

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Viabilidad Económica del diseño e implementación del
Sistema de drenaje para la cancha de césped natural de la
USFQ
Trabajo de Titulación**

Danilo Javier García Guevara

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 1 de mayo de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Viabilidad Económica del diseño e implementación del Sistema de drenaje
para la cancha de césped natural de la USFQ**

Danilo Javier García Guevara

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Sixto Durán-Ballén, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 1 de mayo de 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Danilo Javier García Guevara

Código:

00110669

Cédula de Identidad:

1716388176

Lugar y fecha:

Quito, mayo de 2018

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como contenido el diseño, procedimiento constructivo y análisis de costos de un sistema de drenaje para la cancha de fútbol de césped natural de la Universidad San Francisco de Quito. La implementación de este sistema de drenaje viene como respuesta al daño en el terreno de juego producto del impacto sobre el mismo al realizar la actividad deportiva y las precipitaciones. La inversión realizada cada semestre para la restauración de la cancha es considerable, y parte importante de este trabajo de titulación es demostrar la viabilidad económica del proyecto. El proceso de diseño trae consigo varios ensayos sobre el suelo del terreno donde se llevará a cabo el proyecto, esto con el fin de obtener las propiedades del mismo. A partir de estos datos se diseñará el sistema de drenaje utilizando además la información hidrológica del sector. Así mismo, se propone un calendario tentativo de actividades para la implementación del proyecto de manera eficiente y de calidad. Finalmente, se realizó un análisis costo beneficio para corroborar la viabilidad económica del proyecto. La intención de este trabajo de titulación es utilizar los conocimientos teóricos aprendidos en los años de carrera y ponerlos en práctica a través de un proyecto de incumbencia de ingeniería civil y producto de un problema real.

Palabras clave: diseño, procedimiento constructivo, análisis de costos, drenaje, cancha de fútbol, análisis costo beneficio.

ABSTRACT

The following degree work contains the design, constructive process and economical analysis of a proposal for a drainage system for the natural grass soccer field of the Universidad San Francisco de Quito facilities. The implementation of this systems comes as a response of the damage that the field undergoes because of the impact caused by the sport activity and the precipitations. The investment placed every semester on the restauration of the field is a considerable amount of money, and an important part of this degree work is to show the economical viability of the project. The design process brings along a number of soils tests that must be done, to obtain the properties required for the pipe dimensioning. By combining this data combined with the hydrological information of the area the drainage system design will take place. In addition, you can find a tentative schedule of activities for an efficient work time. Finally, an cost benefit analysis can be found to corroborate the economical viability of this project. This degree work intention has been to put into practice all the theoretical knowledge learned during the course of the career through a project of civil engineering scope while solving an ongoing problem.

Encontrar el equilibrio entre efectivizar gastos manteniendo la calidad es el trabajo del ingeniero civil, y una ardua labor viene detrás de lograr cumplir con este trabajo.

Key words: design, constructive process, economical analysis, drainage, soccer field, cost benefit analysis.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	10
Problemática.....	11
Objetivos	13
General.....	13
Específicos.....	13
Datos del Terreno.....	13
Localización.....	13
Análisis Hidrológico.....	14
GENERALIDADES SOBRE EL DRENAJE.....	16
Drenajes subterráneo.....	16
Tipos de sistemas de drenaje subterráneo	16
Drenaje paralelo o rejilla	16
Drenaje tipo espina de pescado.....	17
ESTUDIO DE SUELOS	18
Ensayo Próctor Estándar	18
Granulometría.....	20
Ensayo de Permeabilidad (carga constante).....	21
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	24
Dimensionamiento.....	24
Disposición de drenes.....	25
Plano del sistema de drenaje	26
Cortes y Detalle	30
PROCESO CONSTRUCTIVO.....	31
Calendario tentativo de actividades	32
ANALISIS DE COSTOS	35
Costos actuales de mantenimiento.....	35
Volúmenes de excavación	35
Materiales	36
Mano de obra.....	37
Análisis Costo Beneficio	37
CONCLUSIONES.....	40
Recomendaciones	42
REFERENCIAS	43
ANEXOS.....	44
Anexo 1.- Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo 2017	44
Anexo 2.- Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo 2017	45
Anexo 3.- Fotografía de daño a la cancha 19 de septiembre 2017	45
Anexo 4.- Fotografía de daño a la cancha 19 de septiembre 2017.....	46
Anexo 5.- Fotografía de daño a la cancha 25 de septiembre 2017.....	46
Anexo 6.- Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017..	47
Anexo 7.- Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017..	47
Anexo 8.- Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017..	48
Anexo 9.- Fotografía de juego bajo la precipitación a la cancha 28 de septiembre 2017	48

Anexo 10.- Fotografía de precipitación en la cancha 28 de septiembre 2017	49
Anexo 11.- Fotografía de daño a la cancha 16 de noviembre 2017.....	49
Anexo 12.- Fotografía de daño a la cancha 16 de noviembre 2017.....	50
Anexo 13.- Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017.....	50
Anexo 14.- Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017.....	51
Anexo 15.- Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017.....	51
Anexo 16.- Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017.....	52
Anexo 17.- Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017.....	52
Anexo 18.- Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017.....	53
Anexo 19.- Fotografía cancha 22 de febrero 2018.....	53
Anexo 20.- Fotografía cancha 22 de febrero 2018, agua empozada en gradas por precipitaciones continuas	54
Anexo 21.- Tipología de suelos SUCS (Fuente: Reyes, 2018).....	54
Anexo 22.- Rango aproximado de OCH vs. Tipo de suelo (Fuente: Terzaghi y Peck, 1980)	55
Anexo 23.- Valores típico de la conductividad hidráulica (Fuente: Coduto, 1999)	55
Anexo 24.- Ficha técnica línea drenaje Plastigama (Fuente: Plastigama)	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Ensayo Proctor Estándar	19
Tabla 2. Datos del permeámetro	22
Tabla 3. Datos obtenidos del ensayo de permeabilidad	22
Tabla 4. Caudales para 54.5 mm. de lluvia en la cancha en diferentes periodos de tiempo	24
Tabla 5. Capacidad de descarga para las tuberías estándares con pendientes del 1% y 2%	25
Tabla 6. Numero de Referencia y Actividad	32
Tabla 7. Información de costos de mantenimiento de la cancha de césped natural.....	35
Tabla 8. Volumen de excavación para las cajas de revisión	36
Tabla 9. Volumen de excavación para la tubería central	36
Tabla 10. Volumen de excavación para las tuberías de las ramificaciones	36
Tabla 11. Información de costos de materiales (Fuente: CAMICON, 2016)	37
Tabla 12. Información de costos de mano de obra (Fuente: CAMICON, 2016).....	37
Tabla 13. Costos de mantenimiento durante 25 años implementando el proyecto.....	38
Tabla 14. Costos de mantenimiento durante 25 años sin implementar el proyecto.....	38
Tabla 15. Costos de mantenimiento durante 50 años implementando el proyecto.....	38
Tabla 16. Costos de mantenimiento durante 50 años sin implementar el proyecto.....	38

LIST DE FIGURAS

Figura 1: Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo.	12
Figura 2: Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo.	12
Figura 3: Fotografía satelital de la cancha (Fuente: Google Earth)	14
Figura 4: Climograma Cumbayá (Fuente: Merkel, 2018).	15
Figura 5: Ilustración de drenaje paralelo o rejilla (Fuente: Saldarriaga, 2016).	16
Figura 6: Ilustración de drenaje tipo espina de pescado (Fuente: Saldarriaga, 2016).....	17
Figura 7: Curva de compactación	20
Figura 8: Curva Granulométrica.	21
Figura 9: <i>Relación Drenaje-Tipo de suelo- Determinación de K (Fuente: Angelone, Garibay y Caupaché, 2006).</i>	23
Figura 10: Plano del sistema de drenaje con detalles	28
Figura 11: Plano del sistema de drenaje solo cancha.....	29
Figura 12: Corte A -A'	30
Figura 13: Corte B-B', armado de la caja de revisión. (unidades en metros).....	30
Figura 14: Corte C-C' (unidades en metros).....	30
Figura 15: Corte D-D' (unidades en metros).	30

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil siendo la ingeniería más antigua siempre ha tenido que lidiar con el suelo, el mismo que es el elemento estructural de mayor incertidumbre para los ingenieros civiles. Pese a que durante décadas se han desarrollado técnicas mediante asunciones las cuales nos han permitido simular el comportamiento del suelo interactuando con las obras de ingeniería civil. Sin embargo, todo este trabajo no es más que simulaciones con un factor de seguridad muy alto, esto por la no homogeneidad del mismo. Excavación tuberías subterráneo

Además, los suelos tienen propiedades distintas segmentadas por secciones o estratos, las mismas cambian repentinamente de acuerdo a condiciones ambientales, sobre todo con el agua. De acuerdo con el nivel de humedad de las partículas de suelo este puede pasar de un estado sólido a líquido o viscoso en cuestión de instantes. Este cambio brusco en un elemento estructural de tanta importancia es algo que no se puede dejar a al azar, por esta razón, se han desarrollado sistemas que ayudan a evacuar el exceso de agua del suelo llamados sistemas de drenaje. Con esta idea en mente surgió este trabajo de titulación, al observar la destrucción de la cancha de césped natural causada por la lluvia y el impacto que sufre por la disciplina deportiva practicada, se me ocurrió utilizar mis conocimientos para brindar una solución a un problema real. De igual manera, ayudar a los y las deportistas a que puedan realizar su actividad de manera más cómoda y segura, mientras la universidad ahorra dinero que puede ser reinvertido en la misma.

