

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO
MUNICIPAL DE TARICÁ PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE
LOS EXCESOS DE AGUA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

Bach. ZARZOSA BEAS, Frank Antony

Asesor:

Mag. COTOS VERA, Javier Alberto

Huaraz, Perú

2022



DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado por el buen camino de la sabiduría y el bien.

A mis padres Francisco y Claudia por el apoyo y la confianza que me han brindado.

A mis hermanos Jesús, Emil y Cinthia por sus consejos y orientación.

A mis abuelos Lina y Silos por su cariño y sabiduría.

A mis sobrinos Lian y Adriano.

A mis familiares y amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo por el prestigio educativo.

A los docentes de la facultad de Ciencias Agrarias por los conocimientos brindados.

A mi asesor Ing. Javier Cotos Vera por el apoyo y orientación en el desarrollo de mi tesis.

A los miembros del Jurado revisor, que con su apoyo hicieron posible la culminación de mi investigación de tesis, contribuyendo a mi formación profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Justificación	2
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.2. Marco teórico.....	7
2.2.1. El sistema de drenaje.....	7
2.2.2. Diseño del sistema de drenaje	7
2.2.3. Metodologías del diseño de drenes	8
2.2.4. El drenaje interno o subterráneo.....	8
2.2.5. El dimensionamiento de drenajes.....	9

2.2.6.	Sistemas de drenajes para campos deportivos	12
2.2.7.	Los drenes filtrantes o franceses	13
2.2.8.	Espaciamiento de drenes	13
2.2.9.	Análisis hidrológico	16
2.2.10.	Análisis Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F)	16
2.3.	Definición de terminos.....	17
2.4.	Variables	17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1.	Materiales.....	18
3.2.	Métodos	18
3.2.1.	Tipo de investigación	18
3.2.2.	Diseño de investigación	18
3.2.3.	Población o Universo	19
3.2.4.	Unidad de Análisis y Muestra	20
3.2.5.	Hipótesis.....	20
3.3.	Descripción del área de estudio	20
3.4.	Procedimiento de la investigación	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
V.	CONCLUSIONES	43
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	REFERENCIAS	45
VIII.	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precipitación máxima en 24 horas – Estación meteorológica Yungay	23
Tabla 2. Prueba de Kolmogórov-Smirnov	24
Tabla 3. Precipitación de diseño (mm).....	25
Tabla 4. Intensidad de diseño (mm/h)	25
Tabla 5. Precipitación máxima en 24 horas – Estación meteorológica Santiago Antúnez de Mayolo.....	27
Tabla 6. Prueba de Kolmogórov-Smimov	28
Tabla 7. Precipitación de diseño (mm).....	28
Tabla 8. Intensidad de diseño (mm/h)	29
Tabla 9. Proceso de interpolación	30
Tabla 10. Coeficiente hidráulico	31
Tabla 11. Porosidad drenable	32
Tabla 12. Análisis textural.....	32
Tabla 13. Cálculo de estrato equivalente.....	34
Tabla 14. Ecuación de Glover-Dumm.....	34
Tabla 15. Método de la ecuación de Hooghoudt.....	35
Tabla 16. Longitud entre drenes.....	35
Tabla 17. Comparación de los dos métodos.....	36
Tabla 18. Propiedades físicas e hidráulicas del nuevo suelo.....	37
Tabla 19. Proceso de interpolación.....	37
Tabla 20. Caudales por tubería primaria	38
Tabla 21. Caudales por tubería secundaria.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de la ecuación de Glover-Dumm.....	15
Figura 2. Gráfico I - D - F - YUNGAY.....	26
Figura 3. Gráfico I - D - F - MAYOLO.....	29
Figura 4. Bloques de tierra arcillosa compactados a una profundidad de 40 cm	33
Figura 5. Esquema de distribución de tuberías del sistema de drenaje	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Conductividad hidráulica (k)	13
Ecuación 2. Ecuación de Van Beers, porosidad drenable	14
Ecuación 3. Perímetro mojado.....	14
Ecuación 4. Estrato equivalente.....	14
Ecuación 5. Ecuación de Glover-Dumm	15
Ecuación 6. Longitud de drenes	16
Ecuación 7. Proceso de interpolación.....	30
Ecuación 8. Volumen de escorrentía en el área de la cancha	38
Ecuación 9. Caudal de precipitación en el área de la cancha	38
Ecuación 10. Ecuación de Manning	40
Ecuación 11. Volumen de escorrentía en el área de los drenes	40
Ecuación 12. Caudal de precipitación en el área de los drenes	40

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el estadio municipal de fútbol de Taricá, que debido a las fuertes precipitaciones pluviales y al no contar con un sistema de drenaje, la superficie de cobertura del campo deportivo se encuentra en malas condiciones, por ende, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general el dimensionamiento del sistema de drenaje del estadio municipal de Taricá para garantizar la evacuación de los excesos de agua. El tipo de investigación es cualitativa, descriptiva propositiva y de diseño no experimental; con los datos de precipitación solicitados al SENAMHI de las estaciones meteorológicas Santiago Antúnez de Mayolo y Yungay se elaboraron gráficos I-D-F para obtener la precipitación de diseño para un periodo de retorno 5 años y una duración de 20 minutos, por medio de interpolación obtuvimos una precipitación de diseño de 37.95 mm/h para el distrito de Taricá; como aspectos hidrogeológicos registró una conductividad hidráulica promedio de $K: 1.44 \text{ m/d}$, una porosidad drenable promedio de 10.94 %, perímetro mojado de 0.3142 m y otras características como en 75 % de las muestras suelo tiene grava, arcilla y limo, no muy permeable, que luego de aplicar la ecuación de Glover-Dumm y de Hooghoudt para obtener el distanciamiento entre drenes nos dieron resultados no aplicables para este tipo de trabajos, por lo que se propuso reemplazar la capa superficial del suelo con material seleccionado con una conductividad hidráulica $K=6 \text{ m/d}$; con este dato se procedió a calcular el distanciamiento entre drenes, resultando un espaciado de $L=5 \text{ m}$. Se concluye que el dimensionamiento del sistema de drenajes en el Estadio municipal Taricá es un sistema basado en un diseño de drenaje simple con tuberías primarias de diámetro de 200 mm para todo el caudal de la cancha y 110 mm de diámetro para las tuberías secundarias.

Palabras clave: sistema de drenaje, drenaje deportivo, dimensionamiento de drenajes.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the municipal soccer stadium of Taricá, which due to heavy rainfall and not having a drainage system, the coverage area of the sports field is in poor condition, therefore, the general objective of this research work was the dimensioning of the drainage system of the Taricá municipal stadium to guarantee the evacuation of excess water. The type of qualitative, descriptive, propositional and non-experimental design research; With the precipitation data obtained from the SENAMHI of the Santiago Antúnez de Mayolo and Yungay meteorological stations, I-D-F graphs were elaborated to obtain the design precipitation for a return period of 5 years and a duration of 20 minutes, through interpolation we obtained a precipitation of design of 37.95 mm/h for the district of Taricá; As hydrogeological aspects, it recorded an average hydraulic conductivity of $K: 1.44 \text{ m/d}$, an average drainable porosity of 10.94%, wet perimeter of 0.3142 m and other characteristics such as 75% of the soil samples have gravel, clay and silt, not very permeable, After applying the Glover-Dumm and Hooghoudt equations to obtain the distance between drains, they gave us results that were not applicable for this type of work, so it was proposed to replace the surface layer of the soil with selected material with a hydraulic conductivity $K = 6 \text{ m/d}$; With this data, the distance between drains was calculated, resulting in a spacing of $L=5 \text{ m}$. It is concluded that the dimensioning of the drainage system in the Taricá municipal Stadium is a system based on a simple drainage design with primary pipes with a diameter of 200 mm for the entire flow of the field and 110 mm in diameter for the secondary pipes.

Keywords: drainage system, sports drainage, drainage dimensioning.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad muchos de los estadios se encuentran en pésimas condiciones, en cuanto a las instalaciones de drenajes, esto hace que afecte el gramado del área de juego, es por eso que Fernandez (2014), menciona que muchos de los diseños son deficientes, desde los estudios preliminares, fachada, sistema de cobertura y sistemas de drenaje. Además, en los estadios donde se presentan grandes heladas y nevadas en el invierno como es el caso de Allinaz Arena se puede incorporar un sistema de calefacción del césped, bajo este contacto, existen tres casos de calefacción, la calefacción por aire caliente que son tubos que se colocan por debajo del sistema de drenaje, la calefacción por agua caliente y la calefacción eléctrica.

Otro de los problemas que suelen presentar los estadios está relacionado a la situación actual que presenta el estadio de Julián Javier, República Dominicana, donde la gerencia ha tomado como prioridad mejorar el sistema de drenaje y evacuación de aguas pluviales del terreno de juego, que en fechas anteriores se presentaron fuertes precipitaciones y esto generó algunas suspensiones en los juegos. Se está cambiando todo el sistema de drenaje para una mejor evacuación de las aguas pluviales, desde la incorporación de materiales de infiltración y limpieza de las canaletas de flujo en el área verde, hasta la colocación de un nuevo colector de 12 pulgadas para mejorar la evacuación de las aguas provenientes del terreno (Arias, 2017). Tal como lo ocurrido en la cancha de futbol del estadio municipal del Cantón “Santa Lucia”, Ecuador, el cual es uno de los escenarios deportivos de mayor importancia ya que en éste se ejecutan encuentros de f en sus diferentes categorías. El mal estado físico de la cancha afecta a clubes nacionales que realizan sus actividades deportivas en dicho escenario; ya que estos, deben adaptarse al pésimo estado del terreno de juego, a la ausencia de grama y a la suspensión de partidos durante precipitaciones, debido a problemas de drenaje (Lingling & Haiyang, 2021).

El Perú no es ajeno a dicha problemática, ya que presenta sistemas de drenajes en condiciones vulnerables en varios escenarios deportivos, especialmente en las zonas altoandinas, donde se han ido perjudicando el desarrollo de las actividades deportivas programadas. Tal es el caso del estadio municipal de Taricá de la provincia de Huaraz, donde

existe la falta de un sistema de drenaje pluvial, lo que trae como consecuencia daños en el área de juego e incluso en algunas ocasiones suspensiones de encuentros deportivos, debido al exceso de agua provocada por las altas precipitaciones pluviales. Por ende, es de relevante necesidad abordar esta investigación e ir en busca de una solución eficiente para prevenir estos daños.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el dimensionamiento del sistema de drenaje del Estadio municipal de Taricá para garantizar la evacuación de los excesos de agua.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis de las precipitaciones registradas en los últimos 10 años del distrito de Taricá
- Realizar un análisis de los aspectos hidrogeológicos del Estadio municipal de Taricá.
- Determinar el régimen de flujo para un óptimo dimensionamiento del sistema de drenaje del Estadio municipal de Taricá.

