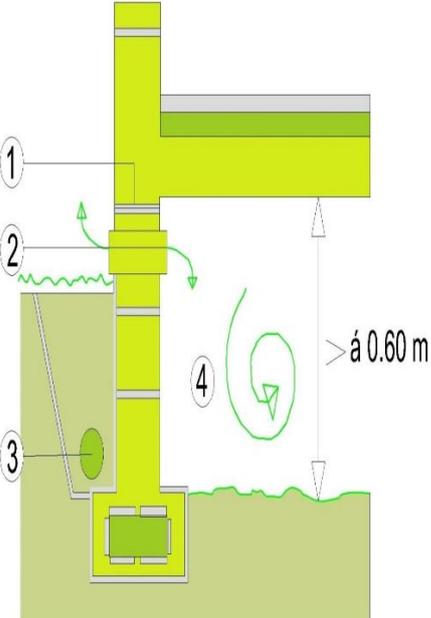
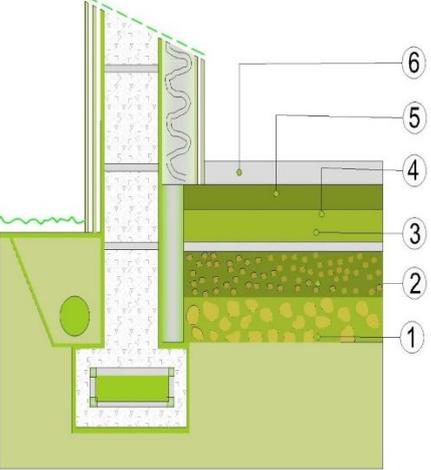
Tabla 8 Tipos de impermeabilización (Continuación)

Tipo de impermeabilizante	Función
láminas sintéticas de PVC-P	<p>En cuanto a las paredes verticales, éstas están compuestas por los siguientes elementos: conservación de la pared, capa de separación (ejemplo: Styrofoam de 4 cm o similar), geotextil de 500 g/m² de polipropileno, membrana de PVC-P de 2,0 mm de espesor, geotextil de 500 g/m² de polipropileno y hormigón en las paredes.</p> <p>Se utilizarán los mismos sistemas de control y de reparación utilizados en las losas de cimentación. Los ‘water stops’ serán los elementos que harán de unión entre las losas de cimentación y las paredes en vertical. La superficie de control se determinará in-situ.</p>
Geotextiles	<p>Suelen colocarse como complemento a otros sistemas, ya que su principal función no es la impermeabilizar sino la de ayudar al drenaje de la humedad y a proteger la lámina aislante. Pueden estar fabricados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="708 1229 1355 1514">• Polipropileno: perfectos para colocar bajo losas en suelos de exterior, para realizar caminos de piedra o para situar en terrazas. También se utilizan como elementos evacuadores del agua, ya que la recogen y la pueden dirigir hasta el punto de desagüe. <li data-bbox="708 1536 1355 1715">• Poliéster: tiene apariencia de fieltro blanco y se suele usar en combinación con láminas protectoras de polietileno. No admite su colocación en soportes alcalinos.

Tomado de: (Geosistemas PAVCO, 2009)

Elaborado por: Autora

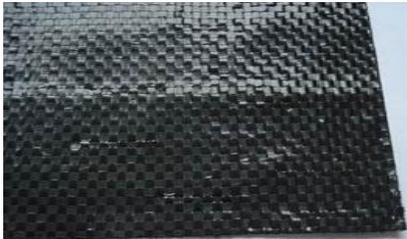
Tabla 9 Drenaje e impermeabilización

Método	Descripción del método	Soluciones para impermeabilizar cimientos forjados
<p data-bbox="300 353 612 376">Forjado con cámara de aire</p>  <ol data-bbox="245 1039 660 1137" style="list-style-type: none"> 1. Banda impermeabilizante. 2. Respiradero con rejilla. 3. Drenaje y tubo de recogida de agua. 4. Espacio de ventilación. 	<p data-bbox="699 353 1002 654">En este caso, la base de la casa no está en contacto directo con el suelo, ya que se ha previsto una cámara de aire con respiraderos al exterior en distintos puntos bajo la solera. Esto permite que el aire circule y ventile la estructura, secando la posible condensación que se produzca.</p> <p data-bbox="699 680 1002 1012">En cualquier caso, para evitar que suba la humedad por los cimientos hasta los muros de la casa, hay que colocar una banda impermeabilizante bituminosa, de PVC o de polietileno, que rompa la capilaridad, una de las formas más frecuentes de humedad en las construcciones.</p>	<p data-bbox="1026 353 1353 407">Aditivos líquidos para mortero y hormigón</p> <p data-bbox="1026 412 1359 788">Para evitar, tanto la capilaridad como la filtración, a la hora de preparar el hormigón para los cimientos o el mortero para los muros enterrados añade un aditivo impermeabilizante. Este reacciona con el cemento en el momento de añadir agua, formando sustancias minerales que obturan la red capilar por la que se cuela la humedad, pero permitiendo su transpiración.</p> <p data-bbox="1026 815 1359 869">Banda impermeabilizante para cimientos</p> <p data-bbox="1026 873 1359 1137">Para evitar la humedad por capilaridad, estas bandas de polietileno tienen diferentes anchuras, correspondientes las más frecuentes a los muros, para no tener que cortar la lámina. Se colocan entre el cimiento y el muro, o en la base de este antes de seguir levantando la pared.</p>
<p data-bbox="300 1146 628 1200">Forjado directamente sobre el terreno</p>  <ol data-bbox="245 1680 676 1908" style="list-style-type: none"> 1. Canto rodado de 40-60 mm. 2. Canto rodado de 20-40 mm o arcilla expandida hidrófoba. 3. Hormigón. 4. Lámina impermeable. 5. Capa aislante en horizontal y en vertical. 6. Solera. 	<p data-bbox="699 1397 1002 1675">Si no se puede dejar cámara de aire, por la imposibilidad de elevar la construcción o excavar en el terreno, la solución pasa por hacer un buen drenaje y combinar capas de canto rodado o grava con impermeabilizante, aislante y hormigón.</p>	<p data-bbox="1026 1173 1241 1196">Membrana de PVC</p> <p data-bbox="1026 1200 1359 1675">Esta lámina es para colocación en horizontal, por lo que resulta ideal para proteger los cimientos de la humedad por capilaridad. La encuentras en forma de rollos de 1,5 m de ancho y 20 de largo, esta membrana de PVC, resistente a la compresión, tiene un espesor de 0,8 mm y se puede cortar a la medida de los cimientos. Si hay que hacer empalmes, hay que solapar unos 5 cm una capa sobre otra y sellarlas, bien con aire caliente, bien con adhesivo para PVC.</p>

Tomado de: (Geosistemas PAVCO, 2009)

4.1.2. Tipos de geotextil

Tabla 10 Tipo de geotextil

Tipo de geotextil	Función y características
<p data-bbox="280 465 612 495">Geotextil de Poliester</p>  	<p data-bbox="679 421 1355 707">Posee alta resistencia y propiedades antideslizamiento, que les confieren elevadas prestaciones mecánicas e hidráulicas. Tienen alta estabilidad a la acción de los rayos UV, ácidos, álcalis y al ataque de insectos y microorganismos, que no permiten alteración alguna durante largos periodos de tiempo.</p> <p data-bbox="679 719 1355 831">Además, extraordinarias prestaciones en separación, drenaje, filtración, protección y refuerzo.</p> <p data-bbox="679 842 1355 1043">Estos también pueden ser termofijados, aumentando la resistencia al punzonado. Ambos geotextiles, tanto el termofijado como el punzonado son útiles en cualquiera de las aplicaciones.</p>
<p data-bbox="248 1115 646 1144">Geotextil de Polipropileno</p>  	<p data-bbox="679 1115 1355 1317">Geotextil no tejido, compuesto de fibras de polipropileno virgen. La unión en las fibras se realiza gracias a un sistema mecánico que compacta y entrelaza las fibras por un proceso de punzonado y posterior termofijado.</p> <p data-bbox="679 1328 1355 1653">De alta resistencia al aplastamiento y punzonado, de gran capacidad hidráulica y estructura compacta. Por tener, elevada capacidad de refuerzo lo hace perfecto para ser usado en carreteras. Con elevadas prestaciones para filtración y drenaje, impide el paso de los áridos a las capas superiores e inferiores.</p>

Tomado de: (Geosistemas PAVCO, 2009)