Problemática

La Universidad San Francisco de Quito por varios años consecutivos ha tenido que invertir miles de dólares cada semestre en la restauración y el mantenimiento de la cancha de fútbol, esto según el reporte de gastos anual del 2017 de la universidad de mantenimiento de las áreas deportivas. Este inconveniente es producto de que el terreno de juego tiene un uso considerable al ser la sede varios torneos semestralmente y además es utilizada para impartir clases de deportes. Luego de un diagnóstico visual se teorizó que el problema es una sobresaturación del suelo conjunto con un fuerte impacto por la cantidad de encuentros deportivos, sobre todo en el área central del terreno (Fig. 1 y Fig. 2), y ante esto se propone que un pequeño sistema de drenaje como solución a este problema recurrente. Cada semestre la universidad organiza dos torneos de fútbol, uno masculino y uno femenino, los cuales son disputados en los dos campos de juego que la universidad dispone en su campus de Cumbayá. Uno de estos campos de juego es de césped natural, y recibe un impacto fuerte de desgastes diariamente durante el torneo. Esta deterioración crece de manera exponencial cuando existen precipitaciones, ya que al superar el límite sólido y pasar al plástico por la cantidad de agua filtrándose en el suelo este se vuelve muy maleable de esta manera ahogando a los brotes de césped en la superficie. Estos daños se ven reflejados en las condiciones de la cancha, las cuales pueden llevar a lesiones de los jugadores y requieren una inversión considerable para poder ser puesto en servicio nuevamente.



Fig. 1.- Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo



Fig. 2.- Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo 2017

Objetivos

General

Desarrollar un análisis de la viabilidad económica del proyecto de drenaje para la cancha de césped natural de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) en el campus de Cumbayá.

Específicos

- Determinar la precipitación promedio y máxima para el dimensionamiento de la capacidad del sistema.
- Diseñar un sistema de drenaje de agua lluvia para la cancha de césped natural de la USFQ
- Lograr una correcta evacuación del exceso de agua en la cancha de futbol para que el mismo cumpla con las necesidades de los deportistas.
- Realizar los planos y el dimensionamiento de la propuesta del sistema de drenaje
- Efectivizar los costos del proyecto manteniendo su calidad y apropiado funcionamiento del sistema de drenaje.
- Realizar el planeamiento del proceso constructivo previo a la realización del proyecto.

Datos del terreno

Localización

El proyecto se propone realizar en la cancha de césped natural de la Universidad San Francisco de Quito en el campus de Cumbayá. El mismo se encuentra ubicado en Latitud -0.1980 y Longitud -78.4356 a 2212 metros sobre el nivel del mar.



Fig. 3.- Fotografía satelital de la cancha (Fuente: Google Earth)

Análisis Hidrológico

El análisis hidrológico una precipitación total anual de 958 mm. de lluvia para la zona del proyecto. El mes más seco es el mes de julio con 13 mm. de lluvia, mientras que las precipitaciones alcanzan su pico en abril con 145 mm. de lluvia. La temperatura promedio es 16.4 °C, la velocidad media del viento 9.5 km/h y humedad relativa del 82.1%. (Merkel, 2018)

Gracias a la información recolectada del INAMHI se obtuvo que la precipitación máxima en un solo día en el mes de abril del año 2017 fue de 54.5 mm. de lluvia. Dato que será el parámetro de diseño para determinar la esorrentía pico.

CLIMOGRAMA CUMBAYÁ

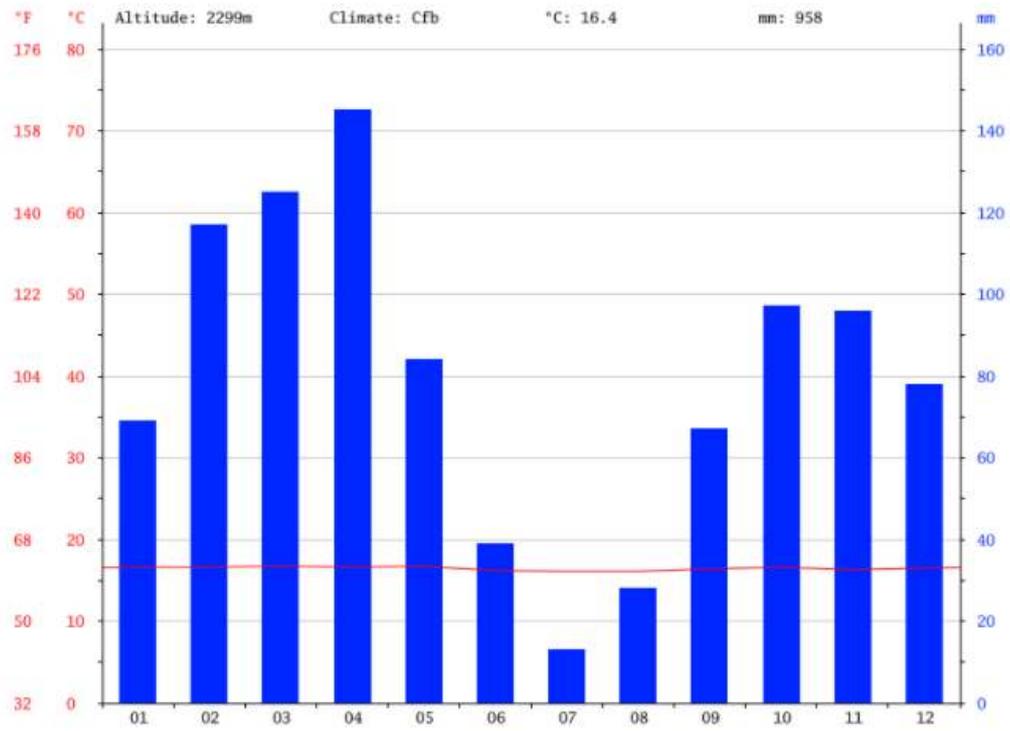


Fig. 4.- Climograma Cumbayá (Fuente: Merkel, 2018)

GENERALIDADES SOBRE EL DRENAJE

El drenaje es un sistema que tiene como objetivo evacuar el exceso de agua del suelo con el fin de mantener las condiciones de aireación y la actividad biológica del mismo. Estas condiciones son indispensables para cumplir con los procesos fisiológicos al crecimiento radical. De igual manera, el drenaje puede ayudar a mantener el balance salino del suelo (Grassi, 1981).

Existen dos tipos de drenaje: superficial y subterráneo. El drenaje superficial es una obra que viene como consecuencia de la incapacidad del exceso de agua en la superficie de trasladarse hasta un punto de desfogue. En cuanto al drenaje subterráneo, se produce por la incapacidad de evacuar el exceso de agua presente en el perfil del suelo hasta una salida subterránea satisfactoria (Luthin. 1967).

Drenaje subterráneo

Tipos de sistemas de drenaje subterráneo

Drenaje Paralelo o rejilla

En este sistema de drenaje las tuberías de subdrenes laterales son dispuestas perpendiculares al colector de la siguiente manera:

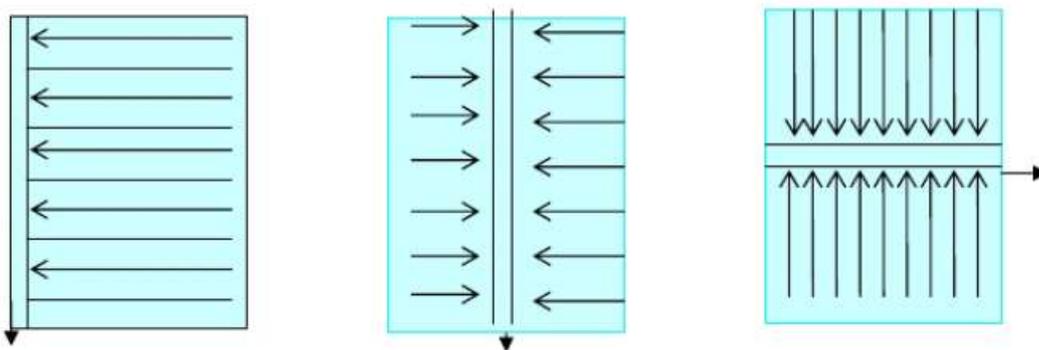


Fig. 5.- Ilustración de drenaje paralelo o rejilla (*Fuente: Saldarriaga, 2016*)

Drenaje tipo espina de pescado

Este sistema es el más popular y el que se propone utilizar en el presente proyecto. La diferencia con el drenaje paralelo es que la disposición de los drenes laterales forma ángulos agudos con respecto al dren colector como se muestra a continuación.