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica de manera teórica ya que pretende contribuir al conocimiento existente sobre la optimización del espaciamiento para el dimensionamiento del sistema de drenaje del Estadio municipal de Taricá, Huaraz, donde se evaluarán diferentes criterios o características tanto climáticas como físicas, sus resultados permitirán conocer qué tipo de régimen se debe de utilizar para la construcción de sistemas de drenajes pluviales que ayudará a transportar el agua ocasionada por las precipitaciones. De manera metodológica, ya que se usa una metodología basada en una guía de análisis documental, la cual permitió conocer la realidad de los aspectos climáticos, propiedades del suelo y aspectos hidrogeológicos de la zona de estudio. De manera social, ya que asumirá un impacto positivo en el Estadio municipal de Taricá, donde se impulsará la búsqueda de nuevas técnicas o

métodos que permitan mejorar la movilización de las aguas de precipitación ocasionada por las precipitaciones pluviales, sirviendo de guía para futuras construcciones de sistemas de drenajes, donde los principales beneficiarios sean la población en general de Taricá ya que, al contar con este sistema de drenaje pluvial, el estadio no presentará daños ocasionadas por el exceso de precipitación. Se aborda esta temática porque está relacionada con el área y línea de la carrera profesional, donde se busca encontrar una solución al problema planteado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Dentro de los antecedentes internacionales tenemos a Criollo (2021) en su investigación “Diseño del sistema de riego por aspersión y sistema de drenaje de la cancha principal de la Liga Parroquial Zámbez, cantón Quito, provincia de Pichincha” tuvo como objetivo principal realizar un diseño del sistema de riego por aspersión y sistema de drenaje de la cancha principal. La investigación es de tipo documental, con un diseño no experimental, enfoque cuantitativo y de método de análisis inductivo-deductivo, en la que obtuvo como resultados el diseño en dos etapas, al primera etapa se diseñó el sistema de riego por aspersión que abarcará un área de 0,67 ha que cuenta con una distribución triangular de 22 aspersores emergentes, con espacio entre laterales y aspersores de 20m x 20m, con un motor eléctrico que no debe sobrepasar los 2,94 kW y en la segunda etapa se propuso un sistema de drenaje subterráneo diseñado en tipo rejilla o paralelo que contará con 38 drenes laterales y con una distancia de 5 m entre laterales y un dren colector principal. Finalmente concluye que el proyecto brindará beneficio a 1900 personas con una vida útil de 15 años.

Villagómez y Castellanos (2020) en su trabajo de investigación “Diseño del sistema de drenaje de la cancha de fútbol de la Comuna Central Tumbaco” tuvo como principal objetivo realizar un diseño del sistema de drenaje de la cancha de fútbol. La investigación es del tipo aplicada, diseño no experimental en la que obtuvo como resultados que para la línea principal se debe utilizar tuberías de 200 mm de diámetro y con una pendiente del 2%, con un espaciamiento de drenes de 5,07 m y para las líneas secundarias se debe utilizar tuberías de

110 mm con una pendiente del 1%, teniendo como costo \$24,163.20 USD. Finalmente concluye que un sistema de drenaje eficaz permite la realización de actividades deportivas sin inconveniente alguno.

García (2018) en su trabajo de investigación “Viabilidad económica del diseño e implementación del sistema de drenaje para la cancha de césped natural de la USFQ” tuvo como principal objetivo desarrollar un análisis de la viabilidad económica del proyecto de drenaje. La investigación es del tipo aplicada, diseño no experimental, en la que obtuvo como resultados que se requiere una inversión de 7560 USD anuales que para el segundo año presenta un margen de ganancia de 1.148,08 USD y para el año 25 presenta un margen de 102351,92 USD. Finalmente concluye que el proyecto de drenaje para la cancha de césped natural en el campus Cumbayá presenta una viabilidad económica favorable.

García et al. (2017), en su investigación titulado “Diseño de un sistema de drenaje mixto para suelos dedicados al cultivo de caña de azúcar” (Artículo Científico). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Cuyo objetivo fue Abatir los niveles freáticos en los cultivos de caña de azúcar, ubicados en la suerte 52 de la hacienda la cabaña en el municipio de Puerto Tejada, Cauca. Se empleó una investigación descriptiva con un diseño no experimental, donde se analizó la topografía de la zona, composición del suelo, flujo de aguas, elementos de drenaje, datos de precipitación histórica de como mínimo 10 años. Como resultados se obtuvo una precipitación de diseño de 28.0 mm. y un caudal de 0.00388 m³/s. Ha, para evacuar en un tiempo de 20.06 horas, sin embargo, con el objetivo de aumentar la eficiencia del drenaje, se estableció que el tiempo de evacuación del fluido es de 9 horas para un caudal final de 0.0086 m³/s. arrojando un resultado de espaciamiento entre drenes de 5 metros aproximadamente. De esta investigación se deriva que, la gran variedad de este tipo de sistemas de drenaje depende de las características del suelo. Entonces, se sabe que el drenaje es la evacuación por medios naturales o superficiales del agua acumulada en el suelo.

Mendoza (2017), en su investigación titulado “Diseño de riego, drenaje y gramado para la cancha de *football* del estadio municipal del Cantón Santa Lucía”. (Tesis de Pregrado). Universidad De Guayaquil, Ecuador. Cuyo objetivo fue diseñar los sistemas de riego, drenaje y gramado para la cancha de *football* del estadio municipal de Santa Lucía con la finalidad de

garantizar un acondicionamiento adecuado. Este estadio cuenta con una capacidad de 3000 espectadores. Se empleó una investigación descriptiva con un diseño no experimental, donde se utilizaron instrumentos de topografía como GPS, estación total y niveles. Los resultados demostraron que las propiedades del terreno son de textura arenosa con una velocidad de filtración de 15 a 20 mm/h, el área total del estadio es de 11,481m² y el diseño del sistema cuenta con una distancia de 18.5 m entre aspersores, los estudios determinaron que el estadio posee una uniformidad óptima en su superficie, cuya pendiente es 1.73%. Se llegó a concluir que las propiedades físicas e hidráulicas del suelo están en óptimas condiciones para los requerimientos que se necesitan en cuanto a la cancha de *football*. De la investigación realizada se precisa que las propiedades físicas e hidráulicas que posee el suelo cumplen con los requerimientos necesarios para el dimensionamiento de un sistema de drenaje, esto ayudaría a mejorar las condiciones del terreno de juego del estadio y en el futuro evitar problemas de drenaje.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En cuanto a los antecedentes nacionales tenemos a Pumallanqui (2021) en su investigación “Diseño de un drenaje por línea para evacuación de aguas subterráneas del estadio municipal de Talavera, Andahuaylas, Apurímac 2021” tuvo como objetivo principal realizar el diseño de un drenaje por línea para evacuación de aguas subterráneas. La investigación es del tipo aplicada, de diseño descriptivo y con un enfoque cuantitativo, en la que obtuvo como resultados que se utilizará tubería de 200 mm, tipo pvc-u, cribado con un diámetro de 1/4” con una longitud de 442,72 ml y 47.00 ml lisa y entibado con listones de madera 3”x3”x8”, pendiente del 1% y con cámaras de inspección. Finalmente se concluye que el drenaje contribuye a la evacuación de aguas subterráneas.

Sánchez (2021) en su trabajo de investigación “Análisis y diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, región Lambayeque” tuvo como objetivo principal proponer un diseño de un sistema de drenaje pluvial para el Distrito de Pátapo. La investigación es de tipo aplicada-descriptiva y con un diseño de investigación por objetivos, en la que obtuvo como resultados un ESAL DE 883 687, un drenaje pluvial conformado por 12 pozos de registro, 1382 ml de tubería de OVC y 13 sumideros tipo ventana, el sistema de transporte de agua pluviales conformado por tubería

PVC 1098 ml de tubería de diámetro 450mm, 189.50ml de tubería de diámetro 250 mm y 95 ml de tubería de diámetro 630 mm y con un presupuesto de 3,006,333.65 nuevos soles. Finalmente se concluye que el sistema de drenaje contribuye a mitigar las inundaciones presentadas en tiempo de lluvias.

Robles (2020) en su investigación “Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo” tuvo como objetivo principal realizar un diseño del sistema de drenaje pluvial. La investigación es del tipo aplicada, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo, corte transversal y de diseño descriptivo simple, en la cual obtuvieron como resultados que se utilizó tubos de PVC reforzado con fibra de vidrio de 0,40 m y 0,50 m de diámetro y se colocaron sumideros en puntos estratégicos para recolectar aguas. Finalmente concluye que el diseño del sistema de drenaje es autosuficiente para evacuar aguas en tiempo de lluvias.

Hoyos (2019) en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema de drenaje en el fundo San Juan. Distrito Chao. Provincia de Virú. La Libertad. 2019” tuvo como principal objetivo diseñar un sistema de drenaje. La investigación es de tipo aplicada, de diseño no experimental, nivel descriptivo, en la que obtuvo como resultados la utilización de 25 drenes laterales de tubería corrugada de PVC, con un espacio de los drenes parcelarios de aproximadamente 31,43 m, con drenes laterales de 160 mm tubería PVC corrugada, una variación de las longitudes de drenes laterales de 157,43 m a 281,99 m y la de los drenes colectores de 264,690 m a 1689,489 m y con un presupuesto total de 742,172.73 soles.

Santander (2017) en su estudio “Diseño de instalación del sistema de drenaje y base del estadio institucional educativa glorioso San Carlos-Puno”. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano. El objetivo fue plantear medidas de control para la evacuación del exceso de agua debido a los altos niveles de precipitación que se presenta en la zona de estudio. Se realizó una investigación descriptiva con un diseño experimental. La población corresponde a la Institución educativa Glorioso San Carlos y como muestra se eligió un área de 4515.00 m² que corresponde a un 26.25 % del terreno total. Como resultados se obtuvo que el promedio de precipitación anual en la I.E es de 761.03 mm, en los meses de enero a abril presentaron un alto volumen de precipitaciones en 23.74 m³. Se llegó a la

conclusión que el procedimiento de drenaje propuesto es subterráneo y está compuesto por 19 drenes laterales con pendiente de 0.5%, para el control y evacuación sobre exceso de agua se plantea la instalación de un sistema de drenaje donde cuente con las condiciones necesarias para el buen funcionamiento. Las propiedades físicas e hidráulicas del terreno de la institución educativa cuentan con las condiciones apropiadas para el dimensionamiento de un sistema de drenaje que permita evacuar las intensas precipitaciones que caen sobre ella.

2.2.Marco teórico

2.2.1. El sistema de drenaje

Según Hailong et al. (2020) el sistema de drenaje tiene como finalidad descartar el exceso de agua de los suelos, a fin de conservar las condiciones de aireación y la actividad biológica del mismo, es necesario para efectuar los procesos fisiológicos relativos al crecimiento radical. Del mismo modo, el sistema de drenaje tiene como objetivo el apartamiento de las sales presentes en el suelo y el mantenimiento de su balance salino. Por otra parte, Villón (2005), menciona que el objetivo del drenaje es prevenir la presencia de los niveles freáticos altos y así impedir una excesiva humedad en la zona, la cual directa e indirectamente perturba a un determinado territorio. Es el sistema que facilita el traslado del agua de precipitación para esta pueda ser desembocada en otro lugar, además su propósito es evitar que las ciudades o determinadas áreas se inunden.