Tabla 11 Cuadro comparativo de Geotextiles comerciales y ventajas

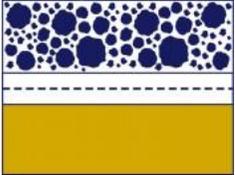
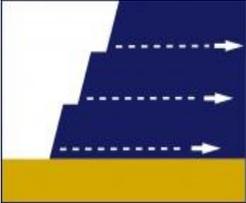
Tipo de geotextil	Función	Características	Aplicaciones
<p>Geotextiles Tejidos de Poliéster</p> 	<p>Son geotextiles tejidos diseñados y fabricados con hilos de poliéster (PET) de alta tenacidad y alto peso molecular. Tienen altas resistencias a la tracción con bajas deformaciones para aplicaciones de refuerzo del suelo, incluyendo la estabilización del suelo blando, refuerzo de la base, terraplenes en suelos blandos y plataformas de trabajo, etc.</p> <p>Separación</p>  <p>Refuerzo</p> 	<p>Alta resistencia a la tracción a muy baja elongación. La resistencia a la tracción máxima de los geotextiles puede alcanzar más de 1200 kN/m en dirección uniaxial (como dirección de carga principal) y hasta 300 kN/mx 300 kN/m en direcciones biaxiales, y estas resistencias se generan típicamente a una deformación inferior al 10%. Además, los geotextiles tienen un excelente valor de CBR (resistencia a la perforación), lo que demuestra su excelente capacidad para ser un componente de refuerzo.</p> <p>Ofrecen altas resistencias de diseño a largo plazo (LTDS del inglés) probadas por numerosas pruebas en laboratorios acreditados</p> <p>Los hilos de poliéster utilizados para producir geotextiles tienen una tenacidad muy alta con calidad superior, lo que hace que pueda ofrecer una excelente resistencia de diseño a largo plazo (LTDS, por sus siglas en inglés) con excelente capacidad contra daños de instalación, degradación química y deformación para un diseño de 120 años vida.</p> <p>Altamente rentable para aplicaciones de refuerzo de suelos.</p> <p>El uso de geotextiles tejidos de PET en aplicaciones de refuerzo de suelos ha demostrado ser un método de construcción muy rentable, especialmente cuando se necesitan tanto funciones de refuerzo de alta resistencia como de separación. Los geotextiles ofrecen muchas ventajas para una construcción fácil y especialmente el ahorro de costos debido a que su peso es más ligero que la mayoría de los productos similares. Además, la serie de geotextiles están disponibles en varias resistencias a la tracción para satisfacer diversas necesidades de ingeniería de proyectos, y los rollos están disponibles en anchos amplios de hasta 5.2 m para reducir el tejido utilizado para la superposición.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la estabilidad estructural con asentamiento diferencial limitado • Alto rendimiento, calidad y durabilidad para garantizar la seguridad y la rentabilidad • Fácil manejo e instalación para reducir el tiempo y los costos de construcción 	<p>Construcción de Movimiento de Tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo Basal • Puente sobre Huecos Subterráneos y Sumideros. <p>Construcción de Carreteras y Ferrocarriles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo de Base

Tabla 11 Cuadro comparativo de Geotextiles comerciales y ventajas (Continuación)

Tipo de geotextil	Función	Características	Aplicaciones
<p>Geotextiles Tejidos de Polipropileno</p> 	<p>Son geotextiles tejidos compuestos de hilos de polipropileno (PP) de alta tenacidad mediante estructuras de tejido innovadora y desarrollada por ACE Geosynthetics para los requisitos integrados de ingeniería como resistencia, filtración y separación.</p> <p>Contención</p>  <p>Separación</p>  <p>Filtración</p>  <p>Refuerzo</p> 	<p>Excelentes características de filtración con alta resistencia a la tracción</p> <p>Usualmente, con el aumento de la resistencia del textil implica una mayor densidad de tejido y esto resulta la reducción de la permeabilidad. Sin embargo, los geotextiles han hecho un gran avance con la protección de patentes. Con altas resistencias a la tracción (hasta 750kN/m para resistencia uniaxial y 350kN/m para resistencia biaxial) y tamaños de abertura adecuados, tiene una permeabilidad sobresaliente entre todos los geotextiles tejidos en el mercado.</p> <p>De Gran Utilidad y Rentabilidad</p> <p>Debido a la multifunción de los geotextiles, estos tienen amplios usos especialmente en la fabricación de tubos de geotextiles y bolsas que requieren altas resistencias y durabilidad para garantizar la seguridad de la estructura y también una buena permeabilidad y tamaños de abertura para aumentar la eficiencia de llenado o desecación. Además, los geotextiles ofrecen muchas ventajas para una construcción fácil y rentable debido a que su peso es más ligero que la mayoría de los productos similares.</p> <p>Basados en una sólida experiencia de fabricación y un alto control de calidad estándar y un proceso de aseguramiento, los geotextiles han sido reconocidos por más y más clientes debido a su rendimiento, calidad y rentabilidad. Además, se han utilizado en cientos de proyectos en todo el mundo. A continuación, se resumen los beneficios de usar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta calidad y durabilidad para garantizar la seguridad de la estructura • Alto rendimiento mecánico y de filtración para mejorar la eficiencia de uso • Fácil de manejo e instalación para reducir el tiempo y los costos de construcción • Rentable 	<p>Construcción de Estructuras Marinas y Costeras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Malecones y Mamparos • Espigones y Embarcaderos • Rompeolas • Rompeolas Desvinculados • Dunas de Arenas • Rompeolas sumergidos y Arrecife Artificial • Protección Costera • Ataguía <p>Protección de Riberas y Canales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espigones • Protección Contra la Socavación al Pie de Pilas

Tabla 11 Cuadro comparativo de Geotextiles comerciales y ventajas (Continuación)

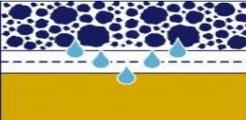
Tipo de geotextil	Función	Características	Aplicaciones
<p>Geotextiles Tejidos de Polipropileno con alta resistencia a la tracción y baja deformación</p> 	<p>Son geotextiles tejidos fabricados con hilos de polipropileno de alta tenacidad y una textura bien diseñada. Los geotextiles funcionan excepcionalmente bien en funciones de separación, filtración y refuerzo en conjunto para mejorar la seguridad, confiabilidad y facilidad de servicio de las carreteras pavimentadas y no pavimentadas.</p> <p>Separación</p>  <p>Filtración</p>  <p>Refuerzo</p> 	<p>Excelentes características de filtración con alta resistencia a la tracción y bajo alargamiento</p> <p>Los geotextiles se colocan usualmente entre la base de la carretera y la subrasante. Debido a las altas resistencias a la tracción (resistencia a la tracción biaxial de hasta 200 kN/m) y el módulo del geotextil, puede llegar a ofrecer una estabilidad estructural y alto valor de CBR. Pueden distribuir la carga uniformemente a bajo alargamiento para aumentar la capacidad de carga del sistema. Además, al aumentar la permeabilidad con tamaños de poros adecuados, logrando la separación y la filtración simultáneamente para estabilizar la estructura del sistema de carreteras a largo plazo.</p> <p>Los beneficios se resumen a continuación:</p> <p>La seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir las rodadas y baches • Reducir asentamientos no homogéneos • Mejorar la capacidad de tráfico <p>Económico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extender la vida útil del camino • Reducir los materiales básicos requeridos del curso • Menores costos de mantenimiento <p>Aplicabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usar en áreas de lluvias intensas / zonas de gran nivel freático • Usar en suelos difíciles de transitar • Permitir sistemas de pavimento permeable 	<p>Construcción de Movimiento de Tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puente sobre Huecos Subterráneos y Sumideros <p>Construcción de Carreteras y Ferrocarriles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de Subrasante • Refuerzo de Base

Tabla 11 Cuadro comparativo de Geotextiles comerciales y ventajas (Continuación)

Tipo de geotextil	Función	Características	Aplicaciones
<p>Geotextiles No tejidos Perforados por Aguja con o sin Superficie Adherida Térmicamente</p> 	<p>Son geotextiles no tejidos hechos de hilos de filamentos continuos de poliéster mediante un proceso de fabricación punzonada; o fibra cortada de polipropileno mediante un proceso de fabricación punzonada con una superficie unida térmicamente.</p> <p>Separación</p>  <p>Drenaje</p>  <p>Filtración</p> 	<p>Alta permeabilidad y excelente capacidad de filtrado</p> <p>Con pequeñas dimensiones de apertura, alta permitividad y altas características de permeabilidad, los geotextiles son adecuados para aplicaciones de filtración, drenaje y separación que requieren bajas resistencias a la tracción.</p> <p>Disponibles en varias resistencias a la tracción y propiedades hidráulicas para satisfacer diversas necesidades de ingeniería de proyectos</p> <p>La masa nominal de los geotextiles es de 80 g/m² a 1200 g/m². La permeabilidad del geotextil no tejido puede ser de hasta 0,25 cm/s según el estándar de prueba ASTM y la permitividad de hasta 100 m/s X 10⁻³ en base al estándar de prueba ISO. Además, se puede aplicar ampliamente en proyectos de ingeniería civil, incluyendo el drenaje y la separación de carreteras, el control de la erosión, las estructuras de suelo reforzado, etc. A veces se utiliza como capa de protección contra la abrasión.</p> <p>Los beneficios se resumen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento mecánico y de filtración para mejorar la eficiencia de uso • Rentable 	<p>Construcción de Carreteras y Ferrocarriles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de Subrasante <p>Protección de Riberas y Canales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espigones <p>Edificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cimientos • Muros

Tomado de: (Geosistemas PAVCO, 2009)

Los sistemas de drenes se ubican debajo del suelo y logran disminuir el nivel de humedad saturada permitiendo el desagüe continuo del suelo a través de tuberías agujereadas; sin embargo, estos se apoyan en sistemas como los geotextiles que de acuerdo al tipo cumple una función, para el estudio se considera como la mejor opción los Geotextiles que no se tejen, presentan pequeños huecos realizados por Aguja con o sin Superficie pegada en forma térmica, debido a que funcionan como: drenaje, filtro y separador.

CAPÍTULO V

5. GUÍA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIONES CON EL USO DE DRENES Y GEOTEXTILES EN LAS CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS RESIDENCIALES EN ZONAS CON ALTO NIVEL FREÁTICO

A continuación, se detallan una serie de procesos en la construcción para impermeabilizar las cimentaciones utilizando drenes y geotextiles en las viviendas residenciales en zonas con alto nivel freático, señala en forma clara y precisa los procedimientos que se deben llevar a cabo.

Impermeabilización de cimientos corridos (Solera en contacto con el terreno)

Para impermeabilizar los muros de un sótano expuesto a la humedad por el alto contenido de agua del suelo en donde se encuentra ubicado, se debe colocar una membrana impermeabilizante en la parte exterior del muro. Además, se deberá impermeabilizar la superficie de la solera. La obra se ejecutará de acuerdo con la siguiente secuencia constructiva (GEOSAI, 2016) (la cual se muestra gráficamente en las figuras 31, 32 y 33):

Paso 1: Drenaje de la Solera

Se instalará una capa que permita drenar la humedad bajo la solera. Esta capa drenante podrá estar constituida por uno de los siguientes elementos:

1. Un material prefabricado a base de lámina nodular a la que puede ir adherido en una o ambas caras un fieltro sintético.
2. Una capa de pavimento de como mínimo 20 cm de espesor, a base de áridos de 40 mm.

Paso 2: Regularización de la base

Sobre la capa drenante se aplica una capa de mortero de regularización de, como mínimo, 2 cm de espesor.

Paso 3: Impermeabilización de la solera

Encima la capa de regularización, se coloca la membrana impermeabilizante, formada por una lámina de, cómo mínimo los tipos:

LBM-30-FP: Lámina de Betún Modificado de 3kg/m^2 de masa, con armadura de Fieltro de Poliéster.

LBA-15: Lámina autoadhesiva de $1,5\text{ kg/m}^2$ de masa, con armadura interna o externa (FP, PE o TPP), cuando se combine con drenaje sintético.

La membrana ascenderá por el muro espesor previsto para la solera.

Paso 4: Capa antipunzonante

Sobre la membrana impermeabilizante se colocará un geotextil antipunzonante, para protegerla de daños mecánicos durante la colocación de la solera.

Paso 5: Ejecución de la solera

Se hace el hormigonado de la solera.

Paso 6: Impermeabilización del muro

Se realizará la impermeabilización de la superficie exterior del muro de hormigón, así como la coronación del mismo.

Capa de imprimación

Se realiza el tendido de una capa de imprimación que cubra el tacón de la cimentación, la superficie exterior del muro, y el borde de la solera del primer forjado horizontal, con 10 cm de ancho en la sección de muro hacia la parte interna de la estructura (GEOSAI, 2016).

Bandas de refuerzo

En la superficie previamente imprimada, se ponen las siguientes bandas de refuerzo:

- Una banda centrada sobre el encuentro entre la cimentación y el arranque del muro. Esta banda irá adherida y se obtiene a partir de lámina del mismo tipo usado para la impermeabilizar el muro.
- Una banda situada sobre la solera que cubra la sección del muro y descienda por éste hasta, como mínimo, 10 cm bajo en encuentro entre muro y solera. Esta banda se sujetará y se obtendrá a partir de lámina del mismo tipo utilizado en el proceso de impermeabilización del muro.

Membrana impermeabilizante

Encima de la superficie vertical del muro previamente imprimada, se pegará la membrana impermeabilizante formada por una lámina de las presentadas a continuación (GEOSAI, 2016):

- **LBM-30:** Lámina de Betún Modificado de 3kg/m² de masa.
- **LBA-15/NA-PE:** Lámina autoadhesiva de 1,5 kg/m² de masa, con acabado de Film de polietileno u otra poliolefina (HDPE o similar).

La membrana del muro deberá solapar sobre las bandas de refuerzo superior e inferior.

Bandas de terminación

Se deben colocar las siguientes bandas de terminación:

- Una banda que cubra el tacón de la cimentación y ascienda sobre la membrana de impermeabilización del muro hasta una altura de 25 cm, centrada sobre el encuentro entre la cimentación y el arranque del muro. Esta banda irá pegada y se obtendrá a partir de lámina del mismo tipo utilizado para la impermeabilización del muro (GEOSAI, 2016).
- Una banda, ubicada sobre la banda de refuerzo de la solera, sobrepasándola en 10 cm, como mínimo, y descendiendo sobre la membrana de impermeabilización del muro. Esta banda irá sujeta y se obtendrá a partir de lámina del mismo tipo utilizado para la impermeabilización del muro.

Ejecución del muro

Sobre la banda de terminación superior se ubica una capa de mortero de regularización de aproximadamente 2 cm de espesor, a partir de la que se eleva el muro de fábrica.

Capa antipunzonante

Para realizar el drenaje a base de enchado de áridos, se colocará sobre la membrana impermeabilizante del muro, una capa antipunzonante para protegerla de daños mecánicos. Esta capa antipunzonante se podrá eliminar cuando el drenaje se elabore con un material prefabricado a base de lámina nodular a la que vaya adherido en su cara exterior, un fieltro sintético.

Drenaje del muro

- En la base del muro se Deberá colocar un tubo drenante (es un tubo de PVC circular, monocapa, corrugado y con perforaciones utilizados en el drenaje subterráneo; este se utiliza en conjunto con los geotextiles con el fin de aprovechar las propiedades de separación y filtración que estos poseen) que se encargará de conducir el agua hacia la red de saneamiento (GEOSAI, 2016).
- Se colocará una capa drenante que evite la acumulación de la humedad en el exterior del muro. Esta capa está formada por:
 - a) Un material prefabricado a base de lámina nodular a la que deberá ir adherido en su cara exterior un fieltro sintético.
 - b) Una capa de enchado de, como mínimo, 20 cm de espesor, a base de áridos de 40 mm.

Capa filtrante

Si el drenaje se realiza base de enchado de áridos, éste se recubrirá con un fieltro geotextil filtrante que evite la saturación del drenaje por los finos del terreno.

En cualquier caso, las tierras colindantes a las superficies drenantes deben compactarse por tongadas, para minimizar el movimiento de finos del terreno hacia el drenaje.

Coronación del drenaje

En la coronación de la capa de drenaje se usará el pavimento y revestimiento exteriores.

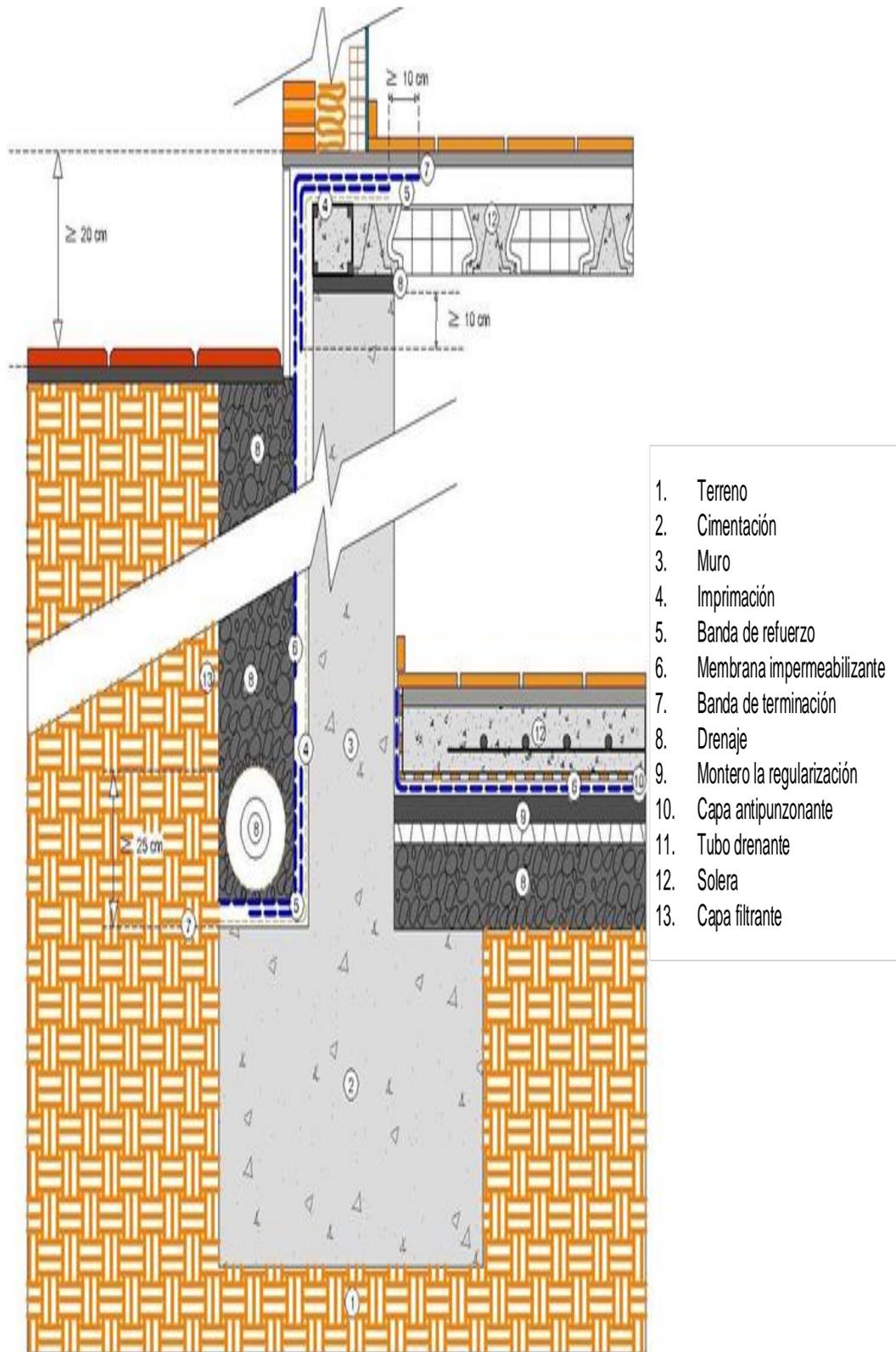


Figura 31 Impermeabilización de cimientos corridos drenaje de encachado

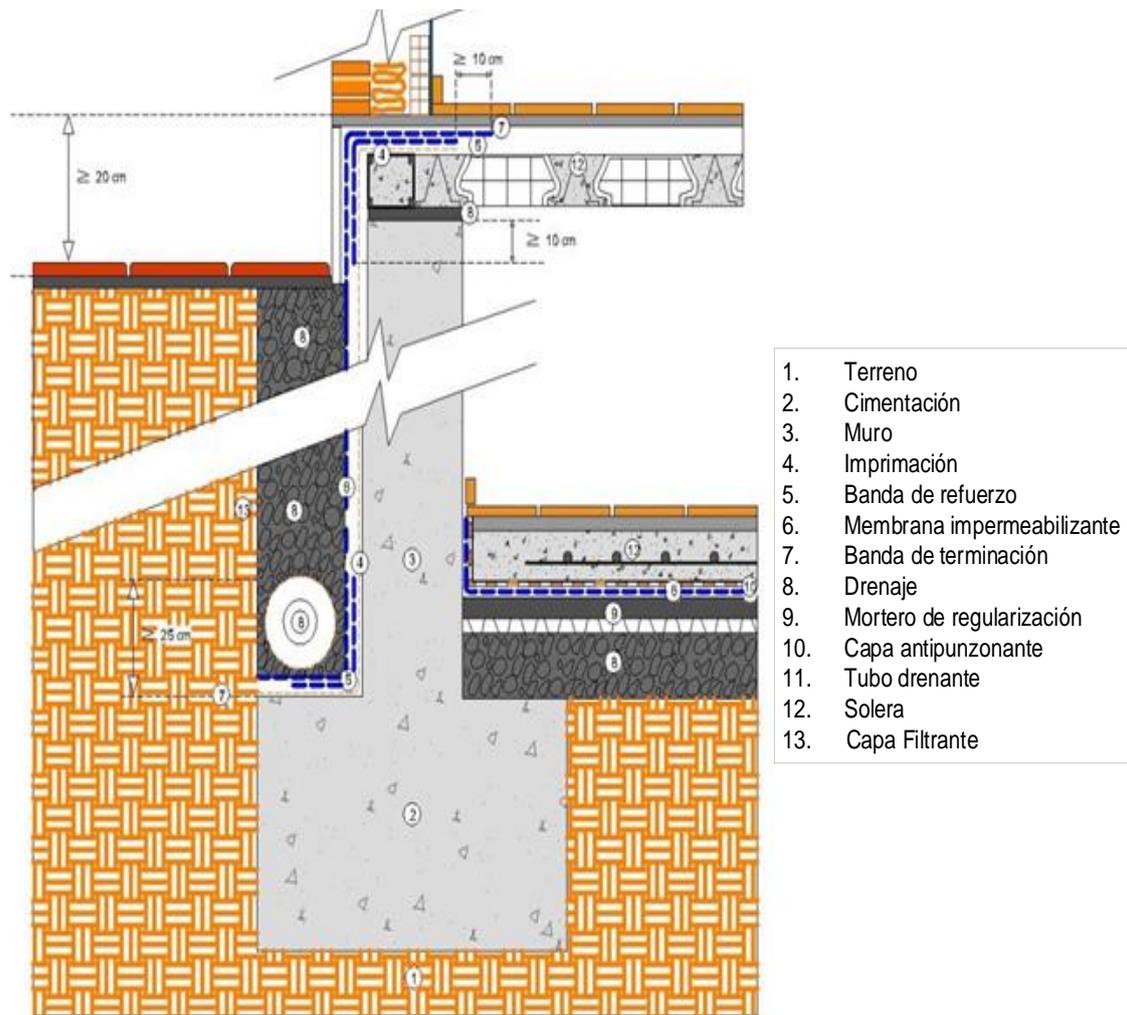


Figura 32 Impermeabilización de cimientos corridos drenaje de lámina nodular

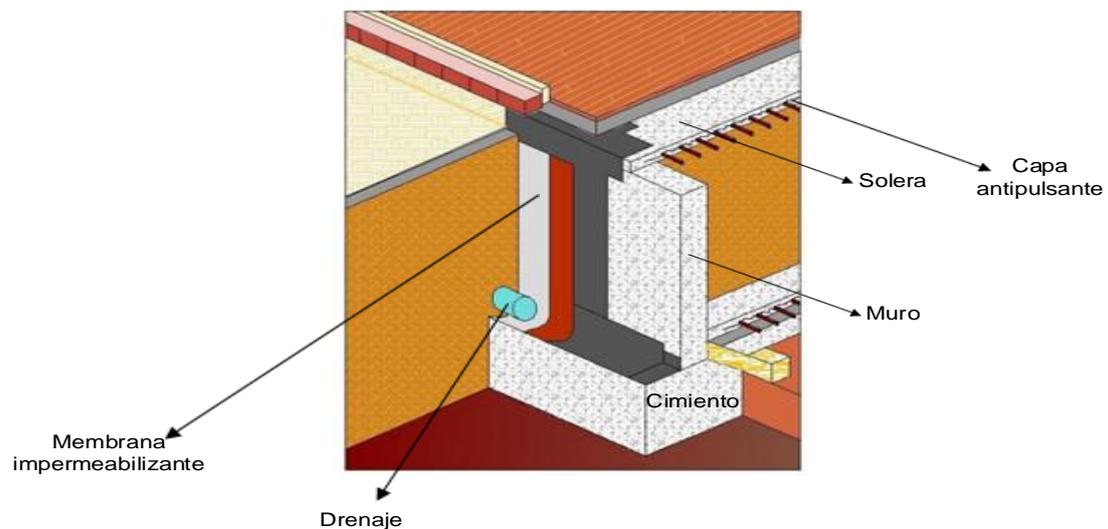


Figura 33 Vista real de la impermeabilización de cimientos corridos drenaje de lámina nodular

Impermeabilización de losa de cimentación

El sistema, se realizará de acuerdo con la siguiente secuencia constructiva (GEOSAI, 2016) (de acuerdo a la figura 34):

Paso 1: Normalización de la base de la losa

Después de realizar la excavación de la losa, la misma se cubre con un hormigón de limpieza de 4 cm de espesor como mínimo.

Paso 2: Capa antipunzonante inferior

Sobre la capa de normalización se colocará una capa antipunzonante que subirá en contacto con el terreno en todo el espesor de la losa.

Paso 3: Impermeabilización de la losa

Sobre la capa antipunzonante se extenderá la membrana impermeabilizante que se forma por una capa de láminas mencionadas a continuación:

- **Sistema monocapa:** LBM-48-FP Lámina de Betún Modificado de 4,8 kg/m² de masa con armadura de Fieltro de Poliester.
- **Sistema bicapa:** (LBM-30-FP + LBM-30) dos capas de Láminas de Betún Modificado de 3 kg/m² de masa de las cuales, al menos una, debe llevar armadura de Fieltro de Poliéster.

La lámina se extenderá en la medida necesaria, para cubrir el canto y el ala de la losa, y se debe dejar en espera.

Paso 4: Capa antipunzonante superior

Sobre la membrana impermeabilizante se colocará un geotextil antipunzonante, para protegerla de daños mecánicos durante el hormigonado de la losa.

Paso 5: Capa de mortero de protección

Encima de la capa antipunzonante, se ubicará otra (capa) de mortero con protección de, aproximadamente, 2 cm de espesor.

Paso 6: Fase de hormigonado

- Se procede a realizar el hormigonado de la losa.
- Se procede a realizar el hormigonado del muro.

Paso 7: Impermeabilización del muro

Se debe impermeabilizar el área superficial del muro de hormigón, que hará conexión con la losa impermeabilizada, así como la coronación del mismo.

Capa de imprimación

Se aplica una capa de imprimación que recubra el ala de la losa, la parte exterior del muro, y el borde de la solera del primer forjado horizontal, en un ancho que cubra en 10 cm la sección de muro hacia el interior del edificio (GEOSAI, 2016).

Bandas de refuerzo

En la superficie anteriormente imprimada se ponen bandas de refuerzo:

- Una banda en el centro de parte que se encuentra entre el ala de la losa y el arranque del muro, debe subir como mínimo 15 cm por encima del

muro. Esta banda se pegará y se generará a partir de lámina utilizada para impermeabilizar el muro.

- Una banda ubicada encima de la solera que tape la parte del muro y baje por el hasta 10 cm como medida mínima, debajo del encuentro del muro y la solera. la banda irá pegada y se generará a partir de lámina utilizada para la impermeabilizar el muro.

Membrana impermeabilizante

Encima del área vertical del muro anteriormente imprimada, se pegará la membrana para impermeabilizar, que se forma por capa de láminas de tipo:

- **LBM-30:** Lámina de Betún Modificado de 3kg/m² de masa.
- **LBA-15/NA-PE:** Lámina autoadhesiva de 1,5 kg/m² de masa, con acabado de Film de polietileno u otra poliolefina.

La membrana del muro, debe quedar con una solapa encima del área vertical de la banda de refuerzo superior, que cubra la banda de refuerzo inferior y la membrana de impermeabilización de la losa.

Banda de terminación

Sera puesta una banda, encima de la banda de refuerzo de la solera, de modo que la supere en 10 cm, como medida mínima, y bajando encima de la membrana de impermeabilización del muro. Esta banda se pegará y se generará de la lámina usada para la impermeabilización del muro.

Capa antipunzonante

Sobre la membrana impermeabilizante del muro se colocará un fieltro antipunzonante para protegerla de daños mecánicos durante el relleno de tierras.

Paso 8: Ejecución del muro

Por encima de la banda de terminación superior se tiende una capa de mortero para regularización de 2 cm de espesor, de allí se subirá el muro.

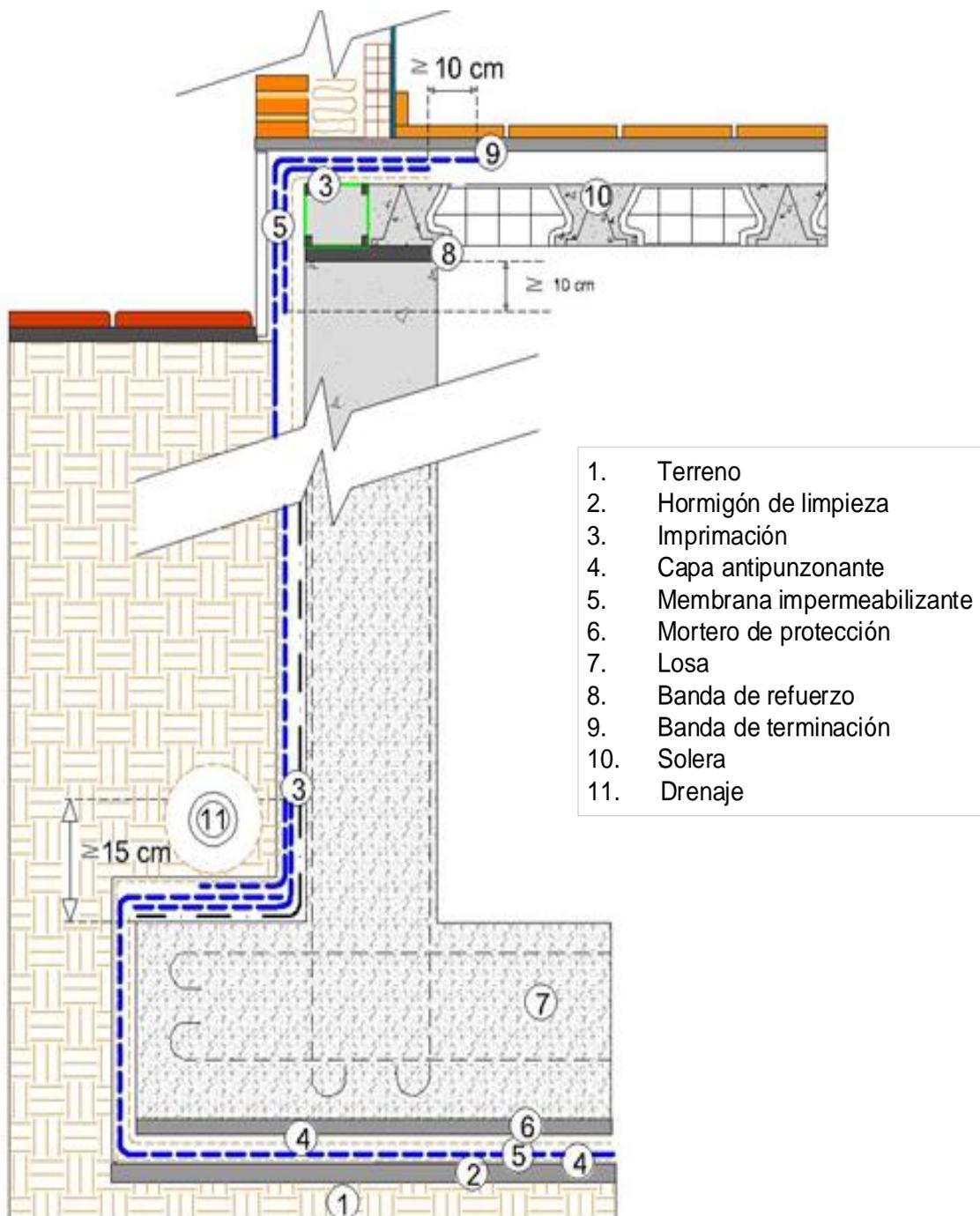


Figura 34 Impermeabilización de losa de cimentación

Impermeabilización de cimentación, muros de sótano y solera (con alto nivel freático)

En estructuras sujetas a presiones hidrostáticas se debe realizar la impermeabilización, en el área de la solera, en la cimentación y en los muros de sótanos en contacto con los terrenos (GEOSAI, 2016), siguiendo los siguientes pasos (estos pasos se reflejarán en la figura 35).

Paso 1: Normalización de la base de la cimentación

Cuando se realiza la excavación de la cimentación, la base debe recubrirse con una capa de hormigón de limpieza que tenga 4 cm de espesor como medida mínima.

Paso 2: Capa antipunzonante inferior

Sobre la capa de regularización se pondrá una capa antipunzonante que suba por los lados del vaciado de la cimentación.

Paso 3: Impermeabilización de la cimentación - 1ª Fase

En la parte superior de la capa antipunzonante se esparcirá la membrana impermeabilizante compuesta por una capa de láminas de los siguientes tipos:

- **Sistema monocapa:** LBM-48-FP Lámina de Betún Modificado de 4,8 kg/m² de masa con armadura de Filtro de Poliéster.
- **Sistema bicapa:** (LBM-30-FP + LBM-30): dos capas de Láminas de Betún Modificado de 3 kg/m² de masa de las cuales, por lo menos una, debe llevar armadura de Filtro de Poliéster.

La membrana será adherida por los lados del vaciado de la cimentación alargándose en la longitud prevista, para cubrir el tacón de la misma y se deja en espera a la segunda fase.

Paso 4: Capa antipunzonante superior

Por encima de la membrana impermeabilizante se pondrá una geotextil antipunzonante, para protegerla de daños mecánicos durante el hormigonado de la cimentación.

Paso 5: Fase de hormigonado

- Se hace el hormigonado de la cimentación.
- Se elabora el hormigonado del muro.

Paso 6: Impermeabilización de la cimentación - 2ª Fase

Capa de Imprimación

Se imprimirá la superficie que pertenece al tacón de la cimentación.

Colocación de la membrana

En la superficie anteriormente imprimada se extenderá la membrana dejada en espera.

Paso 7: Normalización de la base de la solera

Se extiende una capa de mortero de regularización de, aproximadamente, 2 cm de espesor.

Paso 8: Impermeabilización de la solera

Por encima del mortero de normalización se pone la membrana que impermeabiliza y está compuesta por una lámina de cualquiera de los siguientes tipos (GEOSAI, 2016):

- **LBM-30-FP:** Lámina de Betún Modificado de 3kg/m² de masa, con armadura de Fieltro de Poliéster.
- **LBA-20:** Lámina autoadhesiva de 2 kg/m² de masa, con armadura interna o externa (FP, PE o TPP), cuando se combine con drenaje sintético.

La membrana se esparcirá, por encima del mortero de normalización hasta lograr solaparse con la membrana que se impermeabilizo la cimentación.

Paso 9: Capa antipunzonante

Se pondrá un fieltro geotextil antipunzonante, por encima de membrana impermeabilizante con el fin de protegerla de daños mecánicos al colocar la solera.

Paso 10: Ejecución de la solera

Se hace el hormigonado de la solera.

Paso 11: Impermeabilización del muro

Se impermeabilizará la parte externa y la coronación del muro de hormigón.

Capa de imprimación

Se esparce una capa de imprimación que tape el tacón de la cimentación, el área externa del muro y el de borde de la solera con una medida de 10 cm como

mínimo para que sobrepase una parte del muro hacia la parte internas de la estructura.

Bandas de refuerzo

Encima del área anteriormente imprimada se colocarán las siguientes bandas de refuerzo:

- Una banda centrada sobre la parte en donde se encuentran la cimentación y el arranque del muro, debe subir como mínimo 15 cm sobre el. la banda irá sujeta y se generará a partir de lámina del mismo usada en la impermeabilización del muro.
- Una banda colocada por encima de la solera que recubre una parte del muro y baja por el hasta 10 cm encontrándose entre muro y solera. la banda se sujetará y será obtenida, partiendo desde la lámina del mismo tipo usado en la impermeabilización del muro.

Membrana impermeabilizante

Encima de la superficie vertical del muro que fue imprimada, se pegara la membrana impermeabilizante que se forma con una lámina de los siguientes tipos:

- **LBM-30:** Lámina de Betún Modificado de 3kg/m^2 de masa.
- **LBA-15/NA-PE:** Lámina autoadhesiva de $1,5\text{ kg/m}^2$ de masa, con acabado de Film de polietileno u otra poliolefina.

Esta membrana debe solapar encima de la sección vertical de la banda de refuerzo superior, de la banda de refuerzo inferior y la membrana que impermeabiliza de la losa.

Banda de terminación

Se coloca encima de la banda de refuerzo de la solera, superándola en 10 cm, como mínimo, bajando por encima de la membrana de impermeabilización del muro. La banda estará sujeta y saldrá de la lámina del mismo tipo usado para impermeabilizar el muro (GEOSAI, 2016).

Paso 12: Ejecución del muro

En la banda de terminación superior se esparce una capa de mortero de normalización de 2 cm de espesor, a partir de la cual asciende el muro.

Paso 13: Capa antipunzonante

Sobre la membrana impermeabilizante del muro se colocará una capa antipunzonante para protegerla de daños mecánicos durante el relleno de tierras.

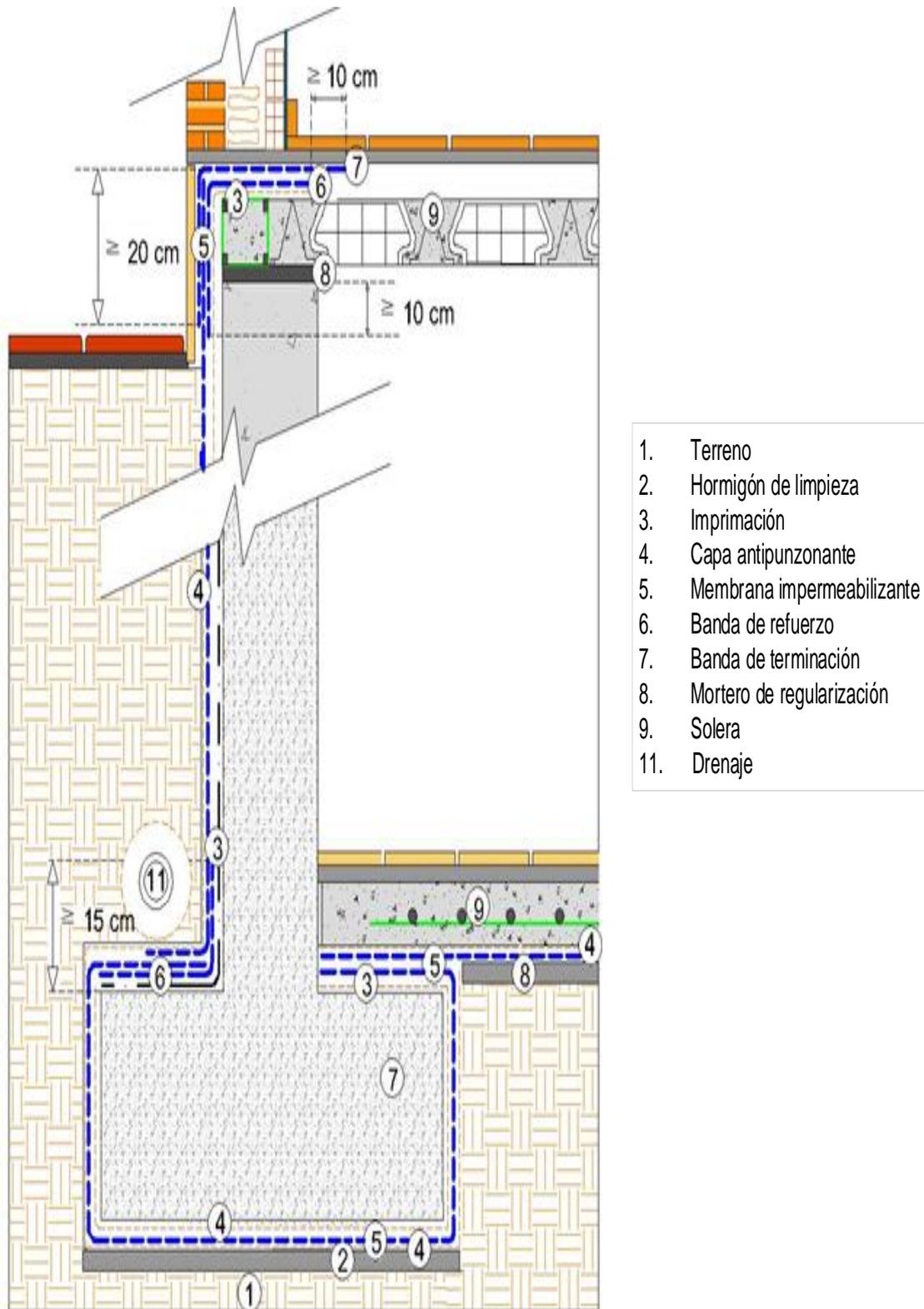


Figura 35 Impermeabilización de cimentación, muros de sótano y solera (con alto nivel freático)

Impermeabilización de zapata y solera – cimentación con zapatas

Si existe presión hidrostática, se debe impermeabilizar las zapatas. Con la membrana de impermeabilizar se hará un vaso, envolviendo la zapata y uniéndolo con la impermeabilización de la solera, de acuerdo a los siguientes pasos constructivos (GEOSAI, 2016) (estos serán detallados en la figura 36 y 37):

Paso 1: Normalización de la base de la zapata

Se realiza el vaciado de la zapata, la base se recubre con una capa de hormigón de limpieza de 4 cm de espesor como medida mínima.

Paso 2: Capa antipunzonante inferior

Por encima la capa de normalización se pondrá una capa antipunzonante que suba por las secciones laterales del vaciado.

Paso 3: Impermeabilización de la zapata 1ª Fase

En la parte de encima de la capa antipunzonante se esparcirá la membrana para impermeabilizar, formada por una lámina de los siguientes tipos:

Sistema monocapa: LBM-48-FP Lámina de Betún Modificado de 4,8 kg/m² de masa con armadura de Fieltro de Poliéster.

Sistema bicapa: (LBM-30-FP + LBM-30): dos capas de Láminas Betún Modificado de 3 kg/m² de masa de las cuales, al menos una, deberá llevar armadura de Fieltro de Poliéster.

La membrana se extenderá en la medida señalada para el tacón de la zapata.

Paso 4: Capa antipunzonante superior

En la parte superior de la membrana impermeabilizante se pondrá un geotextil antipunzonante, para cuidarla de daños mecánicos en el proceso del hormigonado de la zapata.

Paso 5: Fase de hormigonado

Se hace el hormigonado de la zapata.

Paso 6: Impermeabilización de la zapata 2ª Fase**Imprimación**

Se imprimirá la superficie del tacón de la zapata.

Colocación de la membrana

En el área superficial que se imprimo se sujetara la banda de la lámina dejada en espera.

Paso 7: Normalización de la base

En la capa drenante se esparce una capa de mortero de regularización de 2 cm de espesor, como medida mínima.

Paso 8: Banda de refuerzo

Encima de la junta formada por la cimentación y la capa de mortero de regularización, se pone una banda de refuerzo. Debe ir centrada encima de la junta, pegada a la membrana de la zapata y flotante sobre la capa de mortero

adyacente y se generara a partir de lámina usada en la impermeabilización de la solera.

Paso 9: Impermeabilización de la solera

Se pone la membrana para impermeabilizar formada por una lámina de los siguientes tipos:

- **LBM-30-FP:** Lámina de Betún Modificado de 3kg/m^2 de masa, con armadura de Fieltro de Poliéster.
- **LBA-20:** Lámina autoadhesiva de 2kg/m^2 de masa, con armadura interna o externa (FP, PE o TPP), cuando se combine con drenaje sintético.

La membrana se colocará hasta el arranque del muro.

Paso 10: Capa antipunzonante

Se debe poner un geotextil antipunzonante, encima de la membrana impermeabilizante como medida de protección ante daños mecánicos en el proceso de colocación de la solera.

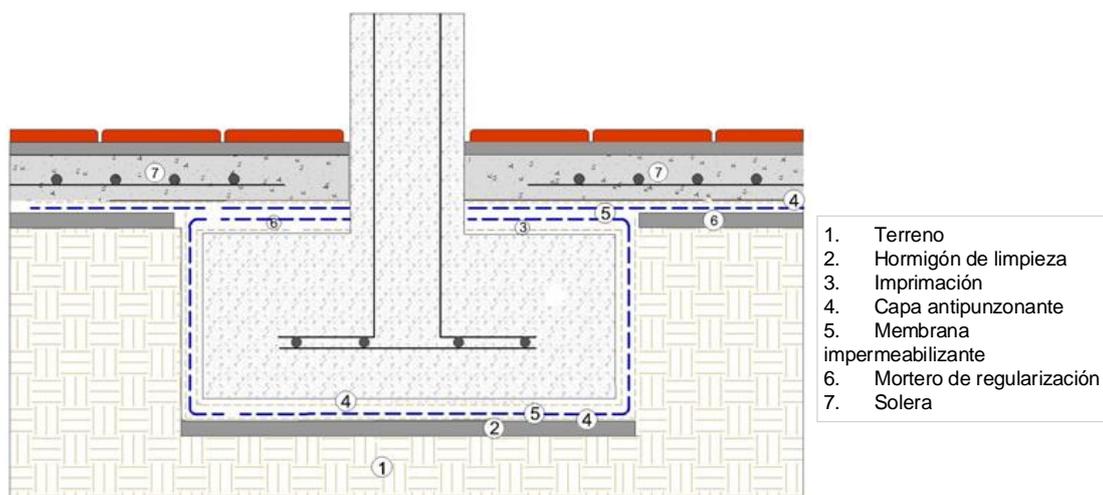


Figura 36 Impermeabilización de zapata y solera

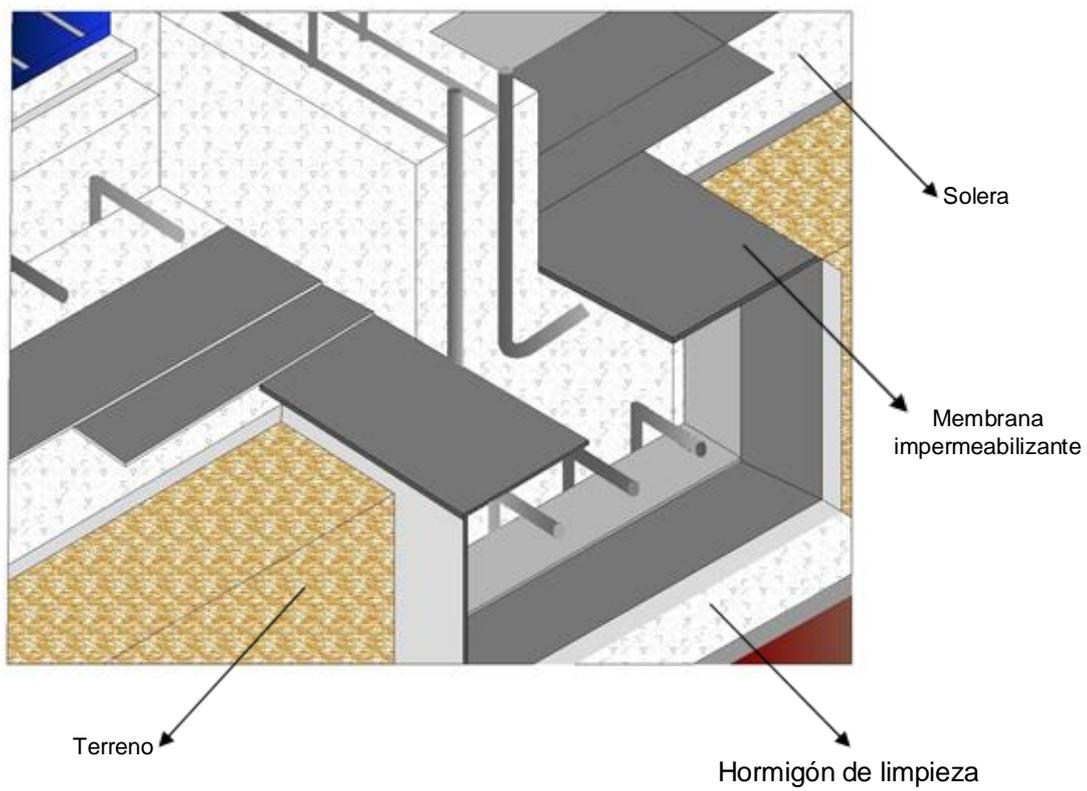


Figura 37 Vista real de la impermeabilización de zapata y solera

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En la investigación se determinó que en algunos procesos constructivos que se han realizado actualmente en el sector El Recreo tienen como base el uso de drenes y geotextiles en la cimentación de las residencias con la finalidad de disminuir el riesgo de hundimiento de las edificaciones debido a la composición del suelo. La misma, es caracterizada por estar depositados sobre cenizas volcánicas son suelos jóvenes, se llaman andosoles se componen mayormente por vidrios, que sufren alteraciones rápidamente transformándose en compuestos lumínicos orgánicos o de minerales alófanos e imogolita.

Estos suelos tienen horizontes poco diferenciados, presentan un color negro por el alto porcentaje que contiene de materia orgánica; se caracteriza por tener una estructura estable microagregada y alta porosidad. Presentan una densidad débil, ya que, el porcentaje de carbono orgánico es muy alto, en gran parte por el clima del lugar; cabe destacar que los suelos poco desarrollados drenan mejor el agua y los más viejos son capaces de retener más agua, como en el caso de este sector, debido a la gran cantidad de arcillas que poseen, aparte de la plasticidad propia de las arcillas.

Por esta condición, es necesario señalar que, el riesgo generado en la construcción de una obra cuando se hace de forma inadecuada, por no realizar el estudio de suelos pertinente, ni verificar cuales son los riesgos naturales asociados al sector y que se evalúan tomando en cuenta la Amenaza (condición) + Impacto (consecuencia) que se produce en el lugar, pueden producir riesgos naturales de gran tamaño, incrementado los daños estructurales y la pérdida de vidas humanas.

También es importante la determinación de materiales y productos que se usaran para impermeabilizar las cimentaciones con drenes PVC y geotextiles tomando en cuenta la resistencia y calidad de los mismos.

Las impermeabilizaciones se clasifican en:

- **Asfáltico:** es impermeable y tiene una excelente adherencia, se puede utilizar en cualquier superficie expuesta por la flexibilidad que poseen pueden utilizarse en cualquier tipo de clima y estructura.
- **El acrílico:** este hecho en base a resinas, componentes cerámicos y pigmentos y se aplican en superficies de mortero, asbesto, concreto o sobre lámina galvanizada, es elástico y de fácil aplicación.
- **El cementoso:** sirve para cubrir superficies de concreto, mortero y mampostería se usa en construcciones, depósitos de agua, muros de contención, sótanos, cimentaciones y en espacios con presión hidráulica, es duradero, no permite la aparición del salitre, es elástico y sirve para cualquier tipo de clima.
- **Prefabricado:** es usado en obras civiles, para tratar puntos que tienen que ver con el encauzamiento de aguas pluviales se caracteriza por adherirse fácilmente es resistente, elástico y de aplicación rápida.
- **El elástico:** se hace con co-polímeros acrílicos y se aplican en frío en superficies expuestas a la intemperie sin importar el material utilizado en la construcción debido a su elasticidad.
- **El ecológico:** se hace de llantas recicladas, soporta movimientos de contracción y expansión, ofrece una durabilidad de 10 años.
- **Los materiales bituminosos:** se usan en lugares sin exposición al sol, porque vuelven frágiles y quebradizos. Para usarlo en el exterior se le agrega materiales flexibles como polímeros con base acrílico o poliuretano.
- **Membranas líquidas:** consisten en la aplicación de tres capas de polímeros. Son bastante flexibles.

- Membranas bituminosas: pueden ser sin adhesivo (se tornan menos propensas a la erosión) o autoadhesivas siendo las ultimas las más utilizadas, disminuyen tiempo de instalación y suelen ser más débiles.
- Membranas de poliuretano: son líquidas y usan en condiciones de intemperie, son flexibles, pero no aptas para lugares húmedos.
- láminas sintéticas de PVC-P: se usan en losas y paredes verticales compuesta por hormigón armado, geotextil de 500 g/m² polipropileno, una membrana de PVC-P de 2 mm de espesor, PE de 0,25 mm y hormigón de protección.

Los geotextiles se usan como complemento a otros sistemas debido a que ellos facilitan el drenaje se fabrican en polipropileno porque sirven para recoger y guiar las aguas hasta el vertedero, entre otras cosas. Cuando se realizan en poliéster parecen fieltros y se utilizan para la protección del polietileno, no se pueden colocar en bases alcalinas. Sin embargo, los geotextiles tejidos de poliéster son los más apropiados para la zona.

En lo referente a la durabilidad, costo y mantenimiento del producto utilizado para impermeabilizar las cimentaciones a través de drenes y geotextiles en las construcciones de viviendas en lugares con un alto nivel freático, se puede observar que casi todos ellos son durables si se aplican en las condiciones correctas

6.2. Recomendaciones

- Por las características de la zona, se recomienda realizar un estudio detallado de los riesgos naturales asociados al lugar, además del análisis del suelo en cuanto a composición, dureza, compasividad, textura asociados a los eventos climáticos que allí ocurren.
- Tomando en cuenta, que los suelos se componen de gran cantidad de cenizas volcánicas se puede inferir que existe un mayor contenido de

silicio y por ende su composición de arcillas y limo, es mayor aun, se puede observar que por sus características este tipo de suelo puede retener mayores cantidades de agua y por la ubicación, se convierte en el receptáculo de las escorrentías de lugares más altos.

Debido a esto es conveniente usar geotextiles y drenes que permitan la caída de las aguas subterráneas en una red de drenajes que sean dirigidos hacia ríos y quebradas, en caso, de dificultarse por el urbanismo tan desarrollado debería realizarse contenedores de aguas extraídas por bombeo que puedan ser utilizadas en el aseo de calles, riego de plantas e inclusive en el lado de automóviles.

- También es importante, utilizar las características químicas del suelo y del agua porque permitirá escoger la cimentación y el geotextil más apropiado, por lo tanto, su durabilidad será mayor y el costo será menor.
- Tomando en cuenta, el tipo suelo debe realizarse una compactación con materiales de una granulometría mayor para mejorar la cohesión, disminuir la plasticidad, porosidad y por ende, el riesgo de hundimiento de las estructuras.

REFERENCIAS

- ANFI. (12 de junio de 2016). *Impermeabilización de muros, cimentaciones y soleras, láminas asfálticas*. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de <https://www.activatie.org>:
<https://www.activatie.org/download.php?documento=pu1437566215.pdf>
- Ballester, F., Castro, D., & Gil, M. (octubre de 2000). Definición, función y clasificación de los geotextiles. *Arte y Cemento*, 122-130. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de <https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>
- GEOSAI. (22 de julio de 2016). *Soluciones Ambientales*. Recuperado el 6 de enero de 2019, de <https://www.geosai.com>:
<https://www.geosai.com/como-instalar-un-geotextil/>
- Geosistemas PAVCO. (2009). *Manual de Diseño con Geosintéticos* (8a ed.). Bogotá, Colombia: Zeta comunicadores.
- Girón, A., & Ramírez, F. (2016). *Impermeabilización de superficies de la construcción de edificios*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4982/1/Gir%C3%B3nRodr%C3%ADguezAndr%C3%A9sFelipe2016.pdf>
- Hidalgo, Á. (2007). *Construcciones de cimientos*. Lima, Perú: CEAC.
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (1 de marzo de 2009). *Mapa*. Recuperado el 7 de octubre de 2017, de <https://www.geoinvestigacion.gob.ec>:
https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/50K_r/HOJAS%20GEOLOGICAS_1977-2009/HOJA%20QUITO/QUITO_DGGM_1978_reducido.pdf
- Lema, V. (2010). *Guía para evaluar y optimizar los procesos constructivos con el sistema M2 en viviendas unifamiliares*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 23 de octubre de 2018, de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2712>

- López, J., Fornés, J., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas: Un recurso natural del subsuelo* (1a ed.). Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España. Obtenido de <https://www.fundacionbotin.org>.
- Montoya, J., & Pinto, F. (2010). *Cimentaciones*. Mérida: Universidad de Los Andes. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/cimentaciones-y-fundaciones.pdf>
- Paucar, G. (2018). *Guía técnica para la prevención y reparación de humedades por capilaridad en la cimentación de viviendas unifamiliares en la Parroquia Conocoto*. Universidad de las Américas. Quito: Universidad de las Américas. Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9027/1/UDLA-EC-TTCD-2018-03.pdf>
- Yepes, V. (2016). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención* (1a ed.). València, València: Universitat Politècnica de València.