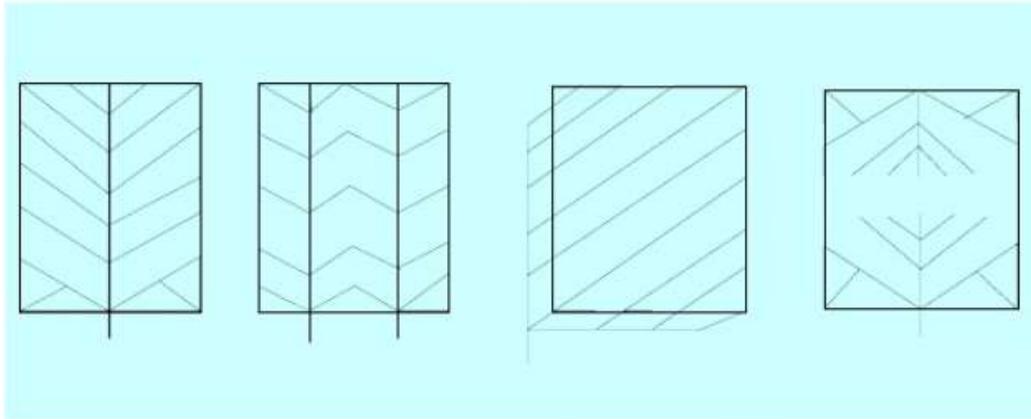


Fig. 6.- Ilustración de drenaje tipo espina de pescado (*Fuente: Saldarriaga, 2016*)

ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelo comprende una serie de ensayos realizados sobre una muestra del terreno donde se realizará el proyecto. El estudio de suelo es primordial para el diseño del proyecto de drenaje subterráneo. Se necesita saber las características del suelo para determinar el dimensionamiento del drenaje. Además, información sobre el suelo proporcionara precauciones al momento de realizar la excavación y los trabajos sobre el mismo.

Para el diseño del sistema de drenaje se resolvió realizar los siguientes ensayos: ensayo Proctor estándar, análisis granulométrico y ensayo de permeabilidad (carga constante). Estos ensayos nos proveerán de la información necesaria para continuar con el diseño y dimensionamiento del sistema de drenaje.

Ensayo Proctor Estándar

El ensayo Proctor estándar permite determinar la densidad seca máxima en un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada. Su procedimiento consiste en tamizar la muestra de suelo según lo especificado en la norma ASTM D698-07, luego, tomar el peso del molde 4'' a ser utilizado en el ensayo estándar (sin el plano ni el collar). Se tomo una muestra de 3000 gramos de suelo y humedecer la muestra al 5%, agregando, en este caso 150 [mL], agua y con guantes de caucho mezclar la muestra de tal manera que quede uniforme. Se procedió a armar el molde de compactación, con el plato base y el collar, y se llenó el mismo hasta 1/3 de su capacidad. A seguir, con el martillo de compactación se dio 25 golpes al suelo en el molde, según lo estipulado en la norma ASTM D698-07, de manera que los 4 primeros golpes se los dan en forma de cruz y los 21 restantes en un movimiento circular alrededor del molde. Se repitió el proceso hasta llenar el molde agregando 1/3 dos veces más y se desarmo el collar del molde removiendo con una espátula el excedente de suelo hasta que quede al mismo nivel que el molde. Retirar el plato base y con la

muestra de suelo compactada y en el molde, pesarlos y anotar su valor. Utilizando el martillo compactador, remover el suelo del molde y devolverlo a la tara plástica. Obtenido el peso de la muestra, calcular nuevamente la cantidad de agua a agregar para que el contenido de humedad aumente en un 3%. Repetir el proceso hasta que el peso del molde con el suelo compactado disminuya con respecto al anterior valor. (Braja, 2015).

Los resultados son los siguientes:

Muestra #	Contenido de humedad teórico %	Peso del suelo húmedo [kg]	volumen del molde [m3]	densidad húmeda [kg/m3]	densidad seca [kg/m3]	peso específico seco [kN/m3]
1	2.5	1,66	0,000948	1753	1669	16,37
2	4	1,74	0,000948	1838	1702	16,69
3	5.6	1,8	0,000948	1898	1710	16,77
4	7	1,91	0,000948	2014	1766	17,32
5	8.5	1,88	0,000948	1982	1694	16,61

Tabla 1. Resultados Ensayo Proctor Estándar

La curva de compactación describe un suelo arenoso o mezcla de arena y limo. Se puede observar que el suelo alcanzo un contenido de humedad optimo del 7%, así como un peso específico seco máximo de 17.3 [kN/m3].

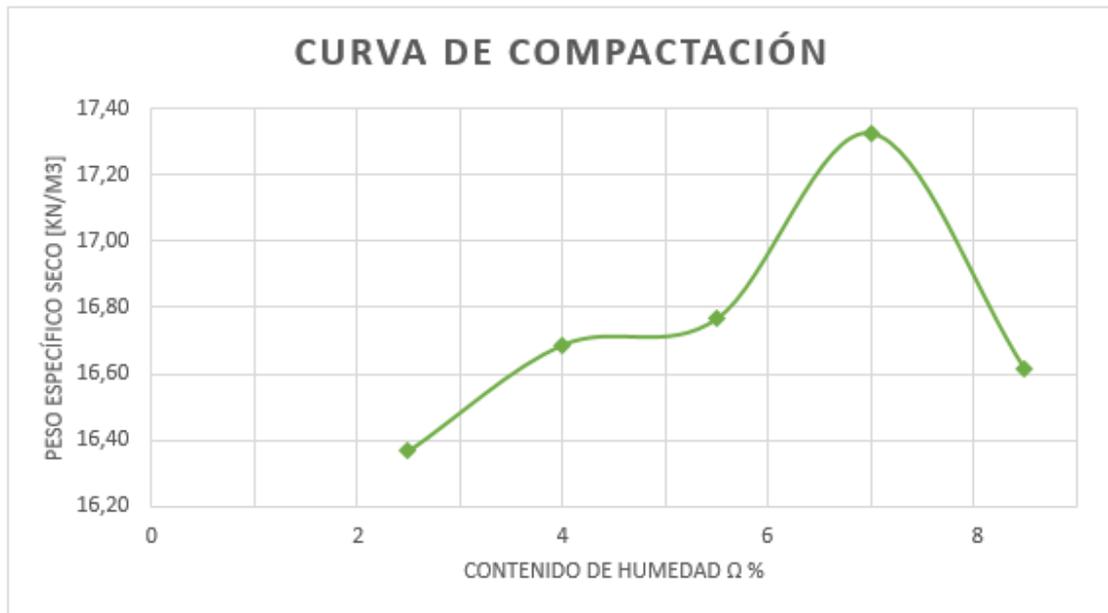


Fig. 7.- *Curva de compactación*

Granulometría

El análisis granulométrico de los suelos es uno de los ensayos más básicos y sencillos para caracterizar una muestra de suelo (o agregado en caso de hormigón), sin embargo, tiene suma importancia en este proceso. A través de este ensayo podemos aproximarnos a las principales características del suelo, como: capacidad portante, deformabilidad y hasta permeabilidad (Terzaghi, 1980). A partir de la muestra recogida se obtuvo la siguiente curva granulométrica.

A partir del análisis realizado a los resultados obtenidos se pudo concluir que la muestra de suelo pertenece a un suelo arenoso pobremente graduado (SP), categorización obtenida por SUCS. Al tener una forma irregular esta curva se observa una muy pequeña cantidad de finos.

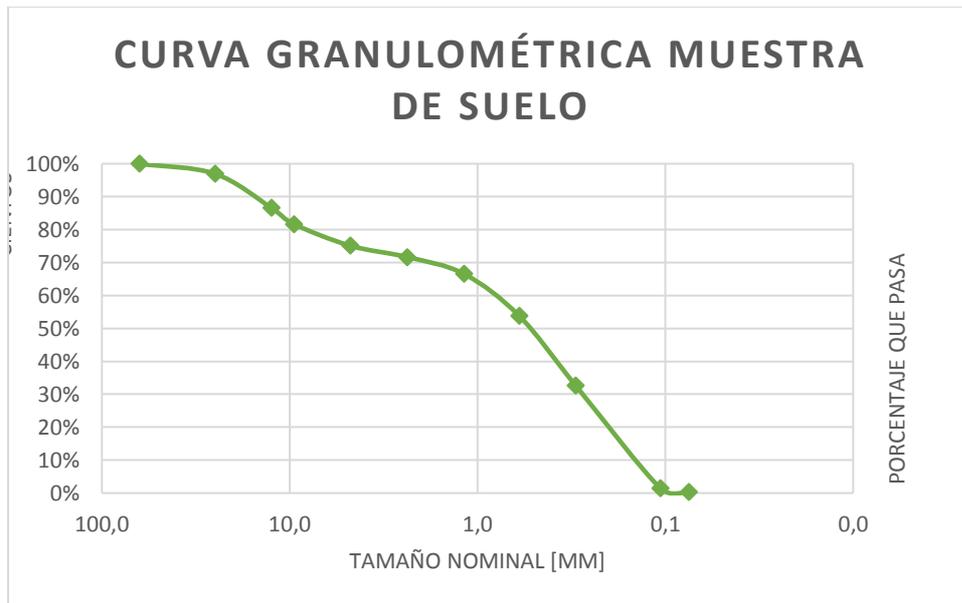


Fig. 8.- Curva Granulométrica

Ensayo de Permeabilidad (carga constante)

El ensayo de permeabilidad nos permite determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo. Existen dos ensayos estándar para la determinación de la permeabilidad hidráulica del suelo: uno de carga constante y uno con carga variable. El ensayo de carga variable se recomienda para suelos finos. Mientras que para suelos granulares (o arenosos) el ensayo de carga constante funciona apropiadamente. El ensayo se realizó utilizando la norma americana ASTM D2334. Para empezar, se introdujo la piedra porosa en el permeámetro. Después, se añadió el suelo por capas con la ayuda de un embudo y distribuyéndolo uniformemente. A seguir, se colocó la segunda piedra porosa en el permeámetro, sobre el suelo que se acaba de colocar, y se cerró el permeámetro colocando el recipiente sobre la balanza y encerándola. A continuación, se colocó una manguera con una válvula en la salida del permeámetro y se la puso en dirección del recipiente con la balanza. A través del embudo de la parte superior se añadió agua manteniendo la altura constante de la misma en el embudo. Finalmente, se abrió la válvula y se cronometra el tiempo que tomaba que la balanza marcara un peso de agua de 500g.

$$k = \frac{QL}{Ath}$$

Donde:

k es el coeficiente de permeabilidad.

Q es la cantidad de agua descargada.

L es la altura inicial de la muestra.

A es el área de la sección transversal entre manómetros.

t es el tiempo total de desagüe.

h es la altura del embudo

Los datos obtenidos en la práctica se muestran a continuación:

Diámetro	6 cm
Área	28.27cm ²
Altura inicial muestra	13.8 cm

Tabla 2. Datos del permeámetro

Altura embudo	Altura final muestra	Q	t
70 cm	13.6 cm	500 cm ³	185 s

Tabla 3. Datos obtenidos del ensayo de permeabilidad.

Los cálculos realizados se muestran a continuación:

$$k = \frac{(500)(13.8)}{(28.27)(185)(70)}$$

$$k = 0.0188 \text{ cm/s}$$

Corrección por temperatura considerando 23°C como temperatura de ensayo:

$$k = \frac{0.000933}{0.001003} 0.0188 \text{ cm/s}$$

$$k = 0.0175 \text{ cm/s}$$

El valor de k da un resultado de 10^{-2} , lo que muestra un suelo arenoso según la figura

9. De esta manera corroborando el estudio granulométrico y en el ensayo Proctor estándar.

	100	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Drenaje	Bueno						Pobre			Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
					Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición.							
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.											
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.				Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.			
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.						Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia					

Fig. 9. Relación Drenaje-Tipo de suelo- Determinación de K (Fuente: Angelone, Garibay y Caupaché, 2006)

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Dimensionamiento

Para el mes de lluvia más fuertes que es abril se tiene un promedio de lluvia diaria de 4.83 mm.. Sin embargo, gracias a los datos hidrológicos del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) se tiene que para abril del año 2017 el día con lluvias más fuerte tuvo una cantidad de 54.5mm. A partir de este dato se obtendrá el caudal de diseño.

$$Vol_{escorrentia} = Precipitación\ Max.\ Diaria \times Área\ de\ la\ cancha$$

$$Vol_{escorrentia} = 0.0545 \times 1181$$

$$Vol_{escorrentia} = 64.3645 [m^3]$$

Con este volumen de escorrentía se procede el caudal de escorrentía de acuerdo a la duración de la precipitación

$$Q_p = \frac{Vol_{escorrentia}}{Duración\ lluvia}$$

$$Q_p = \frac{64.3645}{60 * 60 * 1}$$

$$Q_p = 0.017879 [m^3/s]$$

Horas de Lluvia	Caudal [m3/s]
1	0,017879
2	0,008940
3	0,005960
4	0,004470

Tabla 4. Caudales para 54.5 mm. de lluvia en la cancha en diferentes periodos de tiempo

Con la fórmula de Manning presentada a continuación se obtuvo las velocidades y caudales para las tuberías estándares con pendientes del 1% y el 2%.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

V: Velocidad del agua

n: coeficiente de rugosidad

Rh: Radio hidráulico

S: Pendiente

$$V = \frac{1}{0.01} \cdot (0.0285696)^{2/3} \cdot (0.01)^{1/2}$$

$$V = 0.9346 \text{ [m/s]}$$

$$Q_t = V * A_t$$

Qt: Caudal de la tubería

At: Área transversal de la tubería

$$Q_t = (0.9346) * (0.0052428)$$

$$Q_t = 0.0049 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Diámetro (real) [mm]	Qt 1% [m ³ /s]	Qt 2% [m ³ /s]	V 1% [m/s]	V 2% [m/s]	Radio Hidráulico [mm]
110(102.9)	0.0049	0.0069	0.9346	1.3217	28.5696
160(150.44)	0.0134	0.0190	1.2038	1.7025	41.7688
200(187.36)	0.0241	0.0340	1.3935	1.9707	52.0194

Tabla 5. Capacidad de descarga para las tuberías estándares con pendientes del 1% y 2%.

Observando la tabla 4 se obtuvo que el caudal máximo de escorrentía es de 0.0179 [m³/s], si la lluvia máxima se concentrase en una hora únicamente. Comparando este dato con la tabla 5 observamos que una tubería de 160 mm. con una pendiente del 2% sería suficiente para evacuar toda el agua, sin embargo, tiene un margen muy pequeño de diferencia por lo que se escogió la tubería de 200mm. para mantener un factor de seguridad.

Disposición de los drenes

Para encontrar el espaciamiento entre los drenes se utilizó la fórmula de Hooghoudt:

$$S^2 = \frac{4K}{R} [H^2 - 2hd + 2HD - h^2]$$

Fuente:

S: espaciamiento de drenes (m)

d: profundidad de la capa impermeable desde el fondo del dren

D: distancia de la capa impermeable a la altura máxima de agua entre los drenes

h: carga de agua en el dren

H: carga de agua en el punto medio de los drenes

K: conductividad hidráulica

R: tasa de reposición

$$S^2 = \frac{4(0.0175)}{0.2} [10.3^2 - 2(3.68)(1.04) + 2(10.3)(0.90) - (3.68)^2]$$

$$S^2 = 36.20 [M^2]$$

$$S = 6.02 [M]$$

El espaciamiento encontrado fue de poco más de 6 metros, por lo que se redondeara a 6 metros. La profundidad de la misma será de 1.50m, tomando en cuenta una caja de revisión de volumen de 1 metro cubico, con ancho de pared de 20cms. La profundidad de los drenes continuara aumentando de acuerdo con la caída asignada a las tuberías.

Plano del sistema de drenaje

A continuación, se detalla en el plano las características del drenaje a construir en el que se utilizara un diseño de espina de pescado. Para este diseño en particular se empleó cinco cajas de revisión en el medio de la cancha, donde se sufre el mayor daño, las mismas que están conectadas entre sí con una tubería de drenaje subterráneo de 200mm de diámetro a una distancia de 6 metros con una caída del 2%. Cada caja de revisión tiene una dimensión cuadrada de 1.40x1.40m con paredes de hormigón armado de 20 cms, dejando un área transversal útil

de 1.00x1.00. Pese a que las cajas deben ir siendo más profundas para poder transportar el agua de una caja de revisión a otra mediante la tubería de subdren, todas las tapas de las cajas de revisión deben estar a la misma altura. De esta manera, nos aseguramos que cada caja de revisión vaya aumentando su capacidad de volumen, y así el hecho de que el agua se sigue acumulando en ellas no causara ningún inconveniente.

Que las tapas de las cajas de revisión se encuentren al mismo nivel facilita el mantenimiento o reparación de las mismas. Cada caja de revisión tiene, además de la conexión a la siguiente caja, dos tuberías de subdren de 12.5 metros conectados a las mismas para drenar el agua de los costados de la cancha y no únicamente de la mitad. Estas tuberías de ramificación tienen una caída del 1%. Adicionalmente, se colocó una última caja de revisión en la esquina inferior derecha de la cancha con el propósito de evacuar el agua drenada a la red de alcantarillado.

Además del plano del sistema de drenaje se observa unas líneas punteadas en el mismo, este detalle denota el área de excavación para los trabajos de construcción. Con esta información se procederá a calcular el volumen de movimiento de tierras, y posteriormente analizar el tiempo estimado que tomará el proyecto. La caída en las tuberías es varia del 1% al 2% por la urgencia de evacuar el agua, ya que las ramificaciones transportaran una menor cantidad de agua que las tuberías de subdren que conectan las cajas de revisión entre sí. En cada caja de revisión se existe un numero negativo, este indica el nivel más bajo de la misma.

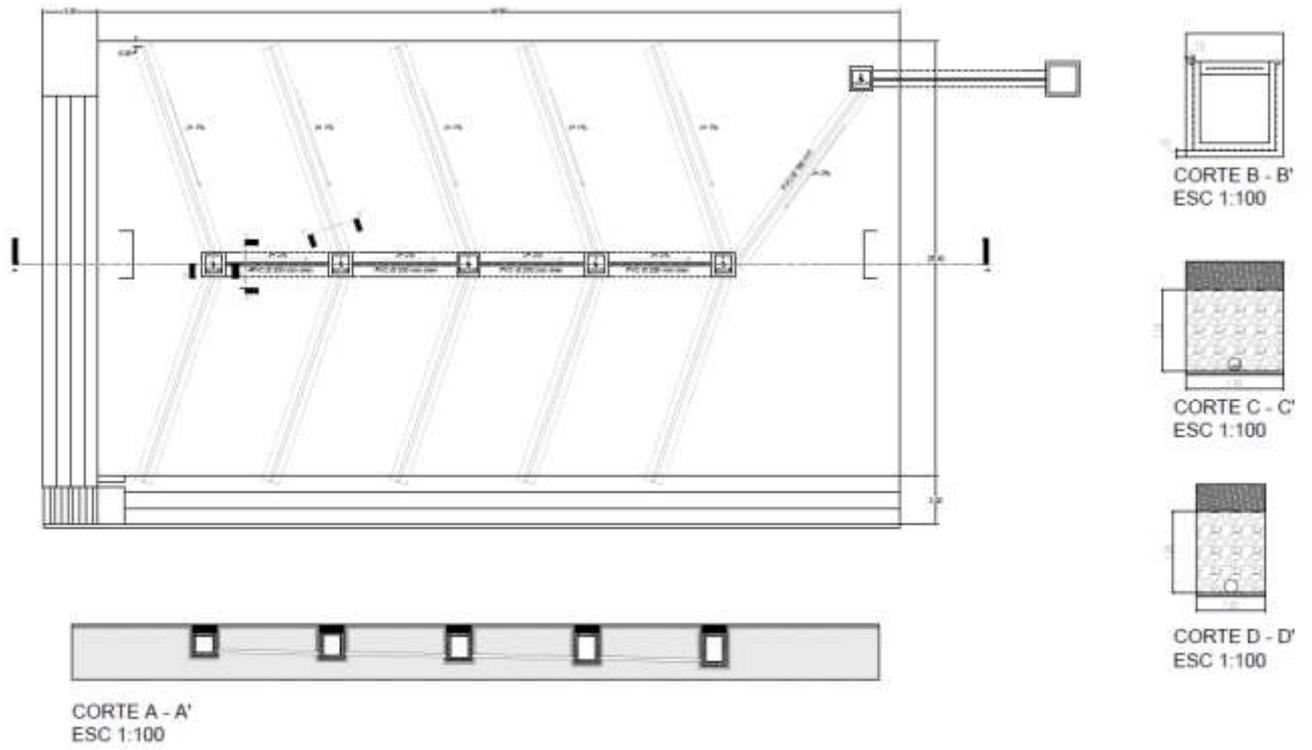


Fig. 10.- Plano del sistema de drenaje con detalles

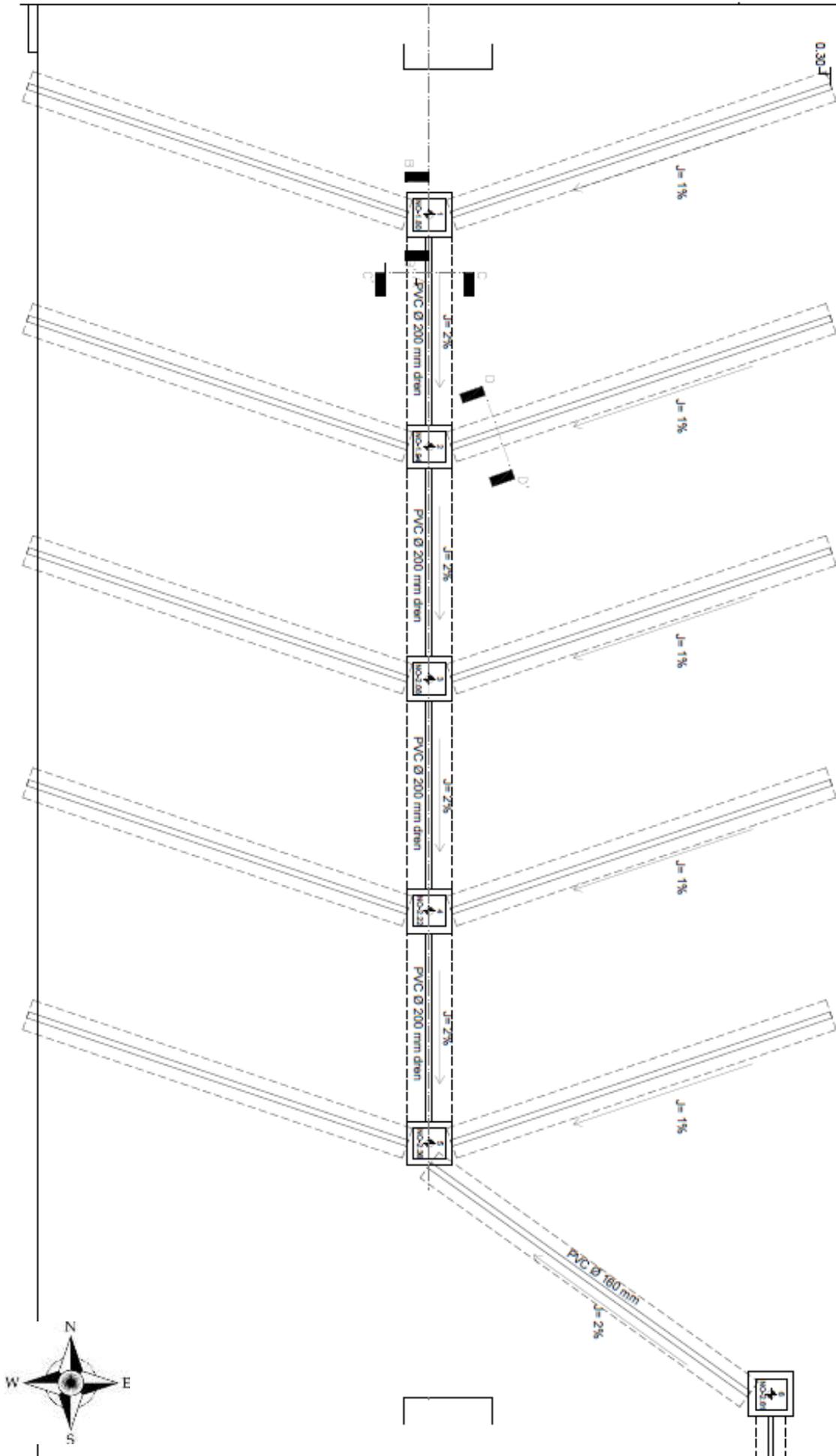


Fig. 11.- Plano del sistema de drenaje solo cancha

Cortes y detalle

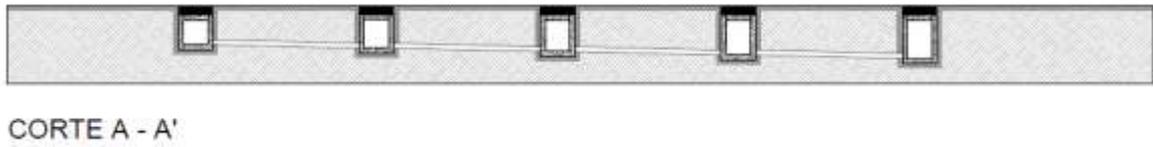


Fig. 12.- Corte A - A'

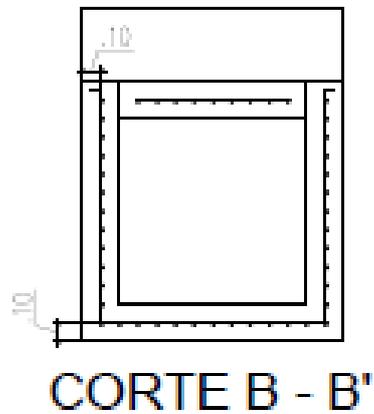


Fig. 13.- Corte B-B', armado de la caja de revisión. (unidades en metros)

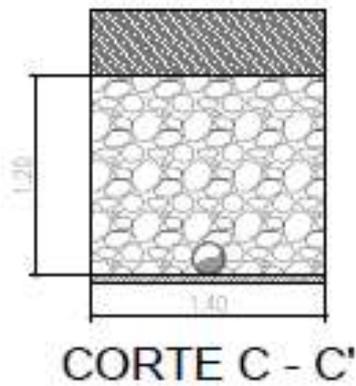


Fig. 14.- Corte C-C' (unidades en metros)

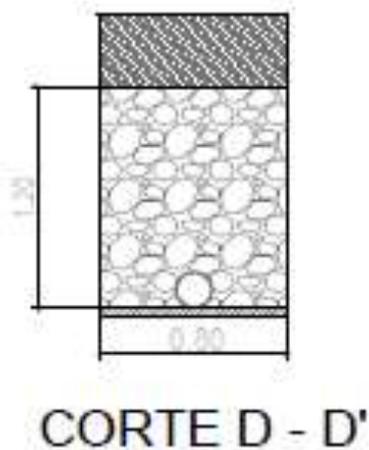


Fig. 15.- Corte D-D' (unidades en metros)

PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso de excavación debe empezar por el extremo Sur-Este de la cancha donde la misma es de mayor altura, colocando el material extraído a una distancia de 3 metros del borde de la excavación para evitar derrumbes en las fosas excavadas. La precisión en el trabajo de excavación es de vital importancia para mantener las pendientes apropiadas para las tuberías a instalar. Para asegurar una precisión alta se utilizará un teodolito electrónico o una estación total, el cual deberá ser operado por el residente de obra que obligatoriamente deberá estar familiarizado con su funcionamiento. Se debe anticipar el trabajo de excavación dependiendo de la caja de revisión alrededor de la cual se trabaja.