Según Jiun-Huei et al. (2018)menciona que el drenaje superficial se produce por el exceso de agua para moverse libremente sobre el área del terreno hasta un punto de salida en la misma superficie y al referirse al drenaje interno se explica que este se origina por la incapacidad de eliminar el exceso de agua presente en el perfil del suelo hasta una salida subterránea satisfactoria.

2.2.2. Diseño del sistema de drenaje

Es el conjunto de instalaciones que recolectan aguas residuales de áreas con fuertes precipitaciones y superficies poco permeables, dirigiendo las aguas residuales a un dispositivo de recolección para su descarga, tratando de cumplir con los estándares establecidos. Entre los criterios que deben considerarse están la definición de capacitancia, el tipo de sección transversal, el tamaño de la estructura y más. Esto se basa en la ubicación de los posibles sitios

de descarga y la ubicación de los colectores de acuerdo con la topografía del área (Hailong, Yue, Yang, Jingshui, & Zuxin, 2020).

Sobre la base del diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales, será posible asegurar una reducción significativa de los efectos nocivos de las aguas pluviales tanto en la infraestructura urbana (carreteras, aceras, edificios, etc.) Permítales realizar sus actividades diarias de manera regular cuando ocurran estos eventos (Azari & Tabesh, 2022).

Un sistema de drenaje pluvial se compone principalmente de canaletas, fosos de drenaje, desagües pluviales, cañerías de drenaje y pozos de acceso, todos los cuales tienen el propósito común de drenar el agua atmosférica.

2.2.3. Metodologías del diseño de drenes

Existen diversas metodologías de diseño de drenes, todo depende del problema que se quiere solucionar para saber qué tipo de método aplicar; generalmente los problemas a aliviar tienen que ver con el exceso de agua (Spiegato, 2022).

- El método francés, son una solución de drenaje predominante, generalmente implica cavar una estructura similar a una zanja en el suelo que luego generalmente se llena con grava o arena, tienen una profundidad de 7 a 12 pulgadas (aproximadamente 17.75 a 30.5 cm) y un ancho de aproximadamente 5 pulgadas (aproximadamente 12.75 cm).
- El método por tuberías consiste en la excavación de un sistema de zanjas, para la instalación de tubería en el interior; el lugar de excavación se identifica acorde al flujo de agua, estas tuberías son por lo general de 3 o 4 pulgadas (aproximadamente 7.62 o 10.16 cm) de ancho
- El método del barril de precipitación, los cuales se instalan donde se presenta el exceso de agua, como por ejemplo debajo de una artesa en el techo.

2.2.4. El drenaje interno o subterráneo

El drenaje interno o subterráneo, está basado en la determinación del espaciamiento que facilita el drenaje del suelo provocado por las intensas precipitaciones y en el

dimensionamiento de la red mediante dos tipos de regímenes que acatan a dos clases de régimen; permanente y no permanente, que a su vez dependen de pautas y criterios de drenaje como es la mínima profundidad permisible de los niveles freáticos (pmnf) y la descarga (q) o precipitación intensa (p), el cual va a depender de la variedad del cultivo y el tiempo permisible. Cabe resaltar, que para el régimen permanente se debe tener en cuenta los datos del suelo, como la conductividad hidráulica (K) y profundidad de la capa impermeable (CI) y para el régimen no permanente adicionalmente se debe conocer el valor de la porosidad del suelo (μ) (Santander, 2017).

2.2.5. El dimensionamiento de drenajes

A. Características físicas del suelo

El dimensionamiento de drenajes está relacionado con las características físicas del suelo, según Liotta (2015), las funciones de los drenajes es prevenir o eliminar los excesos de agua, mejorando la aireación. Para el cálculo del espaciamiento de drenes se utilizan fórmulas de flujo con recargas de riego, donde al mismo tiempo se tiene que evaluar ciertos criterios en el suelo, entre las más importantes están:

- La humedad es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un determinado terreno, para el caso de un estudio se debe saber este indicador, pues de suma importancia debido a que los niveles de humedad del suelo determinan el momento de riesgo durante la ejecución o construcción de los sistemas de drenajes, según García et al. (2017).
- La textura simboliza el % en el que se encuentran los elementos que componen el suelo, arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Además, se menciona que el suelo tiene una excelente textura cuando la simetría de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de proporcionar la firmeza del sistema radicular de las plantas y su nutrición, según García et al. (2017).

Según Jordán (2006) menciona a la siguiente clasificación de la textura del suelo: La arena, son partículas inorgánicas sólidas de dimensión comprendido entre 0.02 y 2 mm, es la división más grande del suelo, compuesta especialmente por granos de cuarzo; no tiene capacidad de agregación de modo que sus partículas no se unen

entre sí y surgen de forma individualizada. El limo, es un tipo de partículas compuestas de minerales con una dimensión comprendido entre 0.002 y 0.02 mm, además tienen una dimensión medio fino, como el talco y su estructura química es semejante a la arena. La arcilla, es la división más pequeña, que procede de la transformación química del material original. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individualizados en el suelo, el tamaño es inferior a 2 μm y tienen unas propiedades físicas y químicas especiales.

- Estructura, la distribución del suelo es la consecuencia de su estructura granulométrica de la actividad biológica y un conjunto de características físico-químicas que permiten la aglomeración de las partículas. La categoría de la estructura se representa de los siguientes criterios: Granos de arena suelta, el suelo firma una estructura continua, maciza, grado de desarrollo débil, grado de desarrollo moderado, grado de desarrollo fuerte.
- Consistencia, según Jordán (2006) hace referencia a la firmeza que este opone a la deformación o rotura, esto va a depender de las fuerzas de cohesión que poseen las partículas del suelo y está relacionada con la estructura, textura, humedad. La consistencia expresa la estabilidad física de un suelo según su contenido de humedad.
- Densidad, la cual se determina adquiriendo el peso seco de la muestra del suelo y el volumen de los sólidos, esto se ejecuta con un instrumento llamado picnómetro y el procedimiento representa la ejecución del principio de Arquímedes. En conclusión, se conceptualiza como la masa comprendida en la unidad de volumen que ocupa la muestra. (Rucks, García, Kapitán, Ponce, & Hill, 2004).

B. Aspectos meteorológicos

El dimensionamiento de drenajes está relacionado también con los aspectos meteorológicos, para el diseño del sistema de drenajes se consideran diferentes puntos,

estos permiten diagnosticar que regímenes se deben de utilizar para el espaciamiento de drenajes. Los siguientes aspectos meteorológicos para considerar son los siguientes:

- Precipitaciones, es la precipitación que cae de la atmósfera en forma líquida y alcanza hasta el suelo, en este fenómeno incluye la precipitación. Es una parte importante del ciclo hidrológico y por ende va a favorecer la vida en la tierra, junto con las temperaturas es el elemento más significativo de los climas (Moreno, 2009).
- La infiltración del agua en la superficie del suelo juega un rol importante en el ciclo hidrológico, esto depende de las condiciones geológicas que puede permanecer en el suelo en forma de humedad, escurrimiento como flujo superficial, además esto permite determinar la capacidad de retención del agua en los drenajes (Alvarado & Barahona, 2016).
- La temperatura es una propiedad que determina si están en equilibrio térmico, además se deriva de la idea de medir el calor o frío. El calor de un cuerpo conlleva a un acrecentamiento de su temperatura mientras no se origine la fusión o ebullición, es indispensable obtener las condiciones de temperatura para saber qué tipo de regímenes utilizar para el caso de los sistemas de drenajes en una determinada zona (Garavito, 2008).
- La humedad es la medida de concentración de agua en un sólido, líquido o gas. Además, existen tipos de humedad: Humedad Absoluta es la masa de agua por unidad de volumen, en el caso del aire se expresa en g/m^3 ; Humedad Específica es la relación existente entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total, en el caso del aire se simboliza en gramos de vapor de agua por kg de viento húmedo; Humedad Relativa: Es la correlación entre la masa de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura, además su expresión es en %.

C. Hidrogeología para los sistemas de drenaje

Aspectos de hidráulica, García, et al. (2013) menciona que la eficiencia del funcionamiento hidráulico de una red de alcantarillado para transportar ya sea aguas residuales, pluviales o ambas, va a variar ya que depende de sus componentes físicos. Mediante la utilización de los elementos de la hidráulica, se examinan y se dimensionan desde las estructuras simples tales como boca tormentas hasta llegar a otras más complicadas como son las redes de conductos y de canales. Las nociones básicas de hidráulica, útiles para el diseño y estudio de una red de alcantarillado abarcan los siguientes: características de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conocimientos de energía específica, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, pérdidas de cargas por roce.

Canaletas de agua de precipitación, los canales son utilizados en combinación con los tubos para la evacuación del agua de la precipitación. Su sección puede ser rectangular o trapezoidal y pueden ser abiertos o cerrados. Un canal típico de agua de precipitaciones es un canal trapecial abierto de dos secciones. La sección inferior es revestida en concreto y la sección superior es revestida en grama. Se debe siempre dejar el acceso del equipo de limpieza a los canales, según García et al. (2013).

La conductividad hidráulica de los suelos compone un parámetro de gran valor ya que representa la movilidad del agua superficial o subterránea siendo de difícil cuantificación por la incertidumbre que representa su determinación (Barbecho & Calle, 2012).

2.2.6. Sistemas de drenajes para campos deportivos

La técnica del drenaje utilizado en los campos deportivos especialmente en los patios de fútbol es el subterráneo porque permite el aprovechamiento de todo el espacio de juego, la red estructural nace por debajo de la superficie del terreno sin afectar las actividades deportivas ni la integridad física de los jugadores. Los sistemas de drenaje que son utilizados en estos escenarios, consisten en una serie de líneas laterales de tubos perforados que desembocan el agua captada en una línea de tubos colectores, que a su vez descargan en una

tubería principal y esta traslada el agua hacia una salida satisfactoria. Los elementos que hacen parte del sistema de drenaje compuesto son los laterales, colectores que trabajan en conjunto con una serie de distribuciones complementarias como son las cámaras de inspección, manjoles y salidas (Erdal, Hayrullah, & Ahmet, 2020).

2.2.7. Los drenes filtrantes o franceses

Los drenes filtrantes o franceses, son zanjas poco profundas rellenas de material filtrante que pueden estar compuesto de material granular o sintético, con un conducto inferior de transporte, estas son importantes porque te permite captar y filtrar la escorrentía de las superficies del suelo con la única finalidad de transportarlas hacia aguas abajo. Además, reduce la contaminación, principalmente los sólidos en suspensión y los metales pesados. Son indicadas para suelos de baja permeabilidad o donde la infiltración del agua al terreno puede causar un peligro en la estabilidad de las estructuras cercanas, ya que estas zanjas transportan la escorrentía aguas abajo. Así mismo en estas zanjas se puede incorporar un tubo en la parte inferior que facilitará la carga del agua (Trapote & Fernández, 2016).

2.2.8. Espaciamiento de drenes

Según Villón (2005), con el diseño de un sistema de drenaje, uno de los elementos más significativos es el espaciamiento de los drenes; para su cálculo se aplican constantes hídricas como:

- **Conductividad hidráulica.** Constante que rige el flujo del agua, representa el grado de facilidad con la que el medio deja pasar el agua.

$$K = \frac{\pi * r}{4 * t * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

K = conductividad hidráulica (cm/día)

r = radio de la tubería

t = tiempo de descenso

H1 = altura inicial de agua

H2 = altura del agua en un tiempo t

Ecuación 1. Conductividad hidráulica (k)

- **Porosidad drenable.** Cantidad de agua que una roca o suelo puede liberar por exposición a la gravedad, su cálculo es mediante la formula desarrollada por Van Beers, donde especifica que este dato guarda relación con la conductividad hidráulica, aplicando la fórmula:

$$\mu = \sqrt{k} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

μ = porosidad drenable (%)

K = conductividad hidráulica (cm/día)

Ecuación 2. Ecuación de Van Beers, porosidad drenable

- **Perímetro mojado.** Se desarrolla con la siguiente fórmula:

$$PM = \left(\frac{\pi D \phi}{360} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

D = diámetro de tubería

PM = perímetro mojado

Ecuación 3. Perímetro mojado

- **Estrato equivalente.**

$$De = \left(\frac{D}{\frac{8D}{\pi L} \left(\ln \frac{D}{u} \right) + 1} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

D = profundidad desde el nivel del agua en los drenes hasta el estrato impermeable

u = porosidad drenable

L = longitud del dren

De = profundidad del estrato equivalente

Ecuación 4. Estrato equivalente

Aplicadas en diferentes grupos de fórmulas

2.2.8.1. Régimen no permanente o no estacionario.

Se dan en zonas con riego periódico o con alta frecuencia de precipitaciones; para este tipo de régimen existen diferentes fórmulas como la de Jenab, Knaijenhoff van de Leur - Maasland y la más destacable la ecuación de Glover-Dumm mostrada a continuación:

$$L^2 = \frac{\pi^2 k D t}{\mu \ln(1.16 \frac{h_0}{h_t})} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

L = espaciamiento de los drenes (m)

k = conductividad hidráulica (m/día)

D = espesor del estrato en donde hay flujo horizontal (m), con $D = d + \frac{h_t + h_0}{4}$ y d el espesor del estrato equivalente de Hooghoudt.

μ = espacio poroso drenable (fracción)

h_0 = altura de la napa freática sobre el fondo del dren antes del descenso (m)

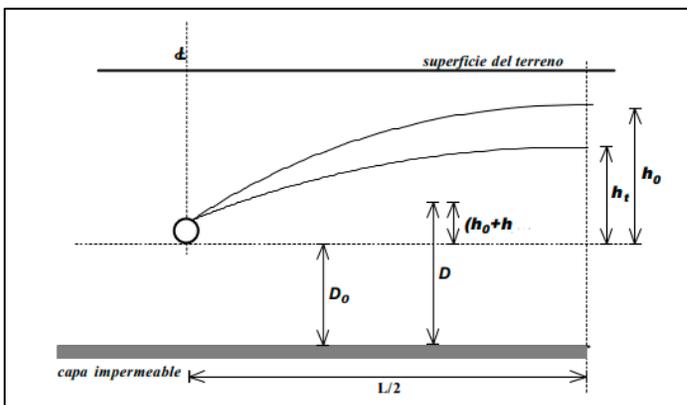
h_t = altura de la napa freática sobre el fondo del dren después del descenso (m)

t = tiempo en que debe ocurrir el descenso de la napa freática (días).

Ecuación 5. Ecuación de Glover-Dumm

Figura 1.

Representación gráfica de la ecuación de Glover-Dumm



Nota. (Goicochea, 2016)

2.2.8.2. Régimen permanente o estacionario:

Se dan en zonas con humedad, donde la precipitación es en término medio constantes durante un periodo; para este tipo de régimen existen diferentes fórmulas como la de Donan, Ernest, Dagan, Toksoz, Kirkham y la más destacable la ecuación de Hooghoudt, mostrada a continuación:

$$L^2 = \frac{8 K \text{ abajo} \cdot d \cdot m_0 + 4 K \text{ arriba} \cdot m_0^2}{q} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

- L= espaciamiento entre drenes entubados (m)
- K abajo = conductividad hidráulica por debajo del nivel de los drenes (m/d)
- K arriba = conductividad hidráulica arriba del nivel de los drenes (m/d)
- m₀ = altura desde el nivel de los drenes hasta el nivel freático, en el punto medio entre éstos (m)
- q= cantidad de agua que deben evacuar los drenes (m/día)
- d = profundidad equivalente de Hooghout (m), en función del espaciamiento (L), el radio del tubo (r₀) y la altura desde los drenes hasta la capa impermeable sobre la cual se apoya el acuífero (D)

Ecuación 6. Ecuación de Hooghout

2.2.9. Análisis hidrológico

Según Mendoza y Campos (2021) es la evaluación cualitativa y cuantitativa de la influencia entre pluviometría y fluviometría de una determinada cuenca, y de los registros que de ella se generarán, con el fin de determinar los recursos hídricos disponibles, a partir de datos proporcionados por estaciones meteorológicas.

2.2.10. Análisis Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F)

Según Fuentes et al. (2018) las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son una síntesis, para un sitio particular, de los datos de precipitación; se utilizan en hidrología para caracterizar la intensidad de la precipitación en función de su duración y su periodo de retorno. Estas curvas son de gran importancia en la planificación de recursos hídricos, así como para el diseño de obras hidráulicas, ya que la intensidad juega un papel muy importante respecto a su relación con el periodo de retorno, es necesario en todo caso realizar un análisis



de frecuencias para conocer el aumento en el volumen de escurrimiento y, por consiguiente, en el caudal asociado con la respuesta de la cuenca en el proceso precipitación-escurrimiento (Gutiérrez-López & Barragán-Regalado, 2020).

Según la norma técnica OS.060 de drenaje pluvial urbano, el sistema menor de drenaje deberá ser diseñado para un periodo de retorno entre 2 y 10 años. El periodo de retorno está función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños.

2.3. Definición de terminos

- Drenes: según Melentijevic et al. (2018) son dispositivos que facilita la salida de líquidos o exudados al exterior del organismo, es decir, el drenaje.
- Drenaje fluvial: Según Bayona (2018) funciona gracias a la gravedad, desde las alcantarillas que recogen las aguas pluviales hasta las tuberías descendentes
- Perímetro mojado: según Pérez et al (2020) es el perímetro de la superficie de la sección transversal, de un conducto por donde circula un líquido
- Porosidad drenable: Según Chavarría-Vidal et al. (2020) es la cantidad de agua que una roca o suelo saturado puede liberar por efecto de la gravedad.
- Conductividad hidráulica: Según Bermejo (2021) es la propiedad que determina el movimiento del agua en el suelo en unas condiciones de saturación dadas por el medio.

2.4. Variables

Variable Independiente (V.I)

Precipitación pluvial, Propiedades hidrogeológicas del suelo

Variable Dependiente (V.D.)

Dimensionamiento del sistema de drenaje.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Lápiz
- ✓ Marcadores
- ✓ Baldes
- ✓ Tubos de 4”
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Calculadora Científica

Equipos

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ GPS
- ✓ Estación total
- ✓ Trípode

3.2. Métodos

3.2.1. Tipo de investigación

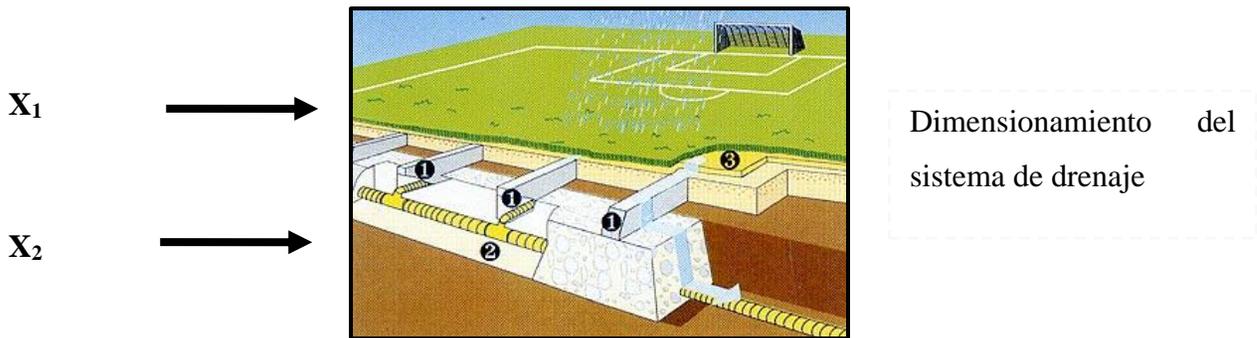
El tipo de investigación fue aplicada ya que tuvo como objetivo la generación de conocimientos con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.2.2. Diseño de investigación

El presente estudio fue de diseño no experimental, ya que se realizó sin manipular deliberadamente las variables, se basó en las observaciones de los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, es este caso solo se enfocó en analizar y evaluar la precipitación y aspectos hidrológicos de la zona de Taricá (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

(Causas/V. Independiente)

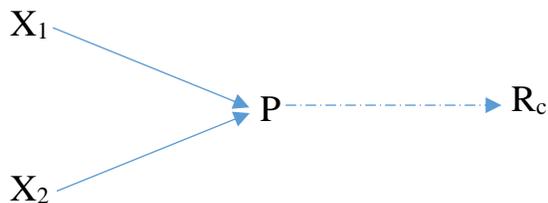
(Efecto/V. Dependiente)



Fuente: Elaboración propia.

Dónde: X_1 = Precipitación pluvial

X_2 = Propiedades hidrogeológicas del suelo



Donde:

X_1 = Precipitación pluvial

X_2 = Propiedades hidrogeológicas del suelo

P = Propuesta de dimensionamiento del sistema de drenaje

R_c = Óptimo dimensionamiento del sistema de drenaje de las aguas del Estadio municipal de Taricá.

3.2.3. Población o Universo

Se consideró como población a los datos obtenidos de las precipitaciones de los últimos 10 años de la localidad de Taricá provincia de Huaraz, donde se enfocará a desarrollar el trabajo de investigación.

3.2.4. Unidad de Análisis y Muestra

La muestra estuvo compuesta por los datos conseguidos de las precipitaciones de los últimos 10 años de la localidad de Taricá provincia de Huaraz donde se evaluó los aspectos climáticos para determinar qué tipo de régimen se debe de utilizar para optar por un método óptimo en el dimensionamiento de los sistemas de drenajes pluviales.

3.2.5. Hipótesis

El dimensionamiento del sistema de drenaje del estadio municipal de Taricá fue óptimo para la correcta evacuación de los excesos de agua.

3.3. Descripción del área de estudio

Las instalaciones deportivas del estadio municipal de fútbol de Taricá, ubicado el distrito de Taricá, provincia de Huaraz, en las coordenadas UTM 218699 E y 8958208 N, DATUM WGS84, zona 18.

3.4. Procedimiento de la investigación

- Análisis I-D-F

Para cumplir con el objetivo 1 se solicitaron datos meteorológicos al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de las estaciones meteorológicas Santiago Antúnez de Mayolo y Yungay, para analizar las precipitaciones máximas en 24 horas para un periodo de 10 años, con la prueba de Kolmogórov-Smirnov se obtuvo la bondad de ajuste de los datos y la distribución más aceptable para obtener la precipitación y la intensidad máxima de diseño en 24 horas para una duración de 20 minutos que puede ocurrir en el estadio, con un periodo de retorno de 5 años; con el procedimiento anterior se construyó gráficos I-D-F para ambas estaciones meteorológicas y con ello mediante interpolación la precipitación de diseño requerido para el estadio municipal de Taricá.

- Análisis hidrogeológico

Para cumplir el objetivo 2 se realizó un estudio de suelo para determinar la conductividad hidráulica y las propiedades hidrogeológicas del estadio municipal de Taricá.

Para determinar la conductividad hidráulica se utilizó el método de pozo invertido (Barreno invertido), que es un pozo abierto por encima del nivel freático, se vierte agua hasta cierto nivel y se mide la velocidad de descenso de dicho nivel. Constituye un método rápido y fácil de implementar. Para estimar la conductividad hidráulica (k) del suelo se realizó 09 calicatas de 1.5 metros de profundidad en la cuales se instalaron cilindros de base circular con diámetro=10.16 cm y altura 50 cm, el nivel de referencia del agua H1=50cm, el nivel posterior H2 y la diferencian, para observaciones de duración de 300 segundos, la k en cada ensayo se estimó por la ecuación 1.

$$K = \frac{\pi * r}{4 * t * \ln\left(\frac{H1}{H2}\right)}$$

Para la determinación de la porosidad drenable se aplicó una formula desarrollada por Van Beers, donde especifica que este dato guarda relación con la conductividad hidráulica, aplicando la ecuación 2.

$$\mu = \sqrt{k}$$

El perímetro mojado se desarrolló con la siguiente fórmula, donde “D” es el diámetro de tubería aplicando la ecuación 3.

$$PM = \left(\frac{\pi D \phi}{360}\right)$$

Para luego reemplazar este valor en la ecuación 4, donde la “D” consta del valor de profundidad del estrato equivalente; la fórmula fue aplicada en cada prueba realizada, como se muestra en la tabla 6.

$$De = \left(\frac{D}{\frac{8D}{\pi L} \left(\ln \frac{D}{u}\right) + 1}\right)$$

Además, se hizo una observación in situ durante un evento de precipitación y se tomaron fotos del suelo para ver acumulaciones de agua en la superficie. De este análisis se obtienen parámetros importantes para el diseño del sistema de drenes.

- **Análisis Textural**

Se recogieron muestras del suelo del estadio, que fueron tomadas de 04 calicatas a aproximadamente una profundidad de 2 metros, para llevarlo al laboratorio y obtener un análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de consistencia entre otros.

- Diseño del sistema de drenaje

Para determinar el tipo de flujo para dimensionar un sistema de drenado óptimo en régimen no permanente que cumpla su objetivo de evacuar con prontitud el agua superficial, se deben usar los parámetros estimados en las subsecciones anteriores y otras características como diámetros, largo, profundidad e inclinación de los tubos; largo, anchura, profundidad y material de relleno de la zanja en la ecuación de Glover-Dumm, con una estimación de la profundidad de la capa impermeables y los niveles de la napa freática, entre otros.

Con la ecuación 5 de Glover-Dumm se obtiene L, el distanciamiento para un sistema de drenaje óptimo.

$$L^2 = \frac{\pi^2 k D t}{\mu \ln(1.16 \frac{h_0}{h_t})}$$

Con $D = d + \frac{h_t + h_0}{4}$ y d el espesor del estrato equivalente de Hooghoudt.

Con la ecuación de Hooghoudt

Para determinar la longitud entre drenes se adicionó la ecuación 6, tomando en cuenta el estrato equivalente (d) hallado con la ecuación 4, el caudal evacuado por el dren (q) y los datos hallados de la conductividad hidráulica (K abajo, K arriba)

$$L^2 = \frac{8 K_{abajo} \cdot d \cdot m_0 + 4 K_{arriba} \cdot m_0^2}{q}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las precipitaciones registradas en los últimos 10 años del distrito de Taricá

❖ Estación Yungay

La estación Yungay ubicada a 2,466 m.s.n.m. en el departamento de Ancash, como se muestra en la tabla 1, se registraron los mayores niveles de precipitación a finales del 2010 con 40.2 mm; a inicios del 2009 se tuvo un máximo de 36.5 mm con ausencia de precipitación en junio, julio y setiembre por lo que la media se estableció en 12.6 mm, para el siguiente año donde se obtuvo la cifra récord de precipitación la media de 14.5 mm con ausencia de precipitaciones de jul-ago respectivamente.

Tabla 1.

Precipitación máxima en 24 horas – Estación meteorológica Yungay

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL															
ESTACIÓN: YUNGAY/000444/DZ04			ALT: 2466			LONG: 77° 44'									
			MSNM			59.91"									
			LAT: 09° 08'			DPTO:									
PT202 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS			30.79"			ANCASH									
COD.	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
444	52	PT202	2009	21.0	13.4	36.5	17.2	11.2	0.0	0.0	1.8	0.0	25.8	14.4	10.2
444	52	PT202	2010	10.8	27.0	22.7	12.5	11.3	4.2	0.0	0.0	4.2	8.1	40.2	32.4
444	52	PT202	2011	16.2	6.9	26.2	29.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	3.6	14.0	25.4
444	52	PT202	2012	18.2	20.0	29.4	12.6	7.3	0.0	0.0	0.0	7.8	13.9	20.5	26.4
444	52	PT202	2013	12.2	18.6	17.9	14.6	23.0	0.0	0.0	1.5	1.5	18.3	10.6	17.8
444	52	PT202	2014	19.0	31.1	20.9	12.4	10.5	10.4	0.0	0.0	6.7	12.5	12.8	26.0
444	52	PT202	2015	31.8	25.1	28.4	10.8	18.4	1.2	1.3	0.0	0.0	18.0	20.7	11.0
444	52	PT202	2016	10.9	27.6	21.5	18.9	6.4	0.0	0.0	0.0	15.0	19.3	6.8	19.6
444	52	PT202	2017	20.8	20.7	30.8	18.3	9.6	2.3	0.0	0.0	1.8	14.2	9.6	22.4
444	52	PT202	2018	22.5	21.6	24	19.8	18.9	0.0	0.0	0.0	2.3	14.7	17.4	13.9

En el 2011 el promedio de precipitación anual fue de 10.7 mm, determinado a partir de las precipitaciones de los meses en todo el año, se tuvieron cuatro meses consecutivos ausencia de precipitaciones de los cuales dos fueron en el primer semestre y los otros dos en el segundo respectivamente, bajo esta perspectiva el máximo en ese año fue de 29.8 menor a la de años anteriores. En el 2012 el promedio fue de 13.0 con un máximo registrado de 29.4 y con un número de menor de precipitaciones respecto del 2011.

Para el 2013 la ausencia de precipitaciones fue inclusive menor al igual que la media que se estableció en 11.3 mm (el primer semestre fue de 14.4 mm y el segundo 8.3 mm) llegando a un máximo de 23.0 mm en ese mismo año. En el 2014 la ausencia de precipitaciones fue similar al año anterior, el promedio anual fue de 13.5 mm donde el máximo fue en febrero con 31.1 mm. En el 2015 continuo la ausencia de precipitaciones por dos meses (Ago-set) por lo que la media fue de 13.9 mm con un máximo de 31.8 mm generado a inicios de ese año; para el año siguiente la media fue menor (12.2 mm) al igual que el promedio anual el cual descendió 4.2 mm bajo la misma comparación, pero se incrementaron los meses en los cuales no hubo precipitaciones a tres.

En año 2017 se redujo el registro de precipitación cero a dos meses, y el máximo del cual se tiene registro fue a términos del primer trimestre con 30.8 mm (el tercer mayor registrado para el periodo analizado) con una media anual de 12.5 mm. Para el 2018 se registró un promedio de 12.9 mm al año con tres meses de precipitación cero de junio a agosto y en el mes de marzo se tuvo el pico máximo anual de 24.0 mm ubicándose alrededor de cinco puntos por debajo del año anterior.

Con la tabla 1, se procedió a realizar la prueba de Kolmogórov-Smirnov para obtener la bondad de ajuste y la distribución más aceptable de la precipitación y la intensidad máxima de diseño en 24 horas para todos los datos para diferentes periodos de retorno.

Tabla 2.

Prueba de Kolmogórov-Smirnov

Kolmogórov-Smirnov test for: All data	a=5%	Attained	D Max	All data - T (Max)= 2.00000	Periodo de retorno					
					2	5	10	25	50	100
Normal	Accept	98.16%	0.1221	Normal	30.4	34.8	37.0	39.5	41.0	42.5
Normal (L- Moments)	Accept	97.81%	0.1247	Normal (L- Moments)	30.4	34.9	37.2	39.7	41.3	42.8
LogNormal	Accept	99.92%	0.0915	LogNormal	30.0	34.6	37.2	40.3	42.4	44.4
Galton	Accept	99.88%	0.0942	Galton	30.0	34.6	37.2	40.2	42.3	44.2
Exponential	Accept	75.17%	0.1883	Exponential	28.8	33.6	37.2	42.9	45.5	49.1
Exponential (L- Moments)	Accept	68.96%	0.2002	Exponential (L- Moments)	28.6	34.1	38.2	43.7	47.9	52.0
Gamma	Accept	99.69%	0.102	Gamma	30.1	34.7	37.2	40.1	42.0	43.7
Pearson III	Accept	99.88%	0.0945	Pearson III	30.0	34.6	37.3	40.3	42.3	44.2
Log Pearson III	Accept	99.87%	0.097	Log Pearson III	30.0	34.6	37.3	40.4	42.5	44.5
		D min	0.0915							

Obteniendo un alcance de 99.92% con la distribución Log Normal con la cual construiremos la tabla de precipitación de diseño para los diferentes periodos de retorno.

Tabla 3. *Precipitación de diseño (mm)*

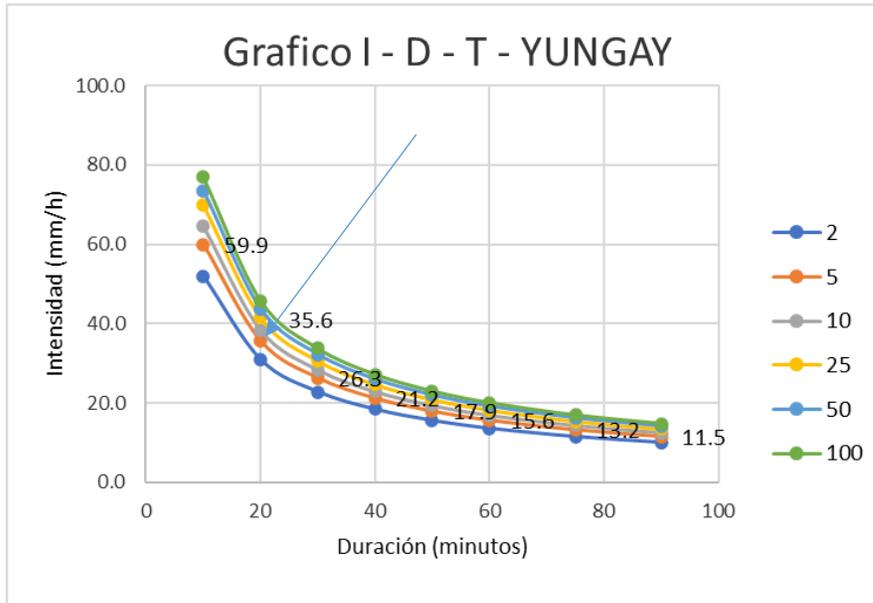
T (años)	P24h	Duración (min)							
		10	20	30	40	50	60	75	90
2	30.0	8.7	10.3	11.4	12.2	12.9	13.5	14.3	15.0
5	34.6	10.0	11.9	13.1	14.1	14.9	16.5	16.5	17.3
10	37.2	10.7	12.8	14.1	15.2	16.1	17.8	17.8	18.6
25	40.3	11.6	13.8	15.3	16.5	17.4	19.3	19.3	20.2
50	42.4	12.2	14.6	16.1	17.3	18.3	20.3	20.3	21.2
100	44.4	12.8	15.2	16.9	18.1	19.2	21.2	21.2	22.2

Con estos datos procedimos a calcular la tabla de Intensidad de diseño para los diferentes periodos de retorno.

Tabla 4. *Intensidad de diseño (mm/h)*

T (años)	P24h	Duración (min)							
		10	20	30	40	50	60	75	90
2	30.0	51.9	30.9	22.8	18.4	15.5	13.5	11.5	10.0
5	34.6	59.9	35.6	26.3	21.2	17.9	15.6	13.2	11.5
10	37.2	64.5	38.3	28.3	22.8	19.3	16.8	14.2	12.4
25	40.3	69.8	41.5	30.6	24.7	20.9	18.2	15.4	13.4
50	42.4	73.5	43.7	32.2	26.0	22.0	19.2	16.2	14.1
100	44.4	76.9	45.7	33.7	27.2	23.0	20.1	17	14.8

Figura 2. Gráfico I - D - F - YUNGAY



El gráfico I-D-F ayudó a identificar la duración de cada índice de precipitación, tal como se muestra en la figura 1, donde para un periodo de retorno de 5 años se evidencia una precipitación de 35.6 mm/h en 20 minutos, de 21.2 mm/h en 40 minutos y una precipitación de 15.6 mm/h en 60 minutos.

De esta manera, para un tiempo de retorno de 5 años la intensidad de una precipitación que dure 20 minutos es 35.6 mm/h equivalente a 0.8544 m/día.

❖ Estación Santiago Antúnez de Mayolo

En la estación Santiago Antúnez de Mayolo ubicada a una altitud de 3,079 m.s.n.m. en el departamento de Ancash, se muestra en tabla 6 la mayor precipitación registrada en 24 horas para la última década fue de 50.5 mm dada en el primer trimestre de 2012. En el 2009 se tuvo una media de 14.8 mm para todo el año siendo la mínima de 0.3 mm y la máxima de 27.3 mm (la cuarta precipitación más baja registrada en el periodo de análisis); para el 2010 no se registró precipitación en julio y la mayor se dio en diciembre con 25.7 mm y la media de ese año estuvo dos puntos por debajo respecto del año anterior.

Tabla 5.*Precipitación máxima en 24 horas – Estación meteorológica Santiago Antúnez de Mayolo*

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL															
ESTACIÓN: SANTIAGO ATUNES DE MAYOLO /000426/DZ04						ALT: 3079 MSNM					LONG: 77° 31' 29.5"				
PT202 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS						LAT: 09° 30' 59.5"					DPTO: ANCASH				
COD.	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
426	52	PT202	2009	26.0	24.4	27.3	18.8	9.5	5.6	0.3	0.9	1.0	17.2	20.6	25.5
426	52	PT202	2010	19.1	9.3	15.0	19.2	20.0	3.3	0.0	2.0	14.6	10.4	16.6	25.7
426	52	PT202	2011	13.7	11.0			0.4	0.0	2.7	1.1	3.9	19.8	18.2	25.8
426	52	PT202	2012	19.7	21.4	50.5	28.5	7.3	3.8	0.0	0.0	4.9			15.2
426	52	PT202	2013	22.1	26.8	14.0	8.4	5.1	0.0		3.8	2.5	23.4		32.1
426	52	PT202	2014	33.2	23.0	22.0	16.1	18.5	7.1	0.0	3.1	17.1	11.5	19.3	21.3
426	52	PT202	2015	26.4	13.2	20.6	18.4	13.5	1.4	2.7			13.0	19.6	19.5
426	52	PT202	2016	19.6	48.2	23.3	10.0	5.5	2.6	0.2	0.2	7.5	10.0	2.6	16.1
426	52	PT202	2017	17.7	16.5	28.5	23.5	20.3	0.4	0.0	3.3	13.2	16.6	17.6	22.6
426	52	PT202	2018	25.4	12.9	21.8	25.8	16.0	0.7	0.4	2.5	10.0	10.7	14.7	17.3

En 2011 no se tuvo registro en marzo y abril y en junio no hubo precipitación alguna, por lo que la media en este año fue de 9.7 mm con una precipitación máxima de 25.8 mm (una de las más bajas del periodo). Para el 2012 a pesar de que no se contó con el registro de dos meses (Oct-nov) y en dos meses consecutivos no hubo precipitación, fue en ese año donde para marzo se llegó al pico máximo de precipitación anual y del periodo con 50.5 mm.

En 2013 a diferencia de los años anteriores hubo discontinuidad en el registro (sin datos) y solo en junio no hubo presencia de precipitaciones, para ese año el promedio anual fue de 13.8 mm y el máximo de 32.1 mm (muy poco por debajo de la media del periodo de análisis). Para 2014 el máximo registrado fue de 1.1 puntos por encima del máximo del año anterior, a pesar de que todos meses del año hubo registro en Julio no hubo precipitaciones en esa estación. En 2015 hubo diez meses en los cuales hubo registros, por lo que en todo el año la media fue de 14.8 mm con una precipitación mínima de 1.4 mm y máxima de 26.4 mm. Para el 2016 se llegó al segundo pico de precipitación más alta de los últimos diez años con 48.2 mm (el máximo) y el mínimo establecido en julio y agosto con los mismos niveles con 0.2 mm. En 2017 el promedio de precipitaciones de la estación que de 15.0 mm con ausencia de precipitaciones en julio llegando a un máximo de 28.5 mm en ese año, colocándose por encima del máximo registrado a inicios del periodo analizado. Finalmente, en el 2018 la

media fue menor respecto del año anterior con un mínimo de 0.4 mm y un máximo de 25.8 mm, lo cual es igual al máximo del 2011.

Gráfico I-D-F

Con los datos de la tabla 2, se procedió a realizar la prueba de Kolmogórov-Smirnov para obtener la bondad de ajuste y la distribución más aceptable de la precipitación y la intensidad máxima de diseño en 24 horas para todos los datos para diferentes periodos de retorno.

Tabla 6.

Prueba de Kolmogórov-Smimov

Kolmogórov-Smirnov test for: All data	a=5%	Attained	D Max	All data - T (Max)= 2.00000y	Periodo de retorno					
					2	5	10	25	50	100
Normal	Accept	76.56%	0.1949	Normal	33.1	41.2	45.4	49.9	52.8	55.4
Normal (L-Moments)	Accept	76.70%	0.1946	Normal (L-Moments)	33.1	40.7	44.7	49.0	51.8	54.2
LogNormal	Accept	94.42%	0.1483	LogNormal	31.8	40.4	45.8	52.3	57.0	61.6
Galton	Accept	96.72%	0.1376	Galton	31.3	39.8	45.6	52.9	58.5	64.1
Exponential	Accept	98.64%	0.1237	Exponential	30.1	38.9	45.6	54.4	61.1	67.7
Exponential (L-Moments)	Accept	95.14%	0.1453	Exponential (L-Moments)	29.9	39.3	46.5	55.9	63.0	70.1
Gamma	Accept	92.19%	0.1563	Gamma	32.2	40.8	45.8	51.7	55.7	59.4
Pearson III	Accept	97.33%	0.1340	Pearson III	31.0	39.9	45.9	53.4	58.8	64.1
Log Pearson III	Accept	98.64%	0.1237	Log Pearson III	30.5	38.8	45.5	55.2	63.4	72.6
		D min	0.01237							

Obteniendo un alcance de 98.64% con la distribución Log Pearson III con la cual construiremos la tabla de precipitación de diseño para los diferentes periodos de retorno.

Tabla 7.

Precipitación de diseño (mm)

T (años)	P24h	Duración (min)							
		10	20	30	40	50	60	75	90
2	30.5	8.8	10.5	11.6	12.4	13.2	13.8	14.6	15.2
5	38.8	11.2	13.3	14.7	15.8	16.8	17.5	18.5	19.4
10	45.5	13.1	15.6	17.3	18.6	19.6	20.5	21.7	22.7
25	55.2	15.6	18.9	21.0	22.5	23.8	24.9	26.4	27.6
50	63.4	18.9	21.8	24.1	25.9	27.4	28.6	30.3	31.7
100	72.6	20.9	24.9	27.6	29.6	31.3	32.8	34.7	36.3

Con estos datos procedimos a calcular la tabla de Intensidad de diseño para los diferentes periodos de retorno.

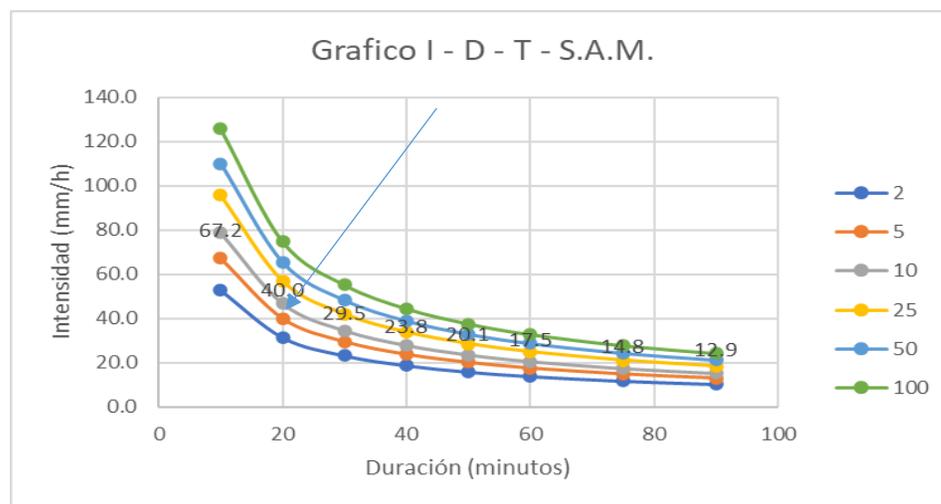
Tabla 8.

Intensidad de diseño (mm/h)

T (años)	P24h	Duración (min)							
		10	20	30	40	50	60	75	90
2	30.5	52.8	31.4	23.1	18.7	15.8	13.8	11.6	10.2
5	38.8	67.2	40.0	29.5	23.8	20.1	17.5	14.8	12.9
10	45.5	78.7	46.8	34.5	27.8	23.6	20.5	17.4	15.2
25	55.2	95.5	56.8	41.9	33.8	28.6	24.9	21.1	18.4
50	63.4	109.8	65.3	48.2	28.8	32.8	28.6	24.2	21.1
100	72.6	125.7	74.7	55.1	44.4	37.6	32.8	27.7	24.2

Figura 3.

Gráfico I - D - F - MAYOLO



El gráfico I-D-F, tal como se muestra en la figura 2, se evidencia una precipitación de 40.0 mm/h en 20 minutos, de 23.8 mm/h en 40 minutos y una de 17.5 mm/h en 60 minutos.

De esta manera, para un tiempo de retorno de 5 años la intensidad de una precipitación que dure 20 minutos es 40.0 mm/h equivalente a 0.96 m/día.

Mediante interpolación se estimó el valor máximo diario de precipitación para el lugar de trabajo (estadio municipal de Taricá), obteniendo 37.95 mm/h, según lo calculado con los

resultados de los gráficos I-D-F identificada con la estación de Santiago Antúnez de Mayolo y la estación de Yungay, tal como se muestra a continuación:

Tabla 9.

Proceso de interpolación

LUGAR	ALTITUD (M.S.N.M.)	INTENSIDAD (MM/H)
Santiago Antúnez de Mayolo	Y0: 3079	X0: 40
Estadio municipal de Taricá	Y: 2793	X
Yungay	Y1: 2466	X1: 35.6

$$X = \frac{x_0 + \left(\frac{y_0 - y}{y - y_1}\right) x_1}{\left(\frac{y_0 - y}{y - y_1}\right) + 1} \dots\dots\dots (7)$$

Ecuación 7. Proceso de interpolación.

$$X = \frac{40 + \left(\frac{3079 - 2793}{2793 - 2466} \times 35.6\right)}{\left(\frac{3079 - 2793}{2793 - 2466}\right) + 1}$$

$$X = 37.95 \frac{mm}{hora} = 0.9108 \text{ m/día}$$

Siendo un máximo de precipitación de 0.85 m/d en Yungay y 0.96 m/día en Santiago Antúnez de Mayolo, con una intensidad de diseño de 0.91 m/día para el estadio municipal de Taricá.

4.2. Análisis de los aspectos Hidro-Geológico del Estadio Municipal de Taricá.

Para el análisis hidro geológico se llevó a cabo con la estimación de la conductividad hidráulica, para luego hallar la porosidad drenable.

❖ **Conductividad hidráulica.**

Para determinar la conductividad hidráulica se utilizó el método de pozo invertido (Barreno invertido), realizando 09 calicatas de 1.5 metros de profundidad en la cuales se instalaron cilindros de base circular con diámetro=10.16 cm y altura 50 cm, el nivel de referencia del agua H1=50cm, el nivel posterior H2 y la diferencian, para observaciones de duración de 300 segundos, la k en cada ensayo se estimará por la ecuación 1.

Tabla 10.*Coefficiente hidráulico*

H1=50 cm		t1=300s	t2=600s	t3=900s	K
Prueba 1	d if cm	12.5	13.5	13.3	3.49 m/d
	H2 cm	37.5	36.5	36.7	
Prueba 2	d if cm	9	7.8	7	1.99 m/d
	H2 cm	41	42.2	43	
Prueba 3	d if cm	8.4	6.5	6.5	1.77 m/d
	H2 cm	41.6	43.5	43.5	
Prueba 4	d if cm	5	4.3	4.8	1.13 m/d
	H2 cm	45	45.7	45.2	
Prueba 5	d if cm	8.4	6.4	5.3	1.65 m/d
	H2 cm	41.6	43.6	44.7	
Prueba 6	d if cm	9	7.8	7	1.44 m/d
	H2 cm	41	42.2	43	
Prueba 7	d if cm	0	0	0	0 m/d
	H2 cm	50	50	50	
Prueba 8	d if cm	5.2	4.7	3.4	1.07 m/d
	H2 cm	44.8	45.3	46.6	
Prueba 9	d if cm	1.9	2	1.7	0.44 m/d
	H2 cm	48.1	48	48.3	
K promedio					1.44 m/d

La conductividad hidráulica obtenida varía de 0 m/d en la zona norte del estadio a 1.35 m/d en la parte central del estadio, con un pico de 3.49 m/día en la zona sur, lo cual nos lleva a concluir que es necesario reemplazar la capa superficial del estadio para mejorar el terreno y así poder uniformizar la conductividad hidráulica para el diseño del sistema de drenaje y obtener la permeabilidad adecuada que permita evacuar los excesos de agua en los drenes

❖ Porosidad drenable (%)

Para la determinación de la porosidad drenable se aplicó una fórmula desarrollada por Van Beers, donde especifica que este dato guarda relación con la conductividad hidráulica, aplicando la ecuación 2.

Tabla 11.*Porosidad drenable*

Pruebas	Porosidad drenable (%)
Prueba 1	18.6842
Prueba 2	14.0898
Prueba 3	13.2994
Prueba 4	10.6504
Prueba 5	12.8576
Prueba 6	12.0117
Prueba 7	0.0000
Prueba 8	10.3289
Prueba 9	6.6121
μ promedio	10.94 %

La porosidad drenable promedio del suelo fue de 10.94 %.

Análisis Textural

Las muestras de terreno del estadio fueron tomadas de 04 calicatas a aproximadamente una profundidad de 2 metros. Los resultados de la clasificación textural, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12.*Análisis textural*

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	H%	LL	LP
	Grava	Arena	Finos				
C-01	61.04	34.08	4.88	Grava bien graduada	4.56	0	0
C-02	57.82	35.23	6.95	Grava bien graduada - Grava Limosa	4.3	0	0
C-03	56.37	35.72	7.91	Grava bien graduada - Grava Limosa	6.42	0	0
C-04	51.86	25.95	22.2	Grava Limosa - Grava Arcillosa	5.69	26.6	20.94

De la tabla 12 se concluye que es un suelo gravoso limoso y arcilloso que pasa de permeable y semipermeable a impermeable de sur a norte, una humedad o capacidad de campo entre 4.56% y 5.69%, relativamente baja; un nivel de limite líquido cercano a 25%, que lo hace un suelo duro, esto debido a que el terreno del estadio es aproximadamente 50% de material de relleno y compactado de manera mecánica en la zona norte, que con el paso de los años las partículas de suelo se ha asentado y compactado, afectando las propiedades hidráulicas del suelo para un drenaje natural, lo cual nos lleva a concluir que es necesario reemplazar la capa superficiales del estadio para mejorar el terreno.

Figura 4.

Bloques de tierra arcillosa compactados a una profundidad de 40 cm



4.3. Régimen de flujo para un óptimo dimensionamiento del sistema de drenaje del Estadio municipal de Taricá.

❖ Método de la ecuación de Glover-Dumm

Para calcular el espaciamiento entre drenes en régimen no permanente, se lleva a cabo con la ecuación 5.

❖ Perímetro mojado

El perímetro mojado se halló con la ecuación 3, frente a los siguientes datos:

$$\text{Diámetro de tubería } D \text{ (m)} = 0.2$$

$$PM = \left(\frac{(3.1416 \times 0.2 \times 180)}{360} \right)$$

$$PM(u) = 0.3142m$$

Para luego reemplazar este valor en la ecuación 4, donde la “D” consta del valor de profundidad del estrato impermeable; la ecuación fue aplicada en cada prueba realizada, como se muestra en el tabla 11.

Tabla 13.

Cálculo de estrato equivalente

Prueba	L	D	u	$\pi =$	De =
1	2.31	5	0.3142	3.1416	0.3076
2	1.94	5	0.3142	3.1416	0.2609
3	1.88	5	0.3142	3.1416	0.2533
4	1.65	5	0.3142	3.1416	0.2237
5	1.84	5	0.3142	3.1416	0.2482
6	1.77	5	0.3142	3.1416	0.2392
7	-	5	0.3142	3.1416	-
8	1.62	5	0.3142	3.1416	0.2198
9	1.26	5	0.3142	3.1416	0.1726

La fórmula de Glover-Dumm fue aplicada por cada prueba, como se muestra en la tabla.

Tabla 14.

Ecuación de Glover-Dumm

Prueba	π	k	D	t	μ	$h_0(\text{min})$	$h_t(\text{min})$	L
1	3.1416	3.4910	0.9576	0.0139	0.1868	0.75	0.55	2.31
2	3.1416	1.9852	0.9109	0.0139	0.1409	0.75	0.55	1.94
3	3.1416	1.7687	0.9033	0.0139	0.1330	0.75	0.55	1.88
4	3.1416	1.1343	0.8737	0.0139	0.1065	0.75	0.55	1.65
5	3.1416	1.6532	0.8982	0.0139	0.1286	0.75	0.55	1.84
6	3.1416	1.4428	0.8892	0.0139	0.1201	0.75	0.55	1.77
7	3.1416	0.0000	-	0.0139	0.0000	0.75	0.55	-
8	3.1416	1.0669	0.8698	0.0139	0.1033	0.75	0.55	1.62
9	3.1416	0.4372	0.8226	0.0139	0.0661	0.75	0.55	1.26
Prom.	3.1416	1.4421	0.6835	0.0139	0.1201	0.75	0.6	1.74

❖ Método de la ecuación de Hooghoudt

Esta ecuación está dada por dos ecuaciones, para el estrato equivalente (D_e) se trabaja con la ecuación 4.

Para el cálculo del estrato equivalente (D_e), se tomó en cuenta la altura del nivel de agua en los drenes respecto a la capa impermeable (D), también el espaciamiento entre drenes en metros (L), junto con el valor de perímetro mojado (u).

Tabla 15.

Método de la ecuación de Hooghoudt

i	L	D	u	π	D_e (m)
1	4.71	5	0.31416	3.1416	0.5896
2	3.22	5	0.31416	3.1416	0.4187
3	2.99	5	0.31416	3.1416	0.3911
4	2.25	5	0.31416	3.1416	0.3001
5	2.85	5	0.31416	3.1416	0.3742
6	2.61	5	0.31416	3.1416	0.3448
7	-	5	0.31416	3.1416	-
8	2.16	5	0.31416	3.1416	0.2888
9	1.25	5	0.31416	3.1416	0.1713

Para determinar la longitud entre drenes se usó la ecuación 6, tomando en cuenta el estrato equivalente hallado con la ecuación 4, el caudal evacuado por el dren (q) y los datos hallados de la conductividad hidráulica (K abajo, K arriba)

Tabla 16.

Longitud entre drenes

I	d	mo	q (m/d)	K abajo	K arriba	L
1	0.5896	0.7500	0.9108	3.4910	3.4910	4.71
2	0.4187	0.7500	0.9108	1.9852	1.9852	3.22
3	0.3911	0.7500	0.9108	1.7687	1.7687	2.99

4	0.3001	0.7500	0.9108	1.1343	1.1343	2.25
5	0.3742	0.7500	0.9108	1.6532	1.6532	2.86
6	0.3448	0.7500	0.9108	1.4428	1.4428	2.62
7	-	0.7500	0.9108	0.0000	0.0000	-
8	0.2888	0.7500	0.9108	1.0669	1.0669	2.16
9	0.1713	0.7500	0.9108	0.4372	0.4372	1.25

Tabla 17.

Comparación de los dos métodos

Longitud de dren		
I	Ecuación de Glover-Dumm	Ecuación de Hooghoudt
1	2.31	4.710
2	1.94	3.222
3	1.88	2.988
4	1.65	2.246
5	1.84	2.856
6	1.77	2.616
7	-	-
8	1.62	2.160
9	1.26	1.254
Promedio	1.79	2.76

La distancia promedio de separación promedio entre drenes hallada por la ecuación Hooghoudt fue mayor que la distancia por la ecuación de Glover-Dumm con 2.76 metros y 1.79 metros respectivamente, sin embargo, como son distancias muy pequeñas entre tuberías el costo sería elevado en cuanto al movimiento de tierras y la cantidad de tuberías a utilizar.

Los resultados indican que debido a la conductividad hidráulica no se puede implementar un sistema de drenaje en la estructura del suelo natural que se tiene, ya que presenta un bajo valor, la capa superficial del suelo del estadio municipal de Taricá acumula el agua, prácticamente esta no fluye al saturarse y a metro y medio de profundidad la capacidad de campo o humedad del suelo indica que no se acumula mucha a esa profundidad.

Por tal motivo se considerará mejorar la capa superficial de suelo del estadio municipal de Taricá, hasta obtener una permeabilidad que permita evacuar los excesos de agua de precipitación.

❖ PROPUESTA DE NUEVO SUELO

Tabla 18.

Propiedades físicas e hidráulicas del nuevo suelo

Estrato	Suelo	Prof.	Densidad (gr/cm ³)		K (m/d)	μ	Ib (mm/h)
			Da	Dr			
1	Cultivo arenoso	0.0-0.20	1.55 - 1.70	2.5-2.6	1.5-1.7	12.5	8.0-2.0
2	Arena media	0.20-0.25	1.60 - 1.80	2.6-2.7	8.0000	28.28	
	grava	0.25-0.45	1.60 - 1.890	2.7-2.8	8.0000	28.28	

Nota. Corrales, Julio. Loaiza, Y.

❖ PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Mediante interpolación se estimó el valor máximo diario de precipitación para el lugar de trabajo, obteniendo 37.95 mm/h, según lo calculado con los resultados de los gráficos I-D-F identificada con la estación de Santiago Antúnez de Mayolo y la estación de Yungay, tal como se muestra.

Tabla 19.

Proceso de interpolación

LUGAR	ALTITUD (M.S.N.M.)	INTENSIDAD (MM/H)
Santiago Antúnez de Mayolo	Y0: 3079	X0: 40
Estadio municipal de Taricá	Y: 2793	X
Yungay	Y1: 2466	X1: 35.6

Mediante la ecuación 7 obtenemos la intensidad para el estadio municipal de Taricá

$$X = \frac{40 + \left(\frac{3079 - 2793}{2793 - 2466} \times 35.6 \right)}{\left(\frac{3079 - 2793}{2793 - 2466} \right) + 1} = 37.95 \text{ mm} = 0.91 \text{ m/día}$$

Este será el valor para el cual se diseñará el drenaje y con el valor del área de la cancha, el cual es 60 m de ancho x 100 m de largo.

La **cantidad de precipitación en el área de la cancha** se calcula con:

$$V.E. = \text{Precipitación máxima} \times \text{Área de la cancha} \dots (8)$$

Ecuación 8. Volumen de esorrentía en el área de la cancha

$$Vl. \text{ de esorrentía} = 37.95 \text{ mm} \times 6000 \text{ m}^2$$

$$Vl. \text{ de esorrentía} = 0.03795 \text{ m} \times 6000 \text{ m}^2 = 227.7 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal de lluvia} = \frac{Vl. \text{ de esorrentía}}{\text{duración de lluvia}} \dots (9)$$

Ecuación 9. Caudal de precipitación en el área de la cancha

$$\text{Caudal de lluvia} = \frac{227.7 \text{ m}^3}{1 \text{ hora}}$$

$$\text{Caudal de lluvia o esorrentía} = \frac{227.7 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = \mathbf{0.06325 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Se utiliza la ecuación de Manning para encontrar los caudales en tuberías de distintos diámetros y pendientes.

$$V = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \dots (10)$$

Ecuación 10. Ecuación de Manning

Tabla 20.

Caudales por tubería, con el valor de $n=0.009$ para tuberías de pvc

Descripción de la tubería			Pendiente (S) 1%		Pendiente (S) 2%	
Diámetro nominal de la tubería	Radio hidráulico (R)		Velocidad de tubería (V)	Caudal de tubería	Velocidad de tubería	Caudal de tubería
[mm]	[mm]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ³ /s]
110	27.5	0.0275	1.01	0.00962	1.43	0.0136
160	40	0.04	1.3	0.0261	1.84	0.0370
200	50	0.05	1.51	0.0474	2.13	0.0670

Nota. (Villagómez & Castellanos, 2020)

Se observa que la tubería de 200mm con una pendiente del 2% es suficiente para soportar el caudal de toda la cancha. A continuación, se aplican distintas fórmulas para obtener el espaciamiento entre drenes.

El espaciamiento entre drenes para un terreno con el nuevo perfil propuesto se procedió con el cálculo de porosidad drenable y perímetro mojado. Al sustituir el subsuelo con arena gruesa y grava, aumentaría su conductividad hidráulica a K: 6 m/d, haciendo que el suelo sea óptimo para un sistema de drenaje.

Para la ecuación de Glover Dumm.

Mediante la ecuación 2, hallamos la porosidad drenable con K: 6 m/d.

$$\mu = \sqrt{8 \text{ m/día}}$$

$$\mu = \sqrt{800 \text{ cm/día}} = 28.28\%$$

Mediante las ecuaciones (3 y 4) calculamos el perímetro mojado y el estrato equivalente.

$$PM = \left(\frac{(3.1416 \times 0.2 \text{ m} \times 180^\circ)}{360^\circ} \right) \quad De = \left(\frac{D}{\frac{8D}{\pi L} \left(\ln \frac{D}{u} \right) + 1} \right)$$

$$PM(u) = 0.3142\text{m} \quad De = \left(\frac{1 \text{ m}}{\frac{8(1\text{m})}{3.1416(4.44\text{m})} \left(\ln \frac{(1\text{m})}{0.3142 \text{ m}} \right) + 1} \right)$$

$$De = 0.601\text{m}$$

Con los datos de porosidad drenable, perímetro mojado y el estrato equivalente, calculamos el espaciamiento entre drenes con la ecuación 5 de Glover Dumm, la cual se muestra a continuación:

$$L = 3.1416 \left[\frac{\left[\frac{8\text{m}}{d} \times 0.4883\text{m} \times 0.0417 \text{ días} \right]^{\frac{1}{2}}}{0.2450} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\ln 1,16 \frac{0.65 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 4.44 \text{ m}$$

Para la ecuación de Hooghoudt

Mediante las ecuaciones (3 y 4) calculamos el perímetro mojado y el estrato equivalente.

$$PM = \left(\frac{(3.1416 \times 0.2m \times 180^\circ)}{360^\circ} \right)$$

$$PM (u) = 0.3142m$$

$$De = \left(\frac{D}{\frac{8D}{\pi L} \left(\ln \frac{D}{u} \right) + 1} \right)$$

$$De = \left(\frac{1m}{\frac{8(1m)}{3.1416(5.76m)} \left(\ln \frac{(1m)}{0.3142} \right) + 1} \right)$$

$$De = 0.6615m$$

Con los datos de porosidad drenable, perímetro mojado y estrato equivalente, calculamos el espaciamiento entre drenes mediante la ecuación 6 de Hooghoudt, la cual se muestra a continuación:

$$L^2 = \frac{8 \times 8 \times 0.6615 \times 0.65 + 4 \times 1.6 \cdot 0.65^2}{0.911}$$

$$L = 5.76 \text{ m}$$

A partir de esto, ya contando con los datos de caudal de precipitación dentro del área de la cancha y el dato de espaciamiento con ambas ecuaciones, se tomó en consideración redondear a 5 metros, procediendo a calcular el área de los drenes y posteriormente el caudal que fluye por cada tubería secundaria

$$V.E. = \text{Precipitación máxima} \times \text{Área de los drenes} \dots (11)$$

Ecuación 11. Volumen de escorrentía en el área de los drenes

$$Vl. \text{ de escorrentía} = 37.95 \text{ mm} \times (\text{Espaciamiento entre drenes} \times \text{ancho de la cancha})$$

$$Vl. \text{ de escorrentía} = 0.03795 \text{ m} \times (5 \times 30) = 5.6925 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal de lluvia} = \frac{Vl. \text{ de escorrentía}}{\text{duración de lluvia}} \dots (12)$$

Ecuación 12. Caudal de precipitación en el área de los drenes

$$\text{Caudal de lluvia} = \frac{5.6925 \text{ m}^3}{1 \text{ hora}}$$

$$\text{Caudal de lluvia o escorrentia} = \frac{5.6925 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = \mathbf{0.001581 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Se utiliza la ecuación 10 de Manning para encontrar los caudales en tuberías de distintos diámetros y pendientes.

Con un valor de $n = 0.009$ par tuberías de PVC

Tabla 21.

Caudales por tubería

Descripción de la tubería			Pendiente 1%		Pendiente 2%	
Diámetro nominal de la tubería	Radio hidráulico		Velocidad de tubería	Caudal de tubería	Velocidad de tubería	Caudal de tubería
[mm]	[mm]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ³ /s]
110	27.5	0.0275	1.01	0.00962	1.43	0.0136
160	40	0.04	1.3	0.0261	1.84	0.0370
200	50	0.05	1.51	0.0474	2.13	0.0670

Nota. (Villagómez & Castellanos, 2020)

Se puede observar que la tubería de 110 mm con una pendiente del 1% es ideal para el diseño de las tuberías secundarias.

Mediante simulaciones se calculó que el caudal de precipitación dentro de la cancha es 0.06325 m³/s necesitando una tubería de 200 mm de diámetro con pendiente de 2%, después de proponer un nuevo perfil de suelo con la finalidad de mejorar el suelo para el diseño del sistema de drenaje, logrando un espaciamiento entre drenes de 5.36 y 5.28 metros, tomando como valor para los cálculos posteriores el valor de espaciamiento entre drenes de 5 metros el cual generará un caudal de tubería de 0.001581 m³/s, seleccionando una tubería de 110 mm de diámetro con pendiