

PASANTÍA RELLENO SANITARIO PIRGUA - TUNJA

SEBASTIAN ANDRÉS GORRAIZ HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2016**

PASANTÍA RELLENO SANITARIO PIRGUA - TUNJA

SEBASTIAN ANDRÉS GORRAIZ HERNÁNDEZ

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
NÉSTOR RAFAEL PERICO GRANADOS
Ingeniero civil**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2016**

Nota de aceptación:

Firma del tutor

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, agosto de 2016

DEDICATORIA

Es un gran logro que se presenta para mí, tener el título de ingeniero civil y así poder cumplir otra meta en mi vida. Es importante dedicar esta meta cumplida a mi familia que me dio su apoyo en el trascurso de la carrera, a mi hija que fue una inspiración para seguir adelante y Natalia Sánchez que al final de la carrera me brindo su ayuda y apoyo para terminar este ciclo en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

La lista de las personas a las cuales les debo agradecer el poder terminar este ciclo en mi vida son muchas, y quedaría muy difícil nombrarlas a todas por eso solo puedo dirigir a unas pocas sin quitarle importancia a las demás. Ante todo quiero agradecerle a Dios por darme fuerza en este tiempo y a mi tutor el Ingeniero Néstor Perico el cual me dirigió en este trabajo de grado. A mis padres que me brindaron su apoyo a lo largo de toda la carrera para poder ser profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO	21
2.1 PESAJE	21
2.2 DESCARGUE EN PLATAFORMA	22
2.3 COBERTURAS DE RESIDUOS	22
2.4 CONTROL DE BROTE DE LIXIVIADOS	22
2.5 MANEJO DE AGUAS LLUVIA	23
2.6 GESTIÓN DE ESTABILIDAD	23
2.7 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	23
3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS	27
3.1 PLANO DEL PROYECTO	28
3.2 UBICACIÓN DEL LUGAR DE ACOPIO	28
3.3. TALA DE ÁRBOLES	30
3.4 DESCAPOTE	31
3.5 EXCAVACIÓN EN TERRAZAS	32
3.5.1 Excavación terraza 4	33

3.5.2 Excavación Terrazas 3 y 2	34
3.5.3 Excavación terraza 1	36
3.6 CONSTRUCCIÓN DE GAVIONES	38
3.7 CONSTRUCCIÓN FILTROS SUBDREN	43
3.8 MEJORAMIENTO DEL SUELO EN LA ZONA DEL PONDAJE A Y DIQUE	45
3.9 ESCALONAMIENTO DE LOS TALUDES DEL DIQUE	49
3.10 CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE	51
3.11 IMPERMEABILIZACIÓN TERRAZA 1	55
3.12 FILTROS PARA LA RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS EN LA TERRAZA 1	57
3.13 CONSTRUCCIÓN MURO EN TIERRA ARMADA	61
4. APORTES DEL TRABAJO	65
4.1 APORTES COGNITIVOS	65
4.2 APORTES A LA COMUNIDAD	67
5. IMPACTO DEL TRABAJO	68
6. CONCLUSIONES	70
7. RECOMENDACIÓN	71
BIBLIOGRAFIA	72
ANEXOS	75

RELACION DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa suelo rural de la ciudad de Tunja	25
Figura 2. Localización relleno sanitario Pirgua	26
Figura 3. Plano topográfico ampliación relleno sanitario	28
Figura 4. Explanación y compactación en el acopio	29
Figura 5. Zanja para manejo de aguas lluvias en el acopio	29
Figura 6. Tala de árboles	30
Figura 7. Operario talando árboles	30
Figura 8. Descapote terreno	31
Figura 9. Descapote terraza 2	31
Figura 10. Descapote y cargue de material en terrazas 2 y 3	32
Figura 11. Ubicación topográfica de los puntos de las terrazas	33
Figura 12. Excavación de arcilla en la terraza 4	33
Figura 13. Perfilado talud de la terraza 4	34
Figura 14. Excavación terrazas 3 y 2	35
Figura 15. Perfilado de la vía provisional entre las terrazas 3 y 2	35
Figura 16. Excavación y perfilado terraza 2	36
Figura 17. Excavación terraza 1	37
Figura 18. Mejoramiento en zona del pondaje A y dique	37
Figura 19. Medición del mejoramiento del suelo pondaje A y dique	38
Figura 20. Plano ubicación y disposición de los gaviones	38
Figura 21. Descargue de piedra rajón	39

Figura 22. Piedra rajón para mejoramiento del suelo	39
Figura 23. Detalle de los gaviones	40
Figura 24. Plano de los gaviones	40
Figura 25. Construcción 1er nivel del gavión	41
Figura 26. Construcción 2º nivel del gavión	42
Figura 27. Finalización 3er nivel del gavión	42
Figura 28. Plano ubicación y distribución del filtro subdren	43
Figura 29. Detalle del filtro subdren	44
Figura 30. Construcción del filtro francés	44
Figura 31. Plano pondaje A	45
Figura 32. Detalle pondaje A	46
Figura 33. Recebo para el mejoramiento del suelo en pondaje A y dique	46
Figura 34. Mezclado y extendido de arcilla recebo en pondaje A y dique	47
Figura 35. Toma de densidades mezcla arcilla- recebo	47
Figura 36. Tanque para humectación de la mezcla arcilla – recebo	48
Figura 37. Humectación y compactación de la mezcla arcilla – recebo	48
Figura 38. Escalonamiento del talud sur de la terraza 1	49
Figura 39. Descapote para escalonamiento del talud Norte del dique	50
Figura 40. Escalonamiento del talud Norte del dique	50
Figura 41. Plano del dique vista en planta	51
Figura 42. Vista en corte del dique	52
Figura 43. Compactación de arcilla-recebo (70-30) para el dique.	53
Figura 44. Detalle constructivo del dique con drenes	53

Figura 45. Drenes del dique en cota 2653.5 m.s.n.m.	54
Figura 46. Construcción del dique llegando a una altura de 7,83m.	54
Figura 47. Corte de geomembrana para impermeabilización terraza 1	55
Figura 48. Instalación geomembrana en la terraza 1	56
Figura 49. Instalación de geotextil NT2000 en la terraza 1	56
Figura 50. Plano filtros de lixiviado	57
Figura 51. Detalle drenaje de lixiviados	58
Figura 52. Excavación zanjas para filtro de fondo en terraza 1	58
Figura 53. Geomembrana en zanjas para instalación de filtros de fondo	59
Figura 54. Extendido de grava en zanja de filtros de fondo	59
Figura 55. Perforación con motosierra tubería Polietileno	60
Figura 56. Pegue tubería Polietileno 8" para filtros de fondo	60
Figura 57. Detalle muro en tierra armada	61
Figura 58. Detalle muro en tierra armada	62
Figura 59. Capa de geo-malla y geo-textil en el muro de tierra armada.	62
Figura 60. Primera capa de mezcla arcilla-recebo en muro de tierra armada	63
Figura 61. Recubierta mezcla arcilla recebo con geomalla y geotextil	63
Figura 62. Instalación de drenes en el muro en tierra armada	64

RELACION DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Generalidades relleno sanitario Tunja	21

RELACION DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Bitácoras	76
Anexo B. Contrato de obra n° st-c-024-15 Servigenerales	174
Anexo C. Actas de obra (noviembre - marzo)	191
Anexo D. Ensayo modificado de compactación "Proctor"	192
Anexo E. Ensayo sub base dique	196
Anexo F. Resultado toma de densidades	199
Anexo G. Solicitud de pasantía como opción de grado	200
Anexo H. Aprobación de pasantía	202
Anexo I. Acta de compromiso	204
Anexo J. Convenio	206

RESUMEN

El presente informe, reúne las actividades de pasantía ejecutadas en 600 horas desde el día 03 de diciembre de 2015 hasta el 15 de marzo del año 2016. En él se describe paso a paso la realización y construcción de la ampliación conforme a los planos, especificaciones e instrucciones del diseñador para el relleno sanitario Pirgua de la ciudad de Tunja.

Este relleno sanitario está ubicado en el sector rural de la vereda Pirgua de la ciudad de Tunja y está conformado por 4 terrazas, distribuidas de la siguiente manera: en la parte más altas están ubicadas las terrazas 4, 3,2 y 1, ubicadas de forma descendente, luego va el dique y el pondaje A.

El proyecto se desarrolló en su proceso constructivo, con base en el diseño, un dique con una mezcla de arcilla tomada del lugar, dado que esta es un buen impermeabilizador y recebo dando una mezcla arcilla-recebo (70-30). Sirve para la contención de las basuras en la terraza 1. Finalmente, se hizo la impermeabilización en geomembrana y geotextil en la terraza 1. Además se colocó tubería en polietileno con diámetros entre 10" y 8" que conectan a los pondajes A y B que van impermeabilizados con geo-membrana, con el fin de lograr un adecuado manejo de lixiviados. Es importante recalcar que el lugar para realizar la ampliación se escogió por tener un alto contenido de arcilla en su suelo lo que contribuyó en la disminución del costo y además en la disminución del tiempo y mayor avance del proyecto.

Palabras claves: Relleno sanitario, terrazas, pondaje, dique, geomembrana, geotextil, tubería en polietileno, lixiviado, arcilla, recebo.

GLOSARIO

ACOPIO. Sitio o lugar que sirve para la reunión en cantidad de alguna cosa.

ARCILLA. Es un material natural que está constituido por minerales en forma de granos. Puede ser un material muy moldeable al ser combinado con agua, por se le puede dar cualquier forma y luego, se endurece al secar o al ser sometida al calor.

COMPACTACIÓN. Aumento de la densidad del material que compone un terreno.

COTA. En topografía, se llama cota al número que en los mapas cumple la función de indicar la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel.

DESCAPOTE. Retirada de la capa vegetal superficial de un predio, preparándolo así para el replanteo.

DIQUE. Bordes bajos de tierra construidos a lo largo del contorno del borde inferior de un terreno para controlar la erosión del suelo.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO. Es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

GAVIÓN. Consiste en una caja de forma prismática rectangular, que es Instrumento óptico formado por dos cilindros en cuyo interior se colocan las lentes que permiten ver ampliados los objetos lejanos, rellena de piedra con un enrejado metálico de malla o a veces arena y tierra para el uso de la ingeniería civil como para la construcción de las carreteras y aplicaciones militares para el control de la erosión, que usan escollera enjaulado, que es una obra hecha con piedras o bloques de cemento u hormigón echados al fondo del agua para formar un dique de defensa contra el oleaje del mar.

El uso de la ingeniería civil más común de los gaviones es estabilizar las costas, las orillas de los arroyos o laderas contra la erosión que es el desgaste de una superficie producida por una fricción o roce, que incluyen muros de contención temporales, la filtración de los sedimentos por la corriente de agua que rebosa su depósito o cauce natural o artificial, para las presas pequeñas, temporales o permanentes y para la formación de río o los forrados de canales que se pueden utilizar para dirigir la fuerza de una corriente de agua de la inundación alrededor de una estructura vulnerable.

GEODREN. Podemos definir el Geodren como un sistema de dos geosintéticos: un geotextil o tejido de polipropileno soportado por una base de polietileno de alta densidad (mismo material que se emplea en las geomembranas HDPE). El geotextil funciona como filtro de fluidos y los componentes superiores al geodren, y el polietileno, que encamina estos fluidos a una ubicación planeada.

El objetivo principal del geodren es filtrar fluidos para ser drenados a una ubicación que no afecte a la obra civil. Lo anterior permite que no se altere el material que se coloque por arriba del geodren, evitando la afectación de propiedades geomecánicas del suelo.

GEOMEMBRANA. Las geomembranas son láminas geosintéticas que aseguran la estanquidad de una superficie. Normalmente se usan para remediar las pérdidas de agua por infiltración o para evitar la migración de los contaminantes al suelo.

GEOMALLA. Es un geosintético de refuerzo.

GEOTEXTIL. Es un material sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela y de gran deformabilidad. Los geotextiles como su nombre indica, se asemejan a textiles, telas, que se pueden enrollar, cortar, coser, etc.

LIXIVIADOS. Líquido que se ha filtrado procedente de los residuos dispuestos. Debido a su carga bacteriológica y química los lixiviados deben ser tratados antes de verterlos en medios naturales ya que pueden contaminar las aguas superficiales, subterráneas o el suelo.

RANA. Para aprisionar zonas difíciles, pequeñas zanjas, rincones próximos a obras de fábrica, etc., donde no es posible entrar con los rodillos convencionales,

se emplean los métodos de percusión: pisones automáticos o el dispositivo denominado “rana”.

RECEBO. Arena o piedra muy menuda que se extiende sobre el firme de una carretera para igualarlo y consolidarlo.

RELLENO SANITARIO. El relleno sanitario es un método diseñado para la disposición final de la basura. Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día.

RETROEXCAVADORA. Es una máquina que se utiliza para realizar excavaciones en terrenos. Consiste en un balde de excavación en el extremo de un brazo articulado de dos partes. Se montan normalmente en la parte posterior de un tractor o cargador frontal, no debe ser confundido con una excavadora. La retroexcavadora se utiliza habitualmente en obras para el movimiento de tierras, para realizar rampas en solares o para abrir surcos destinados al pasaje de tuberías, cables, drenajes, etc, así como también para preparar los sitios donde se asientan los cimientos de los edificios.

TALUD. El término refiere a la pendiente que registra el paramento de una pared o de una superficie.

Para la ingeniería y la arquitectura, el talud es la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior del muro y el grosor del sector superior, creando una pendiente. Esto permite que el muro pueda resistir la presión que ejerce la tierra detrás de él.

ABSTRACT

This report brings together regarding activities internship executed at 600 running hours since the day December 3, 2015 until March 15, 2016 information in step described step realization and construction of the extension under the drawings, specifications and instructions designer for the landfill Pirgua city of Tunja.

This landfill is located in the rural sector Pirgua path of Tunja and consists of 4 terraces, distributed as follows: in the highest part of the terraces 4 3.2 and 1 are located, located in downward, then goes the dam and pondaje A.

This project was developed in the construction process, based on the design, a dam with a mixture of clay taken place, since this is a good waterproofing and recebo giving a clay-recebo (70-30) mixture. It Serves To contain garbage on the terrace 1. Finally, it became the waterproofing geomembrane and geotextile on the terrace 1. Also placed in polyethylene pipe with diameters between 10 "and 8" connecting the pondajes AYB ranging waterproofed with geomembrane in order to ensure proper management of leachates. Importantly, the place for the expansion was chosen by a high clay content in the soil which helped in reducing the cost and also in reducing the time and more to advance the project.

Keywords: Landfill, terraces, pondaje, dam, geomembrane, geotextile, polyethylene piping, leached, clay, recebo.

INTRODUCCIÓN

El presente informe habla sobre las fases que se ejecutaron para la construcción de la ampliación del relleno sanitario Pírgua de la ciudad de Tunja. Se realiza mediante el diseño entregado por la empresa Hidrosuelos S.A.S., el cual fue aprobado por la empresa Servitunja S.A. E.S.P y ejecutado por Servigenerales S.A. E.S.P. La empresa encargada de la interventoría fue S.A.I. (Soluciones de arquitectura e ingeniería) S.A.S.

El pasante cumplió las funciones de auxiliar de interventoría, con la dirección de la ingeniera interventora Lina María Arcos Soto. Ella asignaba las funciones que debía cumplir el pasante. Al respecto, cuando en el presente informe se menciona la interventoría se refiere al auxiliar de interventoría y la interventora que ejecutaron una labor conjunta. Es una labor muy importante dado que las obras que se llevaron a cabo y en donde el pasante actuó, permite disponer de los residuos sólidos de la ciudad de Tunja y de otros municipios que están depositando allí todas sus basuras.

La primera fase habla sobre el movimiento de tierras que se realizó para adecuar el terreno y crear las terrazas en las cuales se va a depositar la basura. Incluye la tala de árboles descapote del terreno y excavación. Además de la adecuación de los taludes y el suelo de las terrazas para después no dañar la impermeabilización que se instaló.

La segunda fase menciona la construcción de un gavión en la parte Occidental de la ampliación del relleno, el cual se hizo para para un soporte de cargas laterales que después va a ejercer el lixiviado que se va a depositar en el pondaje A. Además se crearon los filtros subdren para el manejo de aguas subterráneas en las terrazas. Los filtros son muy importantes debido a que se construyó toda la ampliación del relleno sobre una cárcava.

La tercera fase describe las obras que se tuvieron que hacer en la parte Occidental de la ampliación del relleno como fue: el mejoramiento del suelo que se tuvo que hacer en la zona del gavión y el dique, con una mezcla arcilla 80% y recebo 20%. La construcción del dique para la contención de las basuras en la parte Occidental de la terraza 1, que se construyó con una mezcla arcilla 70% y recebo 30%. Además de la construcción del muro en tierra armada con geomalla, geotextil y una mezcla arcilla 70% y recebo 30%.

La cuarta fase explica todo lo implicado a la impermeabilización de la terraza 1, como es la instalación de geomembrana y geotextil en los taludes y suelo de la misma terraza. Además de la creación de filtros de fondo con tubería en polietileno perforada, para el manejo de lixiviados de la terraza 1, los cuales conducen al pondaje A.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Ejecutar trabajos de acompañamiento como auxiliar de residencia de interventoría en la ampliación del relleno sanitario Pirgua, de la ciudad de Tunja, mediante un continuo seguimiento a la obra.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apoyar el adecuado cumplimiento de los diseños previstos para la ampliación del relleno sanitario.
- Llevar a cabo el seguimiento técnico y elaborar informes, reportando fallas o anomalías que se presentan en la obra.
- Realizar informes mensuales con el fin de reportar el cumplimiento del cronograma establecido, avance de las obras, presupuesto ejecutado y especificaciones técnicas.
- Elaborar una bitácora donde se plasmen las diferentes actividades realizadas diariamente, cambios y observaciones que se hagan en la obra.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

“La división y clasificación del suelo de la ciudad de Tunja está reglamentada por el acuerdo municipal No.008 de 1998, en su capítulo XV división territorial, artículo 110 respectivamente así:

El relleno sanitario de Pirgua cuenta con Licencia Ambiental otorgada mediante la Resolución No 2762/2010 expedida por Corpoboyacá. Este relleno opera desde el año 1998.

Cuadro 1. Generalidades relleno sanitario Tunja

Ubicación Vereda Pirgua a 4 Km del casco urbano de Tunja.	Área de operación 11.5 hectáreas.
Licencia Ambiental Resolución No 2762/2010 expedida por Corpoboyaca	Certificación ISO 9001 Versión 2000.
Altitud 2800 msnm.	Pluviometría Muy baja (650 mm/año).
Agua subterránea a más de 50m (posibilidad de contaminación mínima)	Temperatura 13 °C
Clase de relleno Clase 2 (Residuos Domésticos, Comerciales, podas de árboles, barridas y similares).	Tipo de relleno Tipo combinado: Trinchera y Área.
Cantidad de residuos procesados 165 ton/día	Vida útil Diseño vigente 49 años

Fuente. CONTRALORIA MUNICIPAL DE TUNJA. Informe final auditoría gubernamental modalidad especial al medio ambiente y los recursos naturales del municipio de Tunja vigencia de 2013. [En línea]. Tunja: La Contraloría, 2014. [Citado el 14-04-2016]. Disponible en: <http://contraloriatunja.gov.co/informes/auditoria-fiscal/2014/informe-final-auditoria-medio-ambiente-tunja-vigencia-2013.pdf>

En el relleno Sanitario de Pirgua el proceso de manejo de residuos sólidos consta de siete etapas, las cuales se describirán a continuación:

2.1 PESAJE

En la báscula al ingreso del relleno sanitario, se realiza registro del peso de los residuos que ingresan al relleno.

2.2 DESCARGUE EN PLATAFORMA

Proceso de descargue. Los vehículos recolectores descargan los residuos en la zona de operación actual, labor que se desarrolla orientada por el personal del relleno.

Proceso de disgregación. Método para homogenizar los residuos y lograr la rotura de bolsas para liberar lixiviado y gases.

Proceso de compactación. Consiste en exprimir los líquidos primarios de los residuos y lograr optimizar volúmenes de capacidad del relleno.

2.3 COBERTURAS DE RESIDUOS

Conformación de taludes. Se realiza cumpliendo lo establecido en el diseño técnico, en esta etapa se realiza conformación geométrica de los residuos.

Cobertura temporal. Se utiliza lona verde o negra para controlar el ingreso de lluvias a la masa y evitar la proliferación de vectores.

Cobertura intermedia. Se maneja con material limo arcilloso (30 a 40 cm de espesor), para zonas que han llegado a cota de diseño y para minimizar el impacto visual.

Cobertura final. Se hace con tierra negra con un espesor de 10 a 30 cm, para los taludes finales. Luego se empradiza con césped y se arboriza con especies nativas.

2.4 CONTROL DE BROTE DE LIXIVIADOS

Se construyeron filtros para el control de brote de lixiviados, conectándolos a la red de lixiviados que los conducen a la planta de tratamiento.

2.5 MANEJO DE AGUAS LLUVIA

Se realiza mediante cunetas en geomembrana, después de la recuperación paisajística de la cobertura final y en vías de acceso se construyen en piedra pegada.

2.6 GESTIÓN DE ESTABILIDAD

Monitoreo Topográfico. Es realizado para determinar la cantidad de residuos dispuestos y la capacidad útil. Se controlan movimientos superficiales de la masa y se realizan análisis.

Piezómetro. Se instalan para realizar el monitoreo de las presiones al interior de la masa, producidas por la descomposición de residuos que afectarían la estabilidad del relleno.

2.7 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

Pretratamiento. Tratamiento físico para remoción de material flotante, arenas y remoción de grasas. Tanque de oxidación: se realiza oxidación química de la materia orgánica mediante la adición de peróxido de Hidrogeno al 50%.

Coagulación – Floculación. Proceso fisicoquímico, propiciando la formación de flocs para encapsular los contaminantes.

Sedimentación. Proceso físico en el cual se decantan los flocs arrastrando el fondo. Escalinatas de aireación: remoción de contaminantes por efecto de la oxigenación.

Proceso de filtroprensa. Retiene los sólidos disueltos en el lixiviado y aglomerando los lodos.

Lagunas de anaerobias. Tratamiento biológico anaerobio para remoción de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y otros contaminantes de interés sanitario.

Figura 2. Localización relleno sanitario Pirgua



Fuente: GOOGLE EARTH. Localización relleno sanitario de Pirgua. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 06-04-2016]. Disponible en: <https://www.google.it/maps/@5.5739516,-73.3227138,1369m/data=!3m1!1e3>

3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

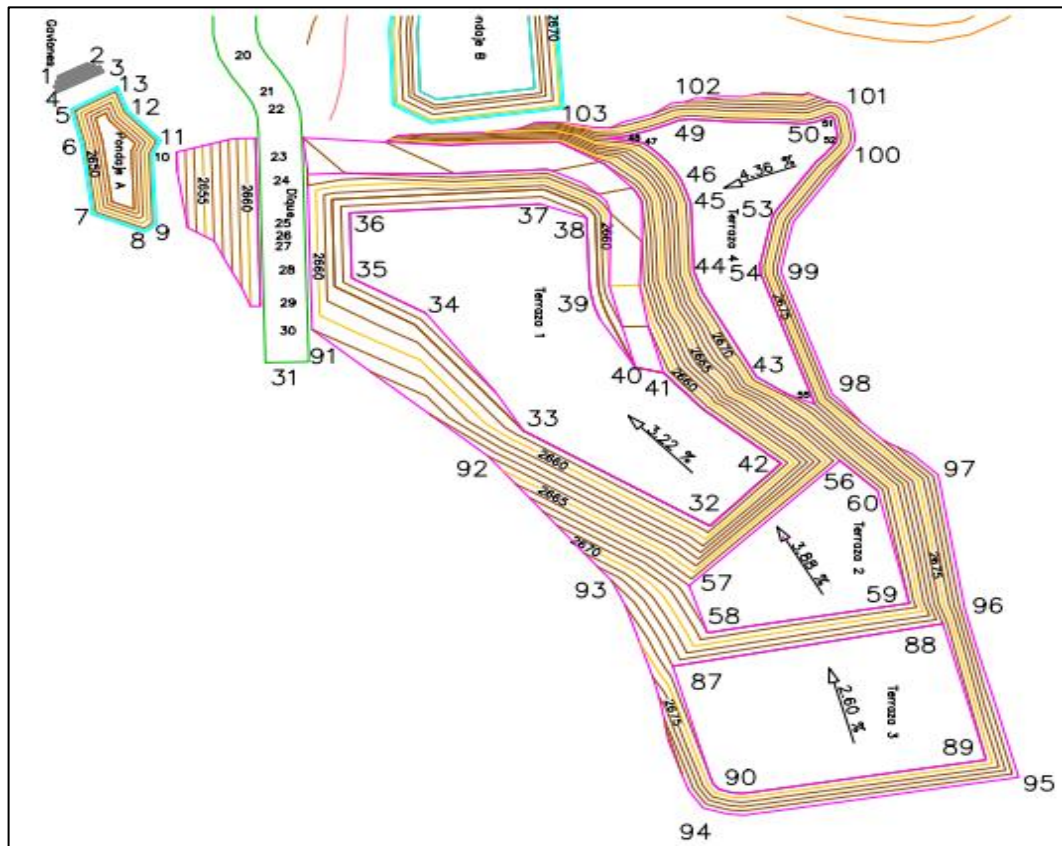
La pasantía se llevó acabo en la ejecución del contrato ST-C-024-15 cuyo objetivo es la construcción de la ampliación del relleno sanitario de pirgua del municipio de Tunja- fase 1 de la zona de ampliación. Se dio inicio el 12 de noviembre del 2015 con un plazo de 4 meses a partir del inicio de la obra, teniendo un valor el contrato de \$ 3,419,097,410 (tres mil cuatrocientos diecinueve millones noventa siete mil cuatrocientos diez pesos), lo que le corresponde a la interventoría el 8% del valor del contrato. Fue ejecutado hasta el 30 marzo \$ 2,761,688,183 (dos mil setecientos sesenta y uno millones seiscientos ochenta y ocho mil siento ochenta y tres pesos). La empresa donde el pasante realizo su práctica fue en S.A.I. S.A.S con NIT: 900-696-585-8, cuya organización es la siguiente: como representante legal el ingeniero Pedro Nel Hernández Hernández, director de interventoría ingeniero José Vicente Gorraiz Barrera, interventora residente ingeniera Lina María Arcos Soto.

La elaboración de los planos de obra estuvo a cargo de la empresa contratista Hidrosuelos S.A.S. quien los entregó a la empresa Servitunja S.A. E.S.P. para su aprobación. De la ejecución de la obra se encargó la empresa Servigenerales S.A. E.S.P. Por otro lado, la interventoría estuvo a cargo de la empresa S.A.I. S.A.S. Soluciones de arquitectura e ingeniería. Los planos fueron allegados a la empresa ejecutora y a la empresa interventora. Se procedió a examinar los diseños con el fin de conocer las disposiciones de la obra para iniciar el trabajo de interventoría.

Las actividades de interventoría fueron asignadas por la Ing. Interventora Lina María Arcos Soto, de acuerdo a los requerimientos que se presentaban a diario en la obra de ampliación del relleno sanitario Pirgua de la ciudad de Tunja. Las funciones asignadas fueron como auxiliar de supervisión, verificación, conteo, medición y elaboración de informes de los avances de la obra. El pasante comenzó su práctica cuando se dio inicio al ítem movimiento de tierras en las terrazas y zona del mejoramiento entre el pondaje A y el dique. Se finalizó cuando se culminó el ítem muro en tierra armada y el inicio de las actividades de impermeabilización y construcción de los filtros para el drenaje del lixiviado de la terraza 1.

3.1 PLANO DEL PROYECTO

Figura 3. Plano topográfico ampliación relleno sanitario



Fuente: HIDROSUELOS S.A.S.

3.2 UBICACIÓN DEL LUGAR DE ACOPIO

El lugar de acopio para la disposición de material de tipo vegetal y terrestre productos de tala, descapote y excavación se situó en la parte oriental donde finalizan los linderos del relleno sanitario.

Para lograr que los operarios y los conductores de volqueta descarguen adecuadamente el material en el acopio el auxiliar de interventoría procedió a demarcar los lugares en los cuales se descargarían los materiales de arcilla,

material orgánico y arcilla mezclados con material orgánico. Periódicamente, el auxiliar de inventoría efectuó supervisión para que los diferentes tipos de materiales fueran puestos en lugar correspondiente.

Posteriormente se inició la construcción de una zanja de 50 cm de ancho, 30cm de profundidad y 500 m de longitud en el acopio para el manejo de aguas lluvia con el fin de evitar que se socave el terreno. La interventoría reviso las dimensiones para comprobar que se estuviera cumpliendo con el diseño y que su construcción cumpliera con los estándares establecidos.

Figura 4. Explanación y compactación en el acopio



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 06/12/2015.

Figura 5. Zanja para manejo de aguas lluvias en el acopio



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 07/12/2015.

3.3. TALA DE ÁRBOLES

Para dar inicio a las labores de obra la ampliación se comenzó con la tala de árboles en la Terraza 4, posteriormente, se talaron las terrazas 3 y 2 para finalizar terminando así esta labor puesto que en la terraza 1, en la zona de gaviones y el en dique solamente se hizo descapote. Estas labores fueron realizadas con motosierras por 3 taladores subcontractados. El producto de la tala de árboles se picó y se trasladó al acopio para su disposición final. En total se taló un área de 9390m². El auxiliar de interventoría y la interventora hicieron las mediciones y la revisión correspondiente.

Figura 6. Tala de árboles



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 05/12/2015.

Figura 7. Operario talando árboles



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de arquitectura e ingeniería. Fecha: 10/12/2015.

3.4 DESCAPOTE

Para el proceso de preparación del terreno a intervenir se efectuó la labor de retiro de la capa vegetal superficial o descapote en la superficie terrestre guiándose por la topografía. La interventoría estuvo presente con este trabajo que fue ejecutado por operarios de 2 excavadoras y 2 volquetas que se encargaron de transportar el material del descapote al acopio y la cantidad de material se mide en m². Esta actividad se efectuó en un área total de 22104m².

Figura 8. Descapote terreno



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha; 13/12/2015.

Figura 9. Descapote terraza 2



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 14/12/2015.

Figura 10. Descapote y cargue de material en terrazas 2 y 3



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 12/12/2015.

La interventoría supervisó que el material fuera debidamente dispuesto en el acopio para la optimización del espacio.

3.5 EXCAVACIÓN EN TERRAZAS

El método constructivo de un relleno sanitario depende principalmente de la topografía del lugar y el tipo de suelo. Para la ampliación del relleno sanitario Pírgua de la ciudad de Tunja, de acuerdo a la topografía se dispuso que el terreno para la puesta de los residuos se trabajara mediante la excavación de 4 terrazas para lo cual se empleó la siguiente maquinaria: 3 excavadoras hidráulicas y 4 volquetas (2 sencillas y 2 dobletroque).

Para dar inicio a la excavación como primera medida se revisó la topografía y se delimitó el área de cada una de las terrazas empezando con la terraza 4.

Figura 11. Ubicación topográfica de los puntos de las terrazas



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 16/12/2015.

3.5.1 Excavación terraza 4. La delimitación de la terraza 4 se efectuó en el área indicada por la topografía y descapotada con antelación. Se hizo con el uso de estacas indicando a los operarios los límites de la misma. Con el fin de obtener mejores resultados, el pasante de interventoría con ayuda de un operario demarcó con un hilo de color vistoso que se amarró a las estacas. El área de esta terraza llegó hasta el talud oriental. También se efectuó supervisión periódica comprobando que los operarios de las excavadoras no traspasaran la delimitación hecha con las estacas. Así mismo, se revisaron los taludes, que debían tener una altura que osciló entre los 6m a 10m y unas pendientes entre el 45 al 50%. Esto debido al tipo de material que para este suelo es arcilla como se puede observar en la fotografía 9.

Figura 12. Excavación de arcilla en la terraza 4



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 18/12/2015.

Figura 13. Perfilado talud de la terraza 4



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 20/12/2015.

El material producto de la excavación se transportó al acopio donde fue explanado y compactado con el fin de optimizar el espacio.

3.5.2 Excavación Terrazas 3 y 2. El descapote de las terrazas 2 y 3 se hizo igualmente con la maquinaria antes indicada. Ya descapotada, se indicó a los conductores la zona a excavar de acuerdo a la topografía y el lugar adecuado para descargar el material (acopio). La delimitación de la terraza 3 fue muy importante puesto que el suelo de esta terraza debe quedar hasta la cota 2673m.s.n.m, ya que en esta cota empieza la terraza 2. Igualmente, para la terraza 3 se supervisó y observó que no se presentaran socavaciones o derrumbes debido a que hay una cárcava cercana sin un control del agua. La interventoría midió periódicamente el rendimiento de la obra para presentar informes de avance.

Figura 14. Excavación terrazas 3 y 2



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 28/12/2015.

Para el tránsito de la maquinaria hacia las terrazas 3 y 2 se trazó una vía provisional entre estas como se puede observar en la fotografía 12.

Figura 15. Perfilado de la vía provisional entre las terrazas 3 y 2



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 19/12/2015.

Al igual que en la terraza 4, para las terrazas 3 y 2 los taludes tuvieron alturas que oscilaban entre los 4m a 9m y pendientes entre el 45 al 50% para evitar colapsos en la obra, dado que la estabilidad de los taludes es muy importante.

Figura 16. Excavación y perfilado terraza 2



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 23/12/2015.

3.5.3 Excavación terraza 1. La última terraza que se excavo fue la terraza 1. Al igual que en las demás se indicó a los operarios la demarcación de esta terraza haciendo énfasis en que no se interfiriera en la terraza 4, puesto que con la excavación se van perdiendo las estacas que ubican los puntos. Además se indicó el límite Sur de ésta, ya que al traspasar los límites se hubiera podido invadir un predio vecino. La excavación se realizó con excavadoras hidráulicas y dos volquetas que se encargaron de trasportar el material producto de la excavación al acopio para su extendido y compactación o a la zona de pondaje A y dique para su reutilización. Por otra parte, la interventoría supervisó el perfilado de los taludes debido a que no debían quedar puntas filosas que pudieran dañar la geomembrana que se iba a instalar posteriormente. Estos tuvieron alturas entre los 6m a 10m y pendientes entre el 45 al 50%.

Fotografía 1. Nivelación de la cota en la terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de arquitectura e ingeniería. Fecha: 16/02/2016.

Figura 17. Excavación terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 31/12/2015.

También se efectuó excavación en mejoramiento de suelo entre la zona del dique y gaviones para un total de 611.52m^3 . La excavación total que se efectuó hasta el mes de marzo fue de 50852m^3 .

Figura 18. Mejoramiento en zona del pondaje A y dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 05/01/2016.

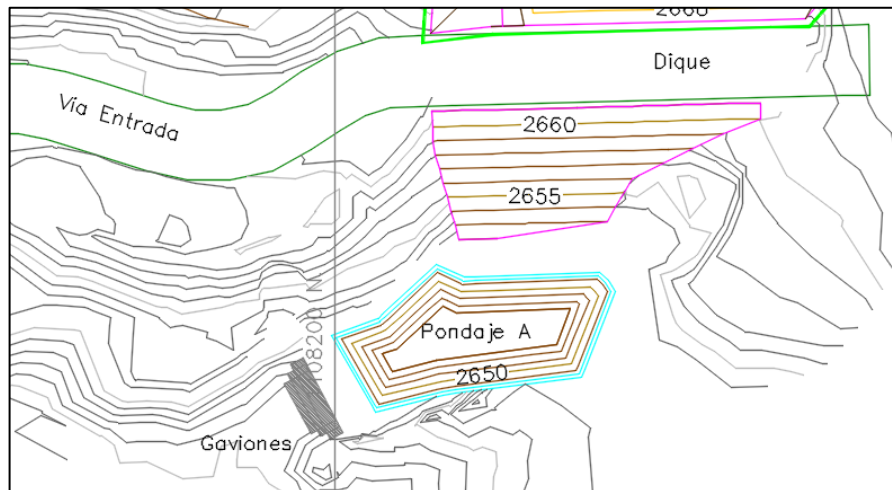
Figura 19. Medición del mejoramiento del suelo pondaje A y dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 12/01/2016.

3.6 CONSTRUCCIÓN DE GAVIONES

Figura 20. Plano ubicación y disposición de los gaviones



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

El material para la construcción de los gaviones fue la pierda rajón que llegó trasportada en volquetas como se puede observar en la fotografía 18. Correspondió a la interventoría revisar las características del material tales como calidad, forma y un tamaño promedio de 8".

Figura 21. Descargue de piedra rajón



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 14/12/2015.

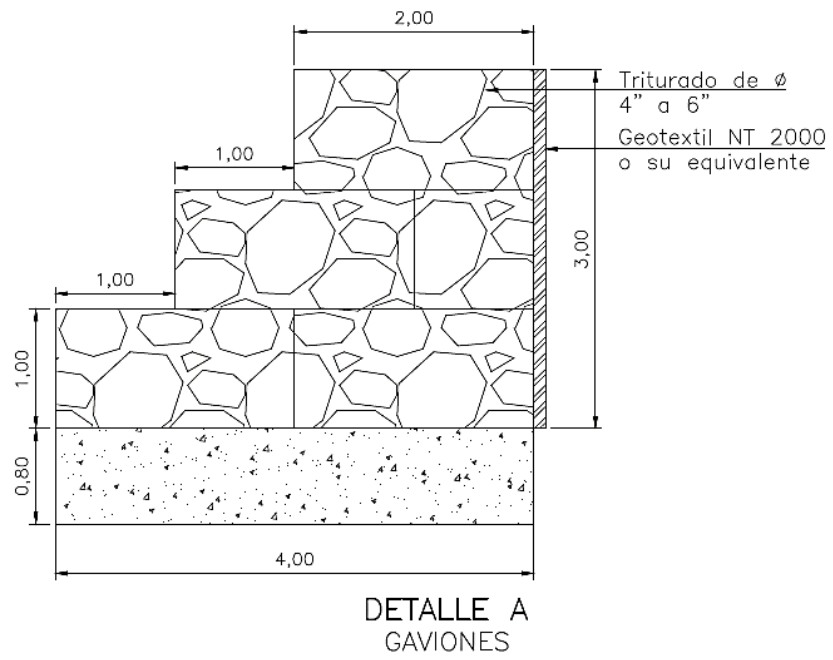
Previo a la creación de los gaviones se realizó el mejoramiento del suelo de fundación en la zona. La interventoría superviso que se efectuó la excavación de 5m de ancho por 8m de largo y una profundidad de 2,7m para un total de 108 m^3 , se puso esta misma cantidad en piedra rajón, para tener mayor soporte e infiltración de aguas subterráneas y evitar socavación en el área.

Figura 22. Piedra rajón para mejoramiento del suelo



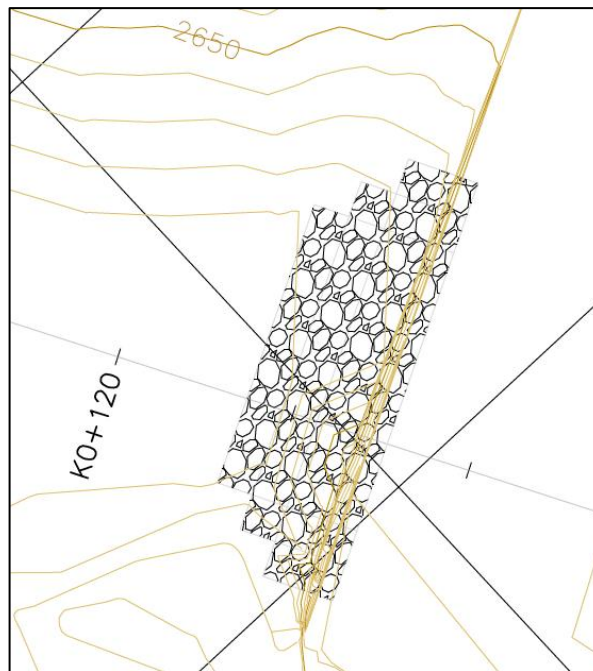
Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 11/12/2015.

Figura 23. Detalle de los gaviones



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Figura 24. Plano de los gaviones



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Posteriormente se dio inicio a la construcción de la primera capa del gavión elaborada en piedra rajón envuelta en malla eslabonada calibre 10. El auxiliar de interventoría superviso que se hiciera correctamente y que las dimensiones fueran de 4 m de ancho por 1 m de alto y 10,5 m de largo de acuerdo con el diseño, se finalizó la primera capa con el amarré de la malla eslabonada para poder continuar con la segunda capa del gavión.

Figura 25. Construcción 1er nivel del gavión



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 14/12/2015.

Para la construcción de la segunda capa del gavión se usaron los mismos materiales que para la primera capa y el mismo procedimiento esta tuvo unas dimensiones de 3m de ancho por 12,3m de largo y 1m de altura finalizando con el amarre de la malla. Estos procedimientos fueron supervisados periódicamente por la interventoría además de la medición de los avances para informes de avance de obra.

Figura 26. Construcción 2º nivel del gavión



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 17/12/2015.

La tercera capa del gavión fue con las siguientes dimensiones: 2m de ancho por 14,5m de largo y 1m de alto. La interventoría superviso que se construyera igual que las anteriores capas, con piedra rajón y malla eslabonada calibre 10 finalizando con el amarre de la malla. Se verificó que la obra fuera terminada a satisfacción y con las dimensiones previstas.

La construcción total del gavión llevó 107.9 m³ de piedra rajón, 862 m² de malla eslabonada.

Figura 27. Finalización 3er nivel del gavión



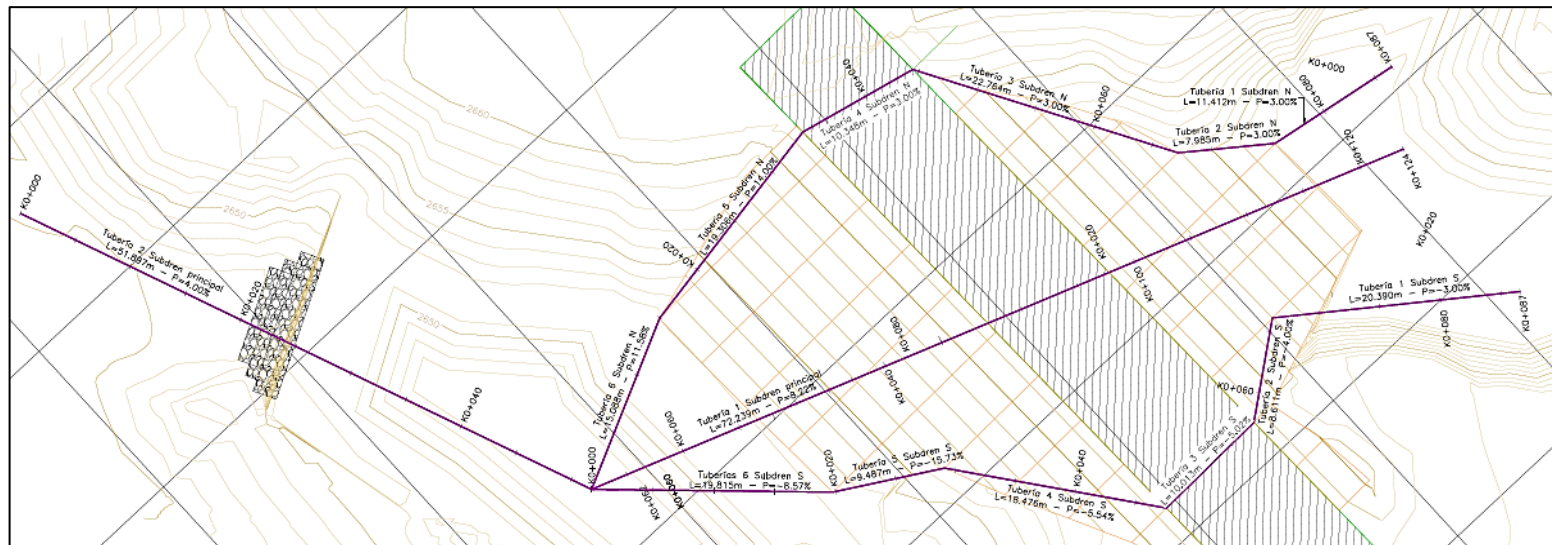
Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 24/12/2015.

3.7 CONSTRUCCIÓN FILTROS SUBDREN

El subdrenaje tiene por objeto el manejo de las aguas subterráneas por medio de elementos permeables introducidos en el suelo llamados filtros. Estos son una red de tuberías perforadas, alojadas en zanjas donde recolectan el agua subterránea para controlarla y retirarla.

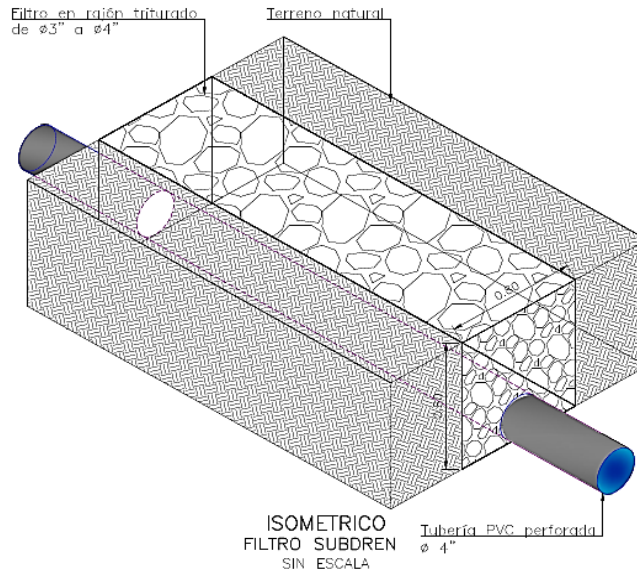
Previo al inicio de los trabajos se efectuó toma de niveles para saber el trazado que se le debe dar al subdren. El punto final está ubicado a 20 m del gavión en la parte occidental y se excavaron zanjas de 0,5m x 0,8m. Las pendientes oscilaron entre el 4% y 17% adecuándose a las características del terreno. La longitud total de todo el sistema de filtros fue de 300m.

Figura 28. Plano ubicación y distribución del filtro subdren



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Figura 29. Detalle del filtro subdren



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Terminada la excavación y previo a la colocación de la tubería, el auxiliar de interventoría verifico que se tendió una capa de geotextil 1600 con filtro francés. Luego se puso un tubo en pvc de 4" perforado y recubierto de grava, despues se cerró y cosió el geotextil y fue recubierto con el material producto de la excavación que fue reutilizado para volver a cubrir el filtro subdren.

Figura 30. Construcción del filtro francés

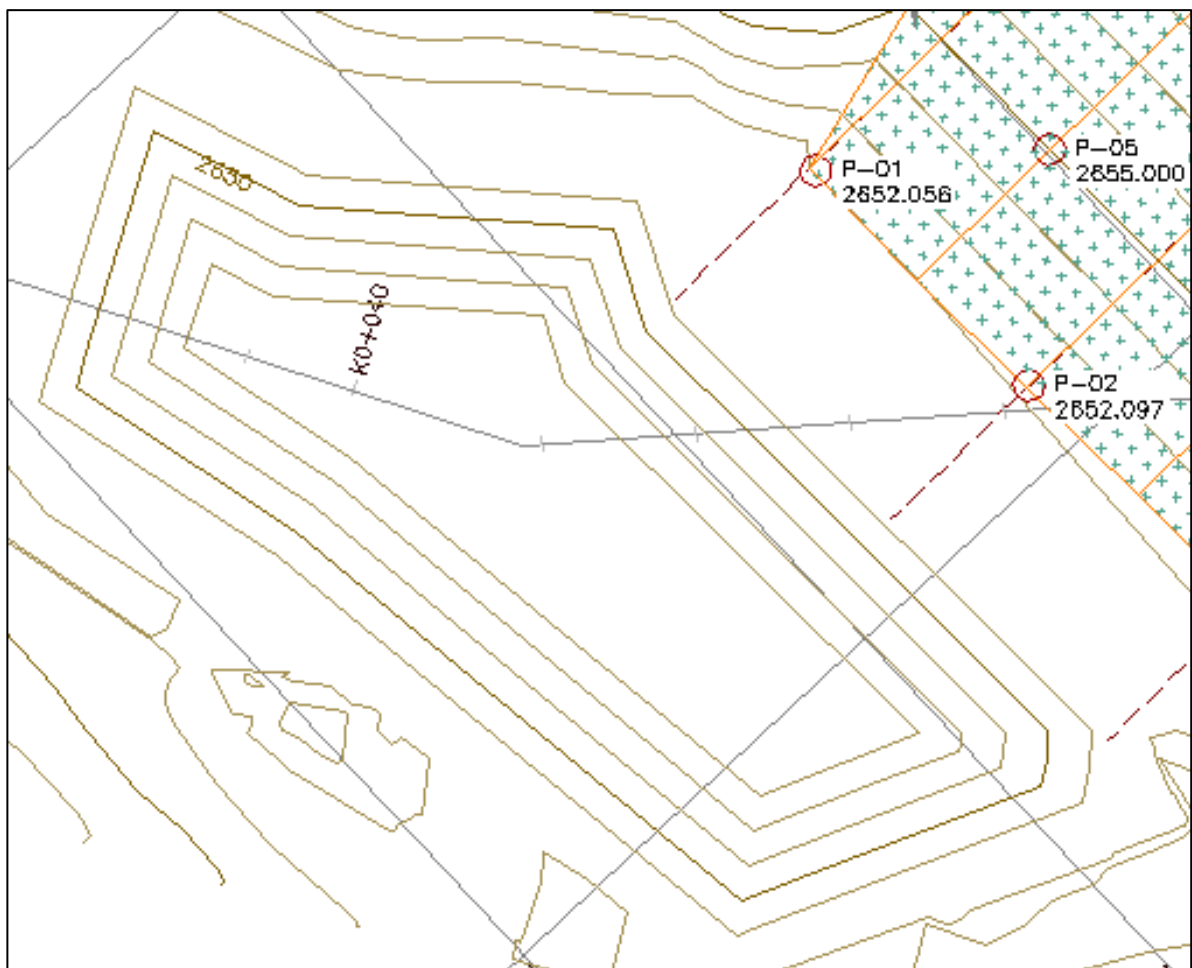


Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 18/12/2015.

3.8 MEJORAMIENTO DEL SUELO EN LA ZONA DEL PONDAJE A Y DIQUE

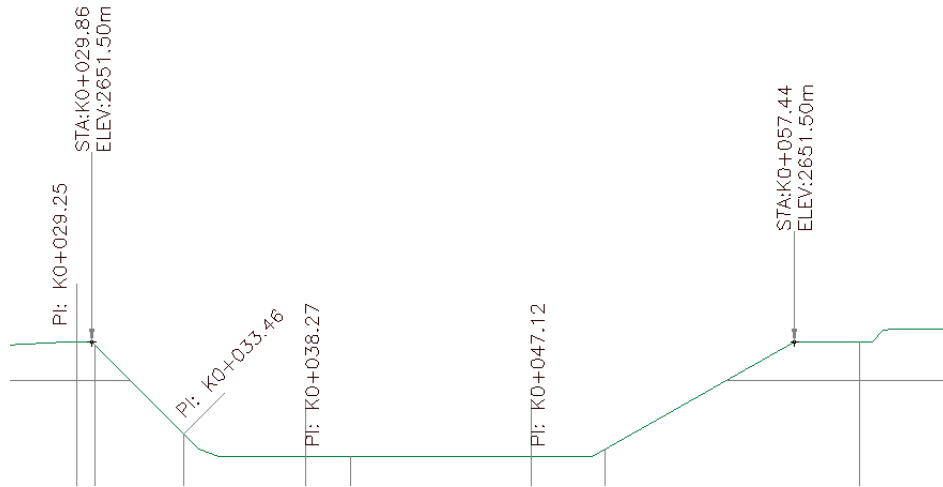
Se procedió a realizar el mejoramiento del suelo en la zona del pondaaje A y el dique con una mezcla de arcilla recebo (80 % arcilla – 20% recebo) iniciando en la cota 2646,25 m.s.n.m y finalizando en la cota 2651,5 m.s.n.m. para este mejoramiento se emplearon un operario de excavadora hidráulica, 2 volquetas, una motoniveladora y un vibro compactador. El material de arcilla que se usó fue el producto de la excavación de la terraza 1.

Figura 31. Plano pondaaje A



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Figura 32. Detalle pondaje A



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Para verificar la calidad del material a usar en el mejoramiento del suelo, el auxiliar de interventoría junto con la interventora, revisaron la llegada de recebo para usarse en la mezcla al campamento, encontrando que esta cumplía con las características necesarias para los fines del material.

Figura 33. Recebo para el mejoramiento del suelo en pondaje A y dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 13/01/2016.

La actividad de mejoramiento se desarrolló extendiendo la mezcla arcilla – recebo por capas de 20cm aproximadamente, la interventoría media el nivel

periódicamente, al cual llegaba el extendido de la mezcla y realizando el ensayo de proctor modificado a la misma; al llegar las capas a una altura de 1 metro se realizaban toma de densidades con densímetro nuclear tomando 4 puntosa en esa capa, a profundidades de 15 y 30 cm observando que el resultado fuera del 95% de proctor modificado, para luego proceder a humectar la mezcla antes de iniciar la compactación con un vibro compactador. Para la humectación de la mezcla antes mencionada se usó un tanque de agua de una capacidad de 3m³, como pudo verificar la interventoría llegó en perfectas condiciones.

Figura 34. Mezclado y extendido de arcilla recebo en pondaje A y dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 15/01/2016.

Figura 35. Toma de densidades mezcla arcilla- recebo



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 22/01/2016.

Figura 36. Tanque para humectación de la mezcla arcilla – recebo



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 15/01/2016.

Figura 37. Humectación y compactación de la mezcla arcilla – recebo



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 21/01/2016.

El total de metros cúbicos que extendieron y compactaron en la zona del dique y los gaviones de mezcla arcilla-recebo (80-20): 4755m³.

3.9 ESCALONAMIENTO DE LOS TALUDES DEL DIQUE

El escalonamiento de los taludes del dique se llevó a cabo con el fin de lograr una rugosidad que generara mayor fricción y evitara que se deslizara el dique. Esta actividad fue realizada por un operario de excavadora y un conductor de volqueta sencilla. Para el escalonamiento del talud sur en la zona donde se va a apoyar el dique se midió la altura y profundidad de cada escalón dando 1,2m de altura y 1.1m de profundidad. El material producto del escalonamiento fue trasladado en una volqueta al acopio.

Figura 38. Escalonamiento del talud sur de la terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 12/02/2016.

Para el escalonamiento del talud norte que va en la zona del dique, la interventoría observó que al llegar a la parte alta del escalonamiento del talud se disminuiría la vía de acceso a la terraza 1, por ende solicito que cada escalón solo tuviera una profundidad de 25cm y de altura 1,2m.

Figura 39. Descapote para escalonamiento del talud Norte del dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 15/02/2016.

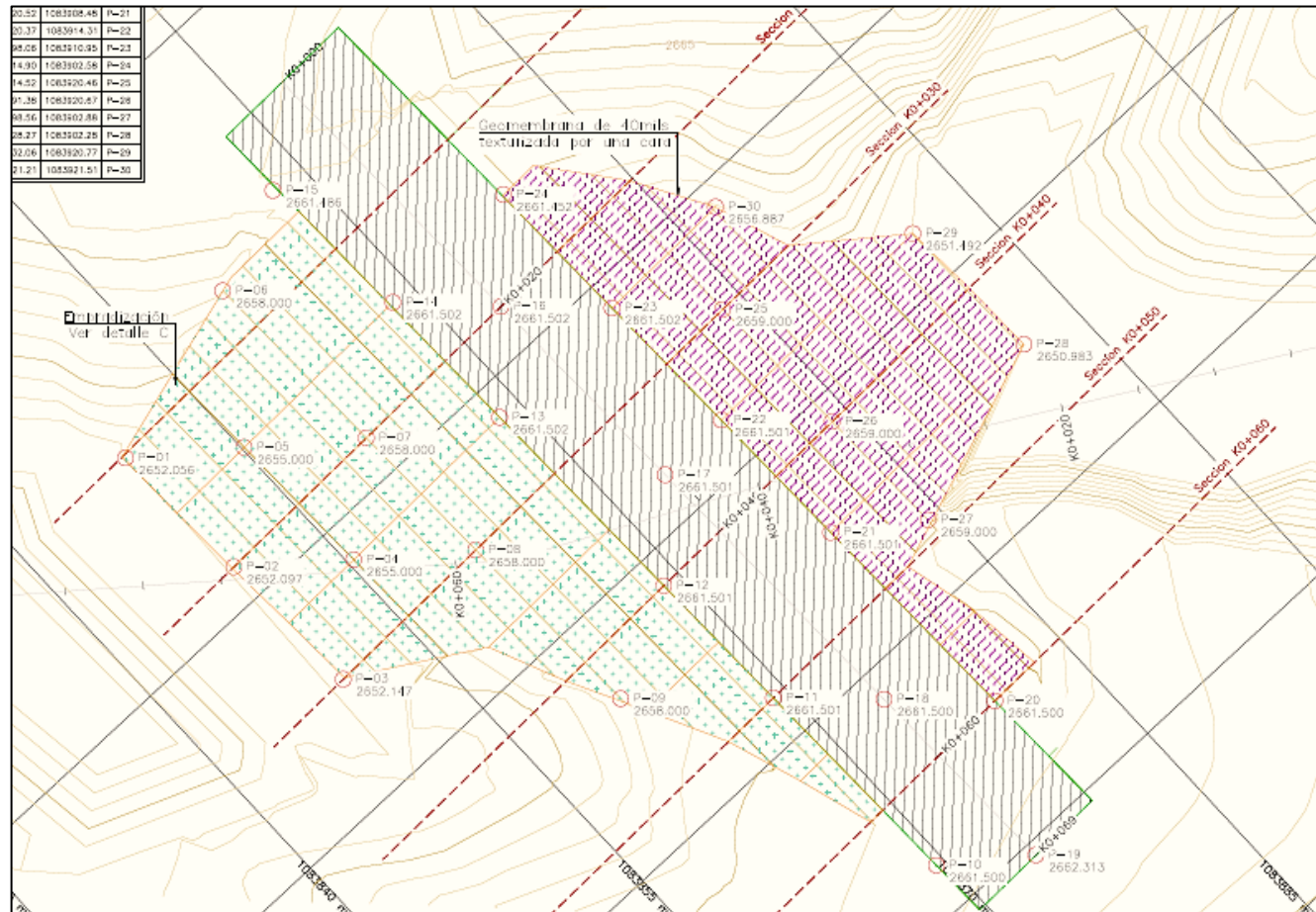
Figura 40. Escalonamiento del talud Norte del dique



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 18/02/2016.

3.10 CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE

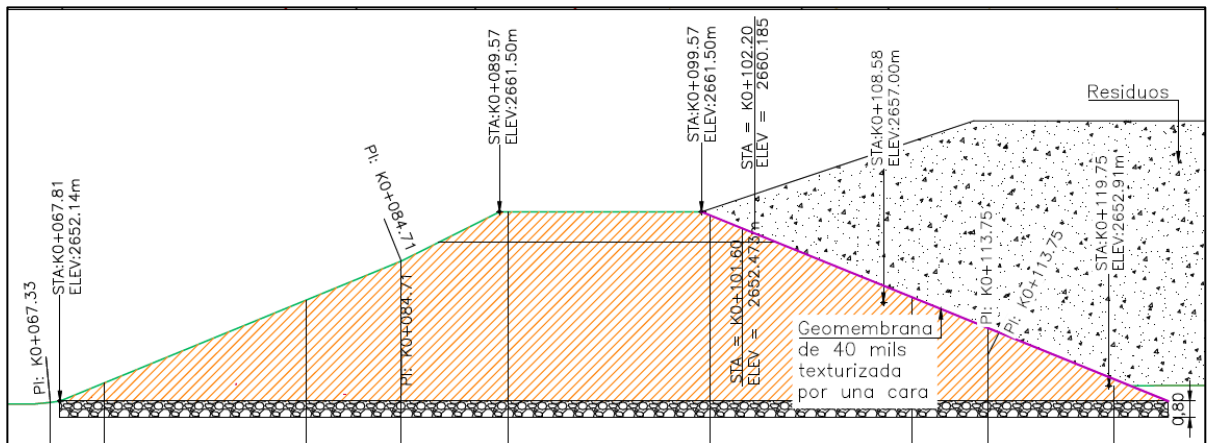
Figura 41. Plano del dique vista en planta



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

El dique se construyó ante la necesidad de la contención de basuras de la Terraza 1, puesto que la parte occidental presenta una pendiente que llega el gavión y era necesario cerrar la terraza 1.

Figura 42. Vista en corte del dique



Fuente: Hidrosueles S.A.S.

Se dio inicio a la construcción del dique con una sub-base de recebo y arena con unas proporciones de 89% recebo y 11% arena y un espesor de 80 cm la cual se extendió, compactó y se efectuó toma de densidades dando valores superiores o iguales a 95%. Las dimensiones fueron de 54m de largo y 25m de ancho para un total de 1.080m³ de sub-base. A partir de la sub-base inicia la cota 2.651.5 m.s.n.m. y el dique finaliza en la cota 2.661.5 m.s.n.m., las dimensiones del dique son: una base de 54m de largo; una altura de 10m y una inclinación del 50% en los taludes por lo cual el ancho de la corona se disminuye con relación a base dando 10m de ancho como se puede observar en la figura 6 que muestra la vista del corte del dique y un largo de corona de 55 m en su vista frontal (como se puede ver en la figura 7).

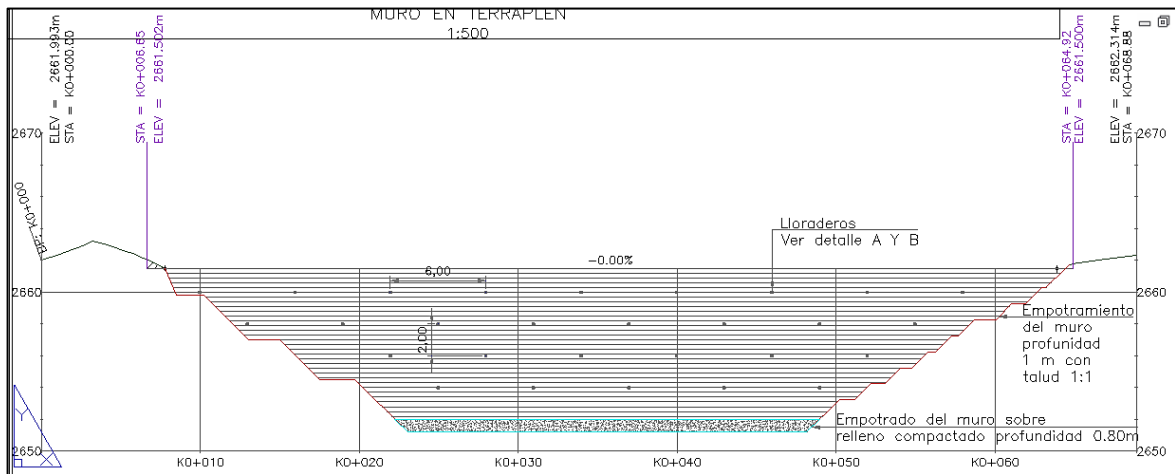
Posterior a la sub-base, se empezó a extender y compactar una capa de mezcla de arcilla recebo (70-30), humectando cada capa de aproximadamente 20cm, para volver a extender otras capas hasta llegar al metro de material extendido y compactado, nivel en el cual se realizaba toma de densidades. La toma de densidad se realizó en cada metro de avance de obra hasta llegar a los 10m.

Figura 43. Compactación de arcilla-recebo (70-30) para el dique.



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 13/02/2016.

Figura 44. Detalle constructivo del dique con drenes



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Los drenes fueron tubos de pvc de 2" perforados. Como se puede observar en la figura 7. Los drenes estuvieron distribuidos por todo el dique en una orientación que va desde la mitad del dique hacia el pondaje A. (parte accidental del dique), la interventoría verifico que se ubicaron entre capas de 2 m de mezcla de arcilla-recebo (70-30) y a distancias de 6m entre cada uno.

Figura 45. Drenes del dique en cota 2653.5 m.s.n.m.



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 16/02/2016.

Figura 46. Construcción del dique llegando a una altura de 7,83m.



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 29/02/2016.

3.11 IMPERMEABILIZACIÓN TERRAZA 1

Previo a la puesta de geomembrana y geotextil para la impermeabilización de la terraza 1 se realizó la excavación de zanjas de 1m de ancho por 50 cm de fondo en donde posteriormente se van a instalar los filtros de fondo que recogerán el lixiviado producto de las basuras.

En primer lugar se procedió a realizar los cortes para la instalación de geomembrana de 40 mils rugosa por un lado y lisa por el otro. El instalador de la empresa TDM S.A. procedió a poner la geomembrana situando la parte rugosa hacia abajo.

Figura 47. Corte de geomembrana para impermeabilización terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 07/03/2016.

Para dar inicio a la instalación de la geomembrana se empezó en el talud sur, luego se procedió a cubrir la totalidad del talud del dique, posteriormente se cubrió todo el talud norte y finalmente se recubrió el suelo y los filtros de fondo. Se debe recalcar la importancia de la correcta impermeabilización de los suelos de las terrazas en los rellenos sanitarios puesto que el lixiviado producto de las basuras es muy contaminante y de infiltrarse a los suelos pueden generar una alta acidez en el pH del mismo y llegar a agua subterráneas contaminándolas. Para verificar que la geomembrana cubriera completamente la terraza 1, la interventoría efectuó supervisión periódica y constante de esta labor, revisando que no hubiera rasgaduras o un mal pegado en las juntas de la geomembrana.

Figura 48. Instalación geomembrana en la terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 23/03/2016.

Para el pegado de la geomembrana se usó una máquina para soldar geomembrana tipo cuña y una máquina para soldar geomembrana por aire caliente cuando hubo que hacer reparaciones ya que en una ocasión se realizó un ensayo de prueba de vacío para encontrar fugas en el pegado de la geomembrana encontrando algunas fugas pequeñas que tuvieron que repararse inmediatamente.

Para lograr una mayor resistencia y tiempo de vida útil de la geomembrana esta se recubrió con una capa de geotextil NT2000 que se puso en el mismo orden que el de la geomembrana y se cosió con una máquina especial para tal fin. Instalándose 2200 m² de geomembrana y geotextil en la terraza 1.

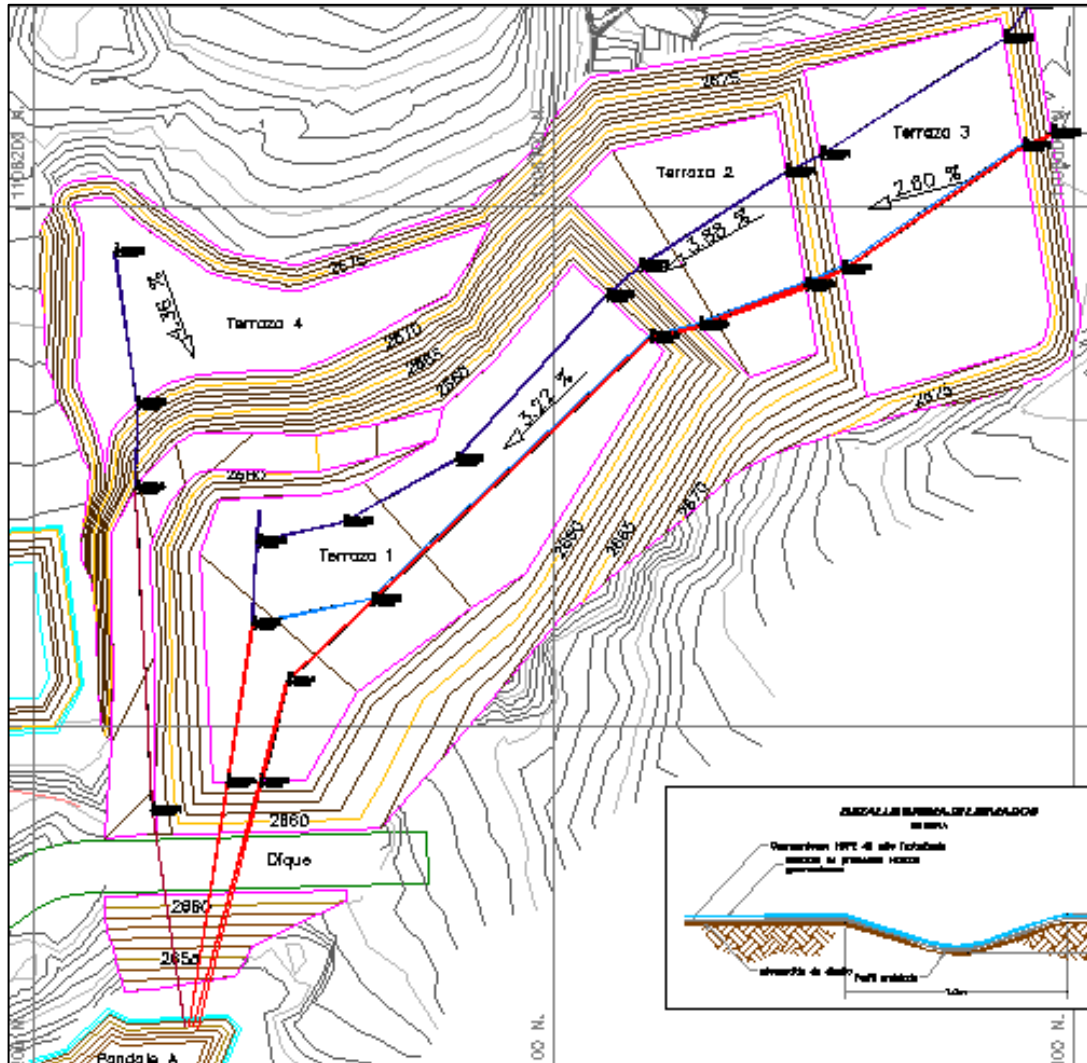
Figura 49. Instalación de geotextil NT2000 en la terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. 23/03/2016.

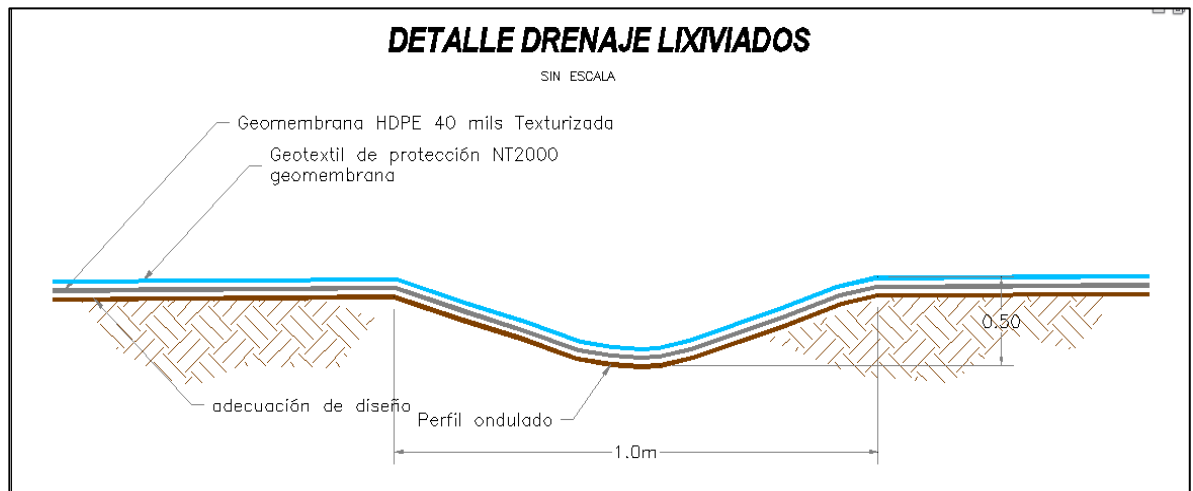
3.12 FILTROS PARA LA RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS EN LA TERRAZA 1

Figura 50. Plano filtros de lixiviado



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Figura 51. Detalle drenaje de lixiviados



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

Para la puesta de filtros de fondo en la terraza 1 se excavaron zanjas de 1m de ancho por 50 cm de profundidad realizado por dos operarios de excavadora.

Figura 52. Excavación zanjas para filtro de fondo en terraza 1



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 12/03/2016.

Posteriormente, se procedió a recubrir las zanjas y toda la terraza 1 con geomalla y geotextil NT2000 como se detalló en la impermeabilización de la Terraza 1 con el fin de evitar filtraciones de lixiviados en la corteza terrestre.

Figura 53. Geomembrana en zanjas para instalación de filtros de fondo



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fechas: 16/03/2016.

Los filtros de fondo como tal son tubos de polietileno dispuestos en las zanjas para la recolección y conducción de lixiviados en este caso dirigidos hacia el pondaje A, Se usaron tubos de 8" y 10" perforados que fueron recubiertos con grava de 2" aproximadamente con el fin de proteger los tubos y generar una porosidad de permita el paso del lixiviado.

Figura 54. Extendido de grava en zanja de filtros de fondo



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 25/03/2016.

Como se puede observar en la fotografía 41, las perforaciones para la tubería que va a recoger el lixiviado no se hicieron de forma circular sino en forme de cortes diagonales hechos con motosierra para evitar que las basuras puedan filtrarse y taponar la tubería.

Figura 55. Perforación con motosierra tubería Polietileno



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 25/03/2016.

Debido a la extensa longitud del área de la terraza 1 en donde se puso la tubería se debió efectuar el pegue de 400m de tubería para lograr abarcar la obra satisfactoriamente, esta labor fue efectuada por operarios de servigenerales con equipo de termofusión que como su nombre lo indica realiza la soldadura de la tubería calentándola para lograr que se pegue.

Figura 56. Pegue tubería Polietileno 8" para filtros de fondo

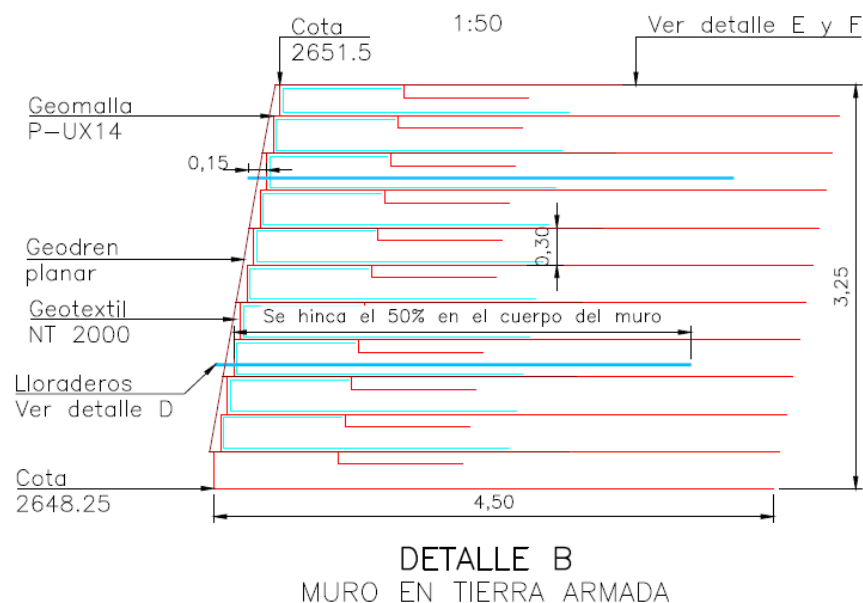


Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de arquitectura e ingeniería. Fecha: 25/03/2016.

3.13 CONSTRUCCIÓN MURO EN TIERRA ARMADA

Los muros de tierra mecánicamente estabilizada o tierra armada son estructuras de suelo estabilizado, reforzado mecánicamente con geomallas de polietileno de alta densidad que consisten en una masa monolítica de suelo lo suficientemente grande y pesada como para soportar los empujes laterales del suelo retenido. Su diseño puede consistir en el diseño de un muro si el ángulo de inclinación es mayor a 70° o en el de un talud reforzado si es menor a 70° .¹

Figura 57. Detalle muro en tierra armada



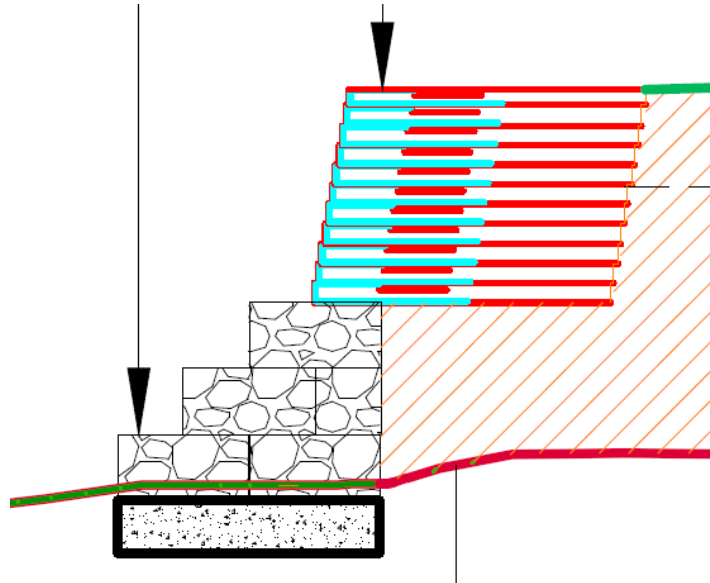
Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

El sistema de muro de tierra armada usado para la ampliación del relleno sanitario fue un sistema sierra que consiste en una técnica de retención de taludes reforzado con geomalla UX1400 y cuenta con una cubierta de geotextil NT2000 colocado sobre una malla que garantiza la integridad y durabilidad de la estructura a largo plazo además de una mayor tolerancia y mejor acomodamiento a los

¹ ICA INVERSIONES, S de R.L. CONSTRUCCION, CONSULTORIA, ELECTROMECHANICA. Muros de contención de tierra armada: sistema sierra. [En línea]. Tegucigalpa: La Entidad, s.f. [Citado el 05-03-2016] Disponible en: <http://www.icainversiones.com/uploaded/content/category/1369953748.pdf>

asentamientos diferenciales y totales. Además permite construir taludes con mayor inclinación, ganando de esta manera más espacio de construcción.

Figura 58. Detalle muro en tierra armada



Fuente: Hidrosuelos S.A.S.

El muro en tierra armada estuvo ubicado sobre el gabión. Para dar inicio a la construcción del muro en tierra armada se puso una capa de geomalla UX1400 de $81,2 \text{ m}^2$ que se recubrió con una capa de geotextil NT2000 de $53,2 \text{ m}^2$.

Figura 59. Capa de geo-malla y geo-textil en el muro de tierra armada.



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 26/02/2016.

La geomalla y el geotextil instalados fueron recubiertos con una mezcla arcilla-recebo (70-30) de 30cm la cual se humectó y compactó con vibro compactador y rana efectuando toma de densidades a capa para luego taparla con la misma geomalla y geotextil doblando el sobrante de la capa anterior.

Figura 60. Primera capa de mezcla arcilla-recebo en muro de tierra armada



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 29/02/2016.

Figura 61. Recubierta mezcla arcilla recebo con geomalla y geotextil



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 29/02/2016.

Para la construcción del muro en tierra armada, la interventoría supervisó que se hicieron en total 11 capas de geomalla UX1400 de 81,2 m² recubierta con 53,2m² de geotextil NT2000 y mezcla de arcilla-recebo (70-30) de 30 cm de grosor. En la sexta capa del muro de tierra armada se realizó la instalación de 3 drenes con tubos de pvc de 2" perforados y una longitud de 1,5 m en esta capa que fueron recubiertos con la mezcla de arcilla recebo como se puede observar en la fotografía 43. De igual manera, en la décima capa se instalaron 3 drenes con las mismas características.

Figura 62. Instalación de drenes en el muro en tierra armada



Fuente: S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Fecha: 10/03/2016.

Para finalizar la creación del muro en tierra armada se debe poner sobre la capa número 11 un geodren planar que evite la filtración de agua al muro. Se debe resaltar que hasta la fecha el geodren planar aún no ha sido instalado.

4. APORTES DEL TRABAJO

4.1 APORTES COGNITIVOS

Lo aportes cognitivos representan el uso de los conocimientos transmitidos durante toda la formación profesional y los conocimientos obtenidos durante el proceso de pasantía en cualquier tipo de proyecto relacionado con la ingeniería civil. Con la experiencia realizada en la ampliación del relleno sanitario "Pirgua" de la ciudad de Tunja se pueden mencionar un conjunto de aportes cognitivos que constituyen una experiencia para la vida profesional como ingeniero civil en la parte interventora, en la supervisión de obra, revisión de actividades y desempeño tanto de personal, como de avance de los procesos constructivos además de tener plena conciencia del trabajo y las vivencias en obra. Con esta pasantía se tuvo la oportunidad de ampliar y mejorar los conocimientos en los procesos constructivos de alto espectro que incluyen maquinaria pesada, estudio de suelos, topografía y delimitación del predio, entre otros que son de vital importancia puesto que estas experiencias no se desarrollan en las aulas de clases a lo largo de la formación profesional.

Otro aporte que no es referente al tema de los procesos constructivos, tiene que ver con el desempeño en obra: la puntualidad, cumplimiento de los horarios establecidos, el acatamiento de las órdenes impartidas por los jefes sobre las labores a realizar y los procedimientos a la hora de ejecutar alguna acción de manera eficiente y responsable, dando así a conocer el desempeño como futuro profesional y trabajando a satisfacción de la interventora.

Con el desarrollo de la pasantía se hizo evidente la importancia de los conocimientos referentes al trabajo de interventoría, de conocer las labores que se deben ejecutar como auxiliar de interventoría, desde conocer y familiarizarse con el diseño, los materiales, los procesos constructivos, las labores realizadas por el personal puesto que en la academia no se desarrolla y pone en práctica. Además es relevante profundizar en el tema de la elaboración de informes de la ejecución de obra, avances, contratiempos que se puedan presentar y presupuesto, ya que este tema está estrechamente relacionado con la ingeniería civil.

De lo anterior se deduce que este trabajo de pasantía en la ampliación del relleno sanitario "Pirgua" de la ciudad de Tunja contribuyó en la adquisición de conocimientos prácticos que se pueden emplear en el desempeño profesional y que es de vital importancia seguir ampliando dichos conocimientos como futuro

ingeniero civil aplicando siempre responsabilidad, respeto y comunicación e integridad en el trabajo con las demás personas.

4.2 APORTES A LA COMUNIDAD

Con el trabajo de pasantía en la ampliación del relleno sanitario “Pirgua” de la ciudad de Tunja, el aporte a la comunidad se basa principalmente en la aplicación de algunos conocimientos de la ingeniería civil y la ingeniería sanitaria. Así mismo, se fortalecieron relaciones con los colaboradores, con una buena comunicación con los operarios que contribuyeron en la tala de árboles, excavación, transporte, cimentación, puesta de la tubería, puesta de geomallas, geotextiles entre otros. Igualmente, el beneficio es para toda la población que utiliza los servicios que presta el relleno sanitario, no solamente a la ciudad de Tunja sino también a municipios de Santander como Barbosa, Vélez y Puente Nacional y cerca de cincuenta más del departamento de Boyacá, los cuales traen sus basuras a este lugar.

Otro aporte para la comunidad es que la ampliación de dicho relleno sanitario contribuye a extender el tiempo de vida útil del mismo, a la vez que contribuye a la recepción de un mayor volumen de residuos para su correcta disposición y manejo. De esta manera, influye de forma directa en el mejoramiento de la calidad de vida de la población, contribuyendo además con el medio ambiente y ciudades limpias.

5. IMPACTO DEL TRABAJO

Los rellenos sanitarios tienen un gran impacto en tres sentidos: ambiental, económico y de salud. En ellos es muy importante evaluar los puntos negativos y positivos de estos tres aspectos, para sacar una acertada opinión del impacto que generan este tipo de obras en Colombia, más específicamente en la ciudad de Tunja y municipios que usan el relleno sanitario de Pírgua.

El impacto ambiental que se genera en la zona de construcción y operación es muy negativa, debido a que esta zona no se puede volver a aprovechar para sembrar, tener ganado o construir, solo serviría en el futuro de parque ambiental. Uno de los aspectos más importantes es la salud de los ciudadanos no solo en la parte urbana si no rural, dado que los residuos sólidos contienen muchas bacterias y microorganismos que generan enfermedades.

Los rellenos sanitarios son la manera más económica de tener un control de los residuos sólidos. Hay formas más efectivas que generan impactos ambientales menores, pero requieren de un mayor esfuerzo en Colombia y por ahora no se pueden implementar. Los rellenos sanitarios son un buen generador de empleo para profesionales, tecnólogos o personas sin profesión, porque es necesario tener personal para el control, operación y cierre del relleno.

Era necesario hacer la ampliación del relleno sanitario de Pírgua para que tuviera un tiempo de vida útil más largo y poder seguir depositando residuos sólidos en este lugar. Además de que si no se hacía esta obra, el problema de las basuras que tendría la ciudad de Tunja y municipios que se benefician de este proyecto se verían afectados.

Como auxiliar de interventoría se debía supervisar lo que se realizaba en la obra, esto aseguro que cada actividad cumpliera con las normas técnicas y así no se presente en el futuro problemas que perjudiquen la operación del relleno sanitario o tenga problemas ambientales posteriormente como pueden ser fugas de lixiviado o problemas con las aguas lluvia ya que se localiza cerca de una cárcava.

Al trabajar en esta obra una persona debe aprender a desarrollar aspectos como la responsabilidad que conlleva el ejercicio de su profesión, que debe desarrollarse con honestidad, puntualidad y compromiso tanto con la empresa con la que labora como con su grupo de trabajo. Es importante recalcar que su trato

para con sus empleados y relaciones interpersonales deben ser excelentes pues de esto depende que la ejecución de la obra se ejecute satisfactoriamente y sin mayores contratiempos evitándose así problemas y demoras innecesarias, esto hace a un ingeniero civil más completo.

6. CONCLUSIONES

Se desarrollaron las actividades correspondientes a las labores de interventoría además del apoyo y acompañamiento continuo a la obra donde se aprendió acerca de la organización y funcionamiento de esta. Con la construcción del dique ubicado en la parte occidental de la terraza uno, con una longitud de cincuenta y cuatro metros, ancho de base de veinticinco metros, corona de diez metros, altura de diez metros, con buenos materiales se espera que contenga todos los residuos que se depositarán en la terraza uno

Se llevó acabo el control del movimiento de tierra como descapote, que fueron 22104m^2 y la excavación con cerca de 50852m^3 incluyendo la excavación para el mejoramiento del suelo. Este control se hizo mediante topografía para que dieran las cantidades más exactas, sin embargo el auxiliar de interventoría siempre estuvo verificando los puntos tomados en la obra. Al respecto, cumpliendo todas las especificaciones de los diseños seguramente no tendrá asentamientos que pongan en peligro la estructura completa del relleno.

La interventoría realizó el debido control, en forma directa, respecto a las cantidades de obra ejecutadas como fueron cerca de 2200 metros cuadrados de geomembrana y de geotextil, cuatrocientos metros de pegado de tubería en polietileno, tanto de ocho como de diez pulgadas, con una ejecución con mano de obra calificada. La revisión hecha por la interventoría permite colegir que no habrá percolación de lixiviados a las aguas subterráneas ni a los terrenos aledaños.

Se efectuaron las debidas verificaciones con respecto a la calidad de la obra, teniendo en cuenta que se cumpliera con especificaciones técnicas como lo dicen el R.A.S y la norma INVÍAS, que fueron las que más se usaron en este proyecto. También se observaron las condiciones de los materiales que ingresaban al relleno sanitario, pidiendo la debida verificación de los certificados de calidad. Entonces, en general la obra cumple con todas las especificaciones previstas en los diseños.

Por último, siempre se llevó el registro en la bitácora de la obra, para tener un registro de las actividades que se desarrollan y las observaciones o anomalías que se presentan. Además este proceso ayudó en la realización de los informes que se debían presentar semanal y mensualmente a la empresa encargada de la interventoría S.A.I S.A.S. Entonces, quedaron los registros necesarios para cualquier revisión futura.

7. RECOMENDACIÓN

Dado que cada vez se incrementan los residuos depositados en el relleno se recomienda que se adquieran los lotes aledaños para que se pueda llevar a cabo una ampliación en unos años, cerca de cuatro, como está establecido en los diseños, para evitar que colapse el proceso en la ciudad de Tunja de la recolección y disposición final de los residuos.

BIBLIOGRAFIA

BOLETÍNAGRARIO.COM. Dique. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 04-02-2016]. Disponible en: <http://www.boletinagrario.com/ap-6,dique,346.html>

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. DIRECCION GENERAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: ras. Bogotá: El Ministerio, 2000.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSITO Y TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras. Bogotá: INVIAS, 2014.

CONCEPTODEFINICIÓN.DE. Gavión. [En línea]. s.l.: s.n., 2014. [Citado el 29-02-2016]. Disponible en: <http://conceptodefinicion.de/gavion/>

CONTRALORIA MUNICIPAL DE TUNJA. Informe final auditoría gubernamental modalidad especial al medio ambiente y los recursos naturales del municipio de Tunja vigencia de 2013. [En línea]. Tunja: La Contraloría, 2014. [Citado el 14-04-2016]. Disponible en: <http://contraloriatunja.gov.co/informes/auditoria-fiscal/2014/informe-final-auditoria-medio-ambiente-tunja-vigencia-2013.pdf>

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD, EPARTAMENTO EDUCACIÓN PARA LA SALUD. Disposición correcta de la basura: el relleno sanitario. [En línea]. San José (Costa Rica): El Ministerio, 1997. [Citado el 13-03-2016]. Disponible en: <http://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>

DEFINICIÓN ABC. Cota. [En línea]. s.l.: s.n., 2016. [Citado el 16-04-2016]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/general/cota.php>

DUROTEX. Geotextil. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 16-03-2016]. Disponible en: <http://www.geotextiles.es/es/content/6-que-es-geotextiles>

ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. Geomembrana. [En línea]. s.l.: s.n., 2015. [Citado el 16-03-2016]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Geomembrana>

ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. Ensayo de compactación de proctor. [En línea]. s.l.: s.n., 2016. [Citado el 06-02-2016]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactaci%C3%B3n_Proctor

ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. Retroexcavadora. [En línea]. s.l.: s.n., 2016. [Citado el 10-02-2016]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Retroexcavadora>

GOOGLE EARTH. Localización relleno sanitario de Pírgua. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 06-04-2016]. Disponible en: <https://www.google.it/maps/@5.5739516,-73.3227138,1369m/data=!3m1!1e3>

HIDROSUELOS S.A.S. Bogotá: La Empresa, 2016.

LA HISTORIA CON MAPAS. Descapote. [En línea]. s.l.: s.n., 2007. [Citado el 07-02-2016]. Disponible en: <http://www.lahistoriaconmapas.com/historia/historia2/definicion-de-descapote/>

ICA INVERSIONES, S de R.L. CONSTRUCCION, CONSULTORIA, ELECTROMECHANICA. Muros de contención de tierra armada: sistema sierra. [En línea]. Tegucigalpa: La Entidad, s.f. [Citado el 05-03-2016] Disponible en: <http://www.icainversiones.com/uploaded/content/category/1369953748.pdf>

MARTINEZ, Sandry, BALZA, Adán y HERNANDEZ, Wilson. Maquinarias en la construcción y obras civiles. [En línea]. Barinas (Venezuela): Escribd, 2011. [Citado el 06-01-2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/98029184/Maquinarias-en-La-Construccion-Civil>

MISRESPUESTAS.COM. Qué es la arcilla. [En línea]. s.l.: s.n., 2005-2016. [Citado el 06-01-2016]. Disponible en: <http://www.misrespuestas.com/que-es-la-arcilla.html>

S.A.I. S.A.S. Soluciones de Arquitectura e Ingeniería. Registro fotográfico. Tunja: La Empresa, 2016.

TUNJA. ALCALDÍA MUNICIPAL. Mapa P37 - mapa zonificación urbana . división político administrativa urbana. [En línea]. Tunja: La Alcaldía, 2013. [Citado el 06-

04-2016]. Disponible en: http://www.tunja-boyaca.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-4-&x=3147

TUNJA. ALCALDIA MUNICIPAL. Plan de ordenamiento territorial: mapa P13. [En línea]. Tunja: La Alcaldía, 2001. [Citado el 06-04-2016]. Disponible en: http://tunja-boyaca.gov.co/apc-aa-files/30306336653731623764356264663261/p13-uso_recomendado_suelo_rural1.pdf

ANEXOS