Para empezar, se debe realizar la excavación que conecta la caja de revisión en la esquina Sur de la cancha con la caja de revisión que se conecta con el sistema de alcantarillado. Adicionalmente se debe modificar las dimensiones de la caja de revisión que se encuentra actualmente en esa esquina. Dicha caja de revisión llega a una altura de -0.85 m., sin embargo, en el diseño se obtuvo que la base de esa caja de revisión se encuentra a -2.61 m. La conexión entre estas dos últimas cajas de revisión se lo hará con una tubería de 200mm sin orificios de drenaje. Se debe dejar un orificio en la caja de revisión cuyas dimensiones estamos modificando para que entre la otra tubería que conecta la caja de revisión 5 con la 6 previo a la fundición de la misma. Ahora se trabajará en la caja de revisión 5, para la cual se necesita la labor de excavación a los 3 extremos de la misma; dos a los costados y una para conectar la caja de revisión 5 con la 4. Otra vez se indica la suma importancia de la precisión al momento de excavar para dar la caída diseñada a las tuberías. Posteriormente a la excavación, se coloca una cama de gravilla de (tamaño nominal por verse), se ubica a los tubos de drenaje en posición y a seguir se arma el encofrado para la caja de revisión 5 (la tubería debe atravesar el encofrado sin tener alteraciones que afecten el desempeño de la misma). Finalmente, se coloca el armado de acero según el diseño y se funde el hormigón dentro del encofrado y se deja fraguar. Es

importante hidratar el hormigón los días después de la fundición para mejorar las características del mismo, así como su desempeño.

Luego de tener la caja de revisión lista se coloca la grava de máximo de 7.5cms una altura de 1 metro y se compacta el terreno por capas. La compactación del terreno también es primordial para mantener el mismo nivel a lo largo de toda el área de juego y brindar un servicio de acuerdo con las necesidades del proyecto. El proceso constructivo es el mismo para las cajas de revisión 4, 3, 2 y 1.

Calendario de actividades Tentativo

El calendario de actividades presentado a continuación es un cronograma tentativo de las actividades a realizarse diariamente durante un periodo de 5 semanas a realizarse en un solo mes, para reducir costos de mano de obra. Las estimaciones que se han realizado para un jornal fueron tomadas a partir de los rendimientos del Manual de costos de construcción de la CAMICON. En este cronograma se cuenta con 3 días extra para tomar en cuenta cualquier demora en entrega de material, condiciones ambientales o cualquier otro percance que pudiese ocurrir.

# Referencial	Actividad
1	Excavación
2	Armado Encofrado
3	Desarmado Encofrado
4	Armado refuerzo
5	Fundición Hormigón
6	Colocación Dren
7	Colocación Tubo
8	Relleno (tierra)
9	Compactación
10	Relleno (grava)

Tabla 6. Numero de Referencia y Actividad

SEMANA 1							
Actividad	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
SEMANA 2							
Actividad	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
SEMANA 3							
Actividad	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
SEMANA 4							
Actividad	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

SEMANA 5							
Actividad	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

El proyecto de seguir el calendario de actividades tentativo estaría concluido en 21 días laborables. Sin embargo, siempre pueden ocurrir demoras por factores externos e internos. Debido a las características climáticas del sector se recomienda realizar la obra en el mes de julio, donde la cantidad de lluvia es la mínima.

ANALISIS DE COSTOS

Costo actual de mantenimiento

Mantenimiento Cancha cesp�ed natural				
Re encespado total de la cancha (1 vez al año)	U	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Riego Mensual	MES	12	\$ 45,00	\$ 540,00
Corte de cesp�ed	MES	12	\$ 125,00	\$ 1.500,00
Fertilizaciones	MES	3	\$ 40,00	\$ 120,00
Arena Lavada	U	2	\$ 200,00	\$ 400,00
				\$ 7.560,00

Tabla 7.- *Información de costos de mantenimiento de la cancha de c esped natural*

La información obtenida fue solicitada en la Universidad San Francisco de Quito gracias a la ayuda de Antonio Solines, Coordinador de Proyectos. Para el efecto del proyecto únicamente se tomará en cuenta el costo de re-encespado (cuadro resaltado en rojo Tabla 3), ya que este rubro es el que se verá afectado con la realización del proyecto propuesto. Una inversión de 7560 USD anuales es un monto excesivo para el mantenimiento de una cancha de futbol de menos de 1200 metros cuadrados (1181 m² exactamente), sobre todo cuando existen soluciones efectivas que reducirían este costo considerablemente.

Volúmenes de excavación

Con la ayuda de los planos se debe calcular el volumen de tierra que deberá retirarse del terreno para poder realizar el sistema de drenaje propuesto. Para esto se debe tomar en cuenta que la excavación no est  realizada al mismo nivel, ya que se necesita una pendiente para que por la fuerza de gravedad se logre evacuar el exceso de agua de la cancha. El c culo de los volúmenes de excavación es de vital importancia, ya que ocupa un porcentaje importante de costos y de tiempo del proyecto. Por esta razón, se realizó un c culo a detalle de cada labor de excavación de forma manual. A continuación, se presentan los resultados.

CAJAS DE REVISION			
Caja de Rev.	A (M2)	h (M)	Vol (M3)
1	1,96	1,4	2,744
2	1,96	1,54	3,0184
3	1,96	1,68	3,2928
4	1,96	1,82	3,5672
5	1,96	1,96	3,8416
6	1,96	2,21	4,3316
Σ			20,7956

Tabla 8. Volumen de excavación para las cajas de revisión

TUBERIA CENTRAL							
Dren 2%	A = (M2)	Hipotenusa	Ancho	V1 (M3)	A dif (M2)	V2 (M3)	V dren (M3)
1	0,42	6,00163311	1,4	0,588	8,4	11,76	12,348
2	0,42	6,00163311	1,4	0,588	9,24	12,936	13,524
3	0,42	6,00163311	1,4	0,588	10,08	14,112	14,7
4	0,42	6,00163311	1,4	0,588	10,92	15,288	15,876
5	0,42	14,0007	1,4	0,588	11,76	16,464	17,052
Σ							73,5

Tabla 9. Volumen de excavación para la tubería central

TUBERIA RAMIFICACIONES								
Ramificacion	h	A = (M2)	Ancho	V1	A dif (M2)	V2 (M3)	V1 dren (M3)	Vt (M3)
1	1,08	0,72	0,8	0,576	13,5	10,8	11,376	22,752
2	1,22	0,72	0,8	0,576	15,25	12,2	12,776	25,552
3	1,36	0,72	0,8	0,576	17	13,6	14,176	28,352
4	1,5	0,72	0,8	0,576	18,75	15	15,576	31,152
5	1,64	0,72	0,8	0,576	20,5	16,4	16,976	33,952
Σ								141,76

Tabla 10. Volumen de excavación para las tuberías de las ramificaciones

$$\text{Volumen Total de Excavación} = 251.06 \text{ [M3]}$$

Al volumen total se le añadió 15 metros cúbicos para excavar la conexión entre la última caja de revisión y el desfogue de toda la universidad. A partir de estos datos y con el rendimiento promedio para excavación de zanjas de 0- 2.75m del manual de costos de la construcción de la CAMICON que es de 1.231 m³/h, se obtuvo que únicamente para la excavación el trabajo tomaría 8.5 días aproximadamente. Esto trabajando solamente con un albañil y un peón.

Materiales

Dentro de los materiales para la realización del proyecto tenemos los siguiente:

Materiales	unidades	cantidad	PU	Costo
Pala	U	2	\$ -	\$ -
Tubos Dren. 200mm	M	175	\$ 8,26	\$ 1.445,50
Tubos 160mm	M	24	\$ 1,61	\$ 38,68
Anillo de caucho	U	2	\$ 3,31	\$ 6,62
Malla electrosoldada	M2	35	\$ 3,97	\$ 138,95
Horm. 180	M3	11	\$ 72,03	\$ 792,33
Gravilla Sub III	M3	233	\$ 13,50	\$ 3.145,50
Encofrado Muro 1 cara	M2	35	\$ 2,30	\$ 80,50
Teodolito electrónico	U	1	\$ -	\$ -
				\$ 5.648,08

Tabla 11.- Información de costos de materiales (Fuente: CAMICON, 2016)

Los costos que no han sido tomados en cuenta, como la pala y el teodolito electrónico, la universidad los puede proveer sin ningún costo extra.

Mano de obra

Para el desarrollo de esta obra hará falta: un residente de obra, un albañil y un peón.

MO	Salario
Residente de obra	\$ 1.000,00
Albañil	\$ 520,00
Peon	\$ 500,00
	\$ 2.020,00

Tabla 12.- Información de costos de mano de obra (Fuente: CAMICON, 2016)

Análisis Costo Beneficio

Tomando en cuenta todos los rubros el proyecto requiere de una inversión inicial de 7668.08 USD. Sin embargo, los costos de mano de obra pueden ser eliminados, ya que la universidad puede disponer de los trabajadores de mantenimiento o planta física para que ocupen el rol de albañil y peón. Así mismo, el residente de obra puede ser sustituido por un estudiante de ingeniería civil, o un grupo de estudiantes, que se encuentre cursando sus últimos años de la carrera. Suprimiendo este rubro de mano de obra, la inversión en el proyecto se reduce a 5648.08 USD. A continuación, se presentan los costos de mantenimiento de la cancha con 25 años y 50 años de vida útil.

COSTOS DURANTE 25 AÑOS IMPLEMENTANDO EL PROYECTO								
	Año 1	Año 2	Año 3	...	Año 23	Año 24	Año 25	
Inversion	\$ 5.648,08	\$ 500,00	\$ 500,00	...	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 17.648,08
Mantenimiento	\$ 7.560,00	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	...	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	\$ 69.000,00
Σ	\$ 13.208,08	\$ 16.268,08	\$ 19.328,08					\$ 86.648,08

Tabla 13.- Costos de mantenimiento durante 25 años implementando el proyecto

COSTOS DURANTE 25 AÑOS SIN IMPLEMENTAR EL PROYECTO								
	Año 1	Año 2	Año 3	...	Año 23	Año 24	Año 25	
Inversion	\$ -	\$ -	\$ -	...	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	...	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 189.000,00
Σ	\$ 7.560,00	\$ 15.120,00	\$ 22.680,00					\$ 189.000,00

Tabla 14.- Costos de mantenimiento durante 25 años sin implementar el proyecto

COSTOS DURANTE 50 AÑOS IMPLEMENTANDO EL PROYECTO								
	Año 1	Año 2	Año 3	...	Año 48	Año 49	Año 50	
Inversion	\$ 5.648,08	\$ 500,00	\$ 500,00	...	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 30.148,08
Mantenimiento	\$ 7.560,00	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	...	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	\$ 2.560,00	\$ 133.000,00
Σ	\$ 13.208,08	\$ 16.268,08	\$ 19.328,08					\$ 163.148,08

Tabla 15.- Costos de mantenimiento durante 50 años implementando el proyecto

COSTOS DURANTE 50 AÑOS SIN IMPLEMENTAR EL PROYECTO								
	Año 1	Año 2	Año 3	...	Año 48	Año 49	Año 50	
Inversion	\$ -	\$ -	\$ -	...	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	...	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 7.560,00	\$ 378.000,00
Σ	\$ 7.560,00	\$ 15.120,00	\$ 22.680,00					\$ 378.000,00

Tabla 12.- Costos de mantenimiento durante 50 años sin implementar el proyecto

Comparando los resultados de la tabla 9 y 10 se observa que la inversión no solo se recupera, sino que deja un margen de ganancia de 1.148,08 USD para el segundo año. Este margen solo sigue acumulándose, y para el año 25 el beneficio económico de la universidad habrá alcanzado los 102.351,92 USD.

En el caso de analizar la vida útil del proyecto como 50 años, como lo especifica la ficha técnica de las tuberías, comparamos la tabla 11 y 12. De la misma manera para el segundo año ya esta recuperada con el mismo margen antes mencionado. Por otro lado, para el año 50 la universidad habrá ahorrado una suma de 214.851.92 USD. Para obtener la tasa de costo beneficio solo se divide el costo de mantenimiento sin el sistema de drenaje durante los 25 o 50, para el costo de mantenimiento de la cancha con el sistema de drenaje durante los 25 o 50 respectivamente.

$$T_{C/B} = \frac{189.000,00}{86.648,08}$$

$$T_{C/B} = 2.18$$

Al ser mayor que 1 la tasa de costo beneficio el proyecto es económicamente rentable. De hecho, al comparar los costos de mantenimiento realizando el sistema de drenaje contra los costos sin implementarlo para el segundo año la universidad ya tiene un margen de ganancia.

CONCLUSIONES

El proyecto de drenaje para la cancha de césped natural de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) en el campus de Cumbayá tiene una viabilidad económica favorable. Como se detalló en el análisis costo beneficio, la universidad ya tendrá un margen de ganancia al segundo año; y al tomar en cuenta el ahorro de dinero durante la vida útil del proyecto, este margen crece exponencialmente hasta llegar a los cientos de miles de dólares. Este dinero puede ser reinvertido en la universidad, en adecuaciones físicas al campus o para ofrecer más becas a los estudiantes.

Para realizar un proyecto de drenaje subterráneo existe un orden que se debe seguir. Para empezar, se debe saber dónde se va a realizar el proyecto, ya que las características climáticas de la zona son cruciales para empezar el diseño. La información meteorológica e hidrológica fue obtenida INAMHI, y analizando la mismas junto con los datos del terreno se obtuvo el caudal máximo de lluvia que el terreno recibe. A partir de este dato, se escogió la tubería de drenaje acorde a las necesidades, tomando en cuenta las opciones del mercado. Como en cualquier proyecto de construcción debemos limitarnos a emplear los materiales que hay a disposición en el mercado, lo cual facilito un poco el trabajo. También se debe tomar en cuenta la cantidad de material comercializado al comprador para reducir al máximo posible los deshechos. En este caso particular los rollos de tubos de subdren de 200mm. se venden de 25 metros, por esta razón se optó que los ramales del sistema de drenaje fuesen de 12.5 metros es decir la mitad de un rollo para simplificar el trabajo en la construcción al mismo tiempo que se reduce deshechos.

Implementando el sistema de drenaje propuesto se tendrá una apropiada evacuación del exceso de agua de la cancha, manteniéndola en buen estado durante todo el año. Esto se traduce en mejores encuentros deportivos y menor riesgo de lesión de los deportistas por culpa del campo de juego. Los planos entregados junto con el trabajo de titulación muestran con detalle

las áreas de excavación a realizarse, al igual que los cortes necesarios para la correcta interpretación de los planos. Es de vital importancia una clara explicación de los planos para que no se presenten inconvenientes al momento de realizar el proceso constructivo del sistema de drenaje propuesto.

Al momento de escoger el diámetro de las tuberías se debe tomar en cuenta lo impredecible del clima, por esta razón se escogió dimensiones de diámetro con un factor de seguridad. En este caso es preferible sobredimensionar un poco las tuberías en lugar de cambiar todo el sistema después de la construcción del proyecto porque las tuberías utilizadas no permiten un drenaje apropiado.

Factor de Seguridad:

$$f = \text{Diámetro Escogido} / \text{Diámetro Necesario o } Q_c / Q_p$$

$$f = 200 \text{ [mm]} / 148.55 \text{ [mm]}$$

$$f = 1.34637$$

La propuesta del proceso constructivo no fue de ninguna manera aleatoria. Para que el sistema de drenaje funcione debe tener un punto de desfogue, y todo el exceso de agua evacuada por el sistema es dirigida hacia la caja de revisión de la universidad que se conecta con el sistema de alcantarillado. Por esta razón, el primer paso en el sistema constructivo es modificar las dimensiones de la caja de revisión en la esquina Sur- Este de la cancha de acuerdo a lo que pide el diseño, y conectarla con la caja de revisión conectada al sistema de alcantarillado. Posteriormente, se procede a realizar las labores de excavación y construcción de las subsiguientes cajas de revisión; esto en el orden especificado para que a medida que el proceso constructivo avance el sistema de drenaje pueda entrar en funcionamiento sin perjudicar el resto de la implementación del sistema de drenaje.

El trabajo de titulación realizado logro relacionar varias de las asignaturas cursadas a lo largo de la carrera de ingeniería civil, y al mismo tiempo que dio una solución efectiva a un

problema recurrente. Manejar los recursos a disposición de manera apropiada permiten el ahorro de dinero en la elaboración de un proyecto, lo que se traduce en mayor ganancia para los interesados en la realización del proyecto. Es sumamente importante organizar paso a paso el orden de las acciones, y su repercusión con el resto del proyecto. De esta manera, se puede trabajar de forma ordenada, concisa y sin dejar que nada se pase por alto.

Recomendaciones

Para empezar, durante el proceso constructivo se debe señalar claramente los puntos de referencia para las excavaciones, sobre todo para las cajas de revisión. Esto ya que al momento de realizar el mantenimiento o algún trabajo sobre las cajas de revisión se debe excavar 40 centímetros de tierra, e intentar encontrar los sitios exactos donde se encuentran las mismas lleva a un gasto de recursos innecesario. Se debería hacer un estudio más profundo sobre la cantidad de encuentros que toman lugar en la cancha de césped natural, y su relación con el daño del terreno de juego. De esta manera, se podría limitar el número de encuentros deportivos disputados para mantener las condiciones óptimas de la cancha durante periodos más grandes de tiempo.

Contratar personal calificado para la obra, sobre para la excavación. Como se mencionó previamente la exactitud en las labores de excavación es primordial para el proyecto, ya que el agua es evacuada gracias a la fuerza de gravedad provocada por las pendientes. Por esta razón, el operador del teodolito electrónico o estación total debe ser experimentado y trabajar con exactitud, al igual que su asistente.

Se puede realizar otra propuesta de un sistema de drenaje, una que sea más económica o fácil de implementar. El trabajo de titulación contiene únicamente una propuesta para el sistema de drenaje, la cual teóricamente funciona perfectamente. Sin embargo, varias otras propuestas pueden realizarse y compararse para seleccionar la mejor.

REFERENCIAS

- Arias, A. (1994). *Programa de especialización en ingeniería de regadío*. Instituto de Postgrado en vías e ingeniería civil. Popayán. Universidad del Cauca.
- Braja, D. (2015). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. Madrid. Thomson
- Coduto, D. (1999). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. New Jersey. Prentice Hall.
- Geyik, M. (1986). *FAO Watershed Management Field Manual*. Roma. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Grassi, C. (1991). *Drenaje de Tierras Agrícolas*. Mérida. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT).
- Luthin, J. (1972). *Drenaje de Tierras Agrícolas, Teoría y Aplicaciones*. México. LIMUSA.
- Merkel, A. (2018). *Climate Data*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/30124/>
- Moncayo, R., Cifuentes, D., Abad, E., y Parrales J. (2016). *Manual de costos de construcción*. Quito. Cámara de la Industria de la Construcción.
- Saldarriaga, J. (2016). *Hidráulica de tuberías*. Bogota. Alfaomega.
- Soriano, A., Pancorbo J. (2014). *Suministro Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria*. Mexico D.F. Alfaomega.
- Stuyt, L., Dierickx, W., y Martinez, J. (2009). *Materiales para sistemas de drenaje subterráneo*. Roma. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Terzaghi, K. y Peck R. (1980). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería práctica*. San Diego. El Ateneo.

ANEXOS



Anexo 1.- *Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo 2017*



Anexo 2.- *Fotografía de daño a la cancha 9 de mayo 2017*



Anexo 3.- *Fotografía de daño a la cancha 19 de septiembre 2017*



Anexo 4.- *Fotografía de daño a la cancha 19 de septiembre 2017*



Anexo 5.- *Fotografía de daño a la cancha 25 de septiembre 2017*



Anexo 6.- *Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017*



Anexo 7.- *Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017*



Anexo 8.- *Fotografía de daño a la cancha y sistema de riego 26 de septiembre 2017*



Anexo 9.- *Fotografía de juego bajo la precipitación a la cancha 28 de septiembre 2017*



Anexo 10.- *Fotografía de precipitación en la cancha 28 de septiembre 2017*



Anexo 11.- *Fotografía de daño a la cancha 16 de noviembre 2017*



Anexo 12.- *Fotografía de daño a la cancha 16 de noviembre 2017*



Anexo 13.- *Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017*



Anexo 14.- *Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017*



Anexo 15.- *Fotografía de daño a la cancha 28 de noviembre 2017*



Anexo 16.- *Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017*



Anexo 17.- *Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017*



Anexo 18.- *Fotografía de daño a la cancha 7 de diciembre 2017*



Anexo 19.- *Fotografía cancha 22 de febrero 2018*



Anexo 20.- Fotografía cancha 22 de febrero 2018, agua empozada en gradas por precipitaciones continuas

Tipología de suelos (SUCS)			
SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobrementemente graduadas
GM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobrementemente graduadas
SM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
MH		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
OH		Alta plasticidad (LL > 50)	
PT	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Anexo 21.- Tipología de suelos SUCS (Fuente: Reyes, 2018)

Tipo de suelo	Valor probable (%) OCH Ensayo Proctor Modificado
Arena	6 - 10
Mezcla de arena y limo	8 - 12
Limo	11 - 15
Arcilla	13 - 21

Anexo 22.- Rango aproximado de OCH vs. Tipo de suelo (Fuente: Terzaghi y Peck, 1980)

Tipo de suelo	Conductividad hidráulica cm/s
Grava limpia	1 a 100
Arena y grava mezclada	10^{-2} a 10
Arena gruesa limpia	10^{-2} a 1
Arena fina	10^{-2} a 10^{-1}
Arena limosa	10^{-3} a 10^{-2}
Arena arcillosa	10^{-4} a 10^{-2}
Limo	10^{-8} a 10^{-2}
Arcilla	10^{-10} a 10^{-6}

Anexo 23.- Valores típico de la conductividad hidráulica (Fuente: Coduto, 1999)

VENTAJAS

Fácil y Rápida de Instalar:

- Peso liviano, fácil de transportar.
- Tuberías en rollos de 100, 50 ó 25 m.
- Un rollo de 100 m puede ser cargado por una persona sin esfuerzo alguno.

Durabilidad y Economía:

La manguera para drenaje Plastigama, extruida con la mejor resina de PVC no se corroe y es resistente a los agroquímicos más comunes.

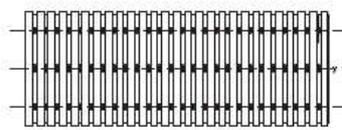
Sismo-Resistentes:

Por su alta flexibilidad tienen un excelente comportamiento en zonas altamente sísmicas.

Vida Útil Mayor a 50 Años:

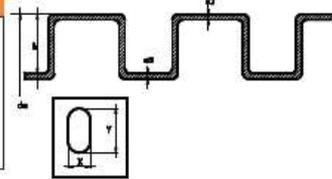
Fabricadas con resinas químicamente resistentes a la acción agresiva de los suelos y aguas.

DETALLES DEL TUBO PARA EL SUBDREN

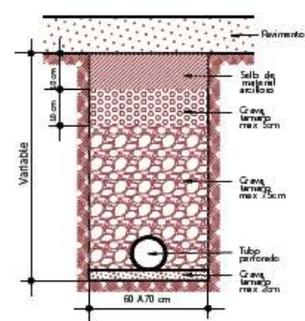


NOMENCLATURA:

- DNE = Diámetro nominal del tubo
- de = Diámetro exterior del tubo
- LT = Longitud del rollo
- h = Altura de cresta
- e2 = Espesor en cresta
- e3 = Espesor en el valle
- X = Ancho de orificio de drenaje
- Y = Rollo de orificio de drenaje
- n = Número de orificios de drenaje por valle



DISPOSICIÓN GENERAL DE RELLENO



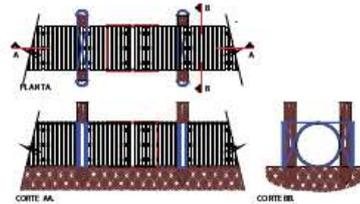
DIÁMETROS			ESPEORES				DIMENSIONES ESTRUCTURALES						NÚMEROS DE ORIFICIOS POR VALLE	ÁREA DRENANTE AD	
DNE	de		e2		e3		LT	h		X		Y			
(mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	(m)	Min. (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	n	mm ² /m
110	109,40	110,40	0,50	0,70	0,60	0,85	100	3,55	1,30	1,70	5,50	6,50	8,00	6946	
160	159,10	160,50	0,55	0,80	0,65	0,90	50	4,78	1,70	2,30	5,50	7,50	8,00	5402	
200	198,80	200,60	0,60	0,85	0,70	0,95	25	6,32	2,00	3,00	5,50	8,50	8,00	3858	

UNIONES

La unión entre tuberías corrugadas de PVC rígido debe realizarse por medio de la unión de PVC rígido E/C para desagüe normal.

Los extremos a unir deben quedar seguros mediante estacas ancladas al terreno y cuerdas de nylon sujetas a estas, antes de continuar la instalación.

La hermeticidad en la junta no es requerida en los sistemas de drenaje.



Rev.: 2017 - 11 - 21

MEXICHEM ECUADOR S.A.
 Durán: Km. 4.5 Vía Durán - Tambo
 PBX: 3716900 • Fax: 2808048
 Quito: Av. Siena 2-14 y Miguel Ángel,
 Sector La Primavera - Cumbayá Telf.: 39 344 20
www.plastigama.com



Anexo 24.- Ficha técnica línea drenaje Plastigama (Fuente: Plastigama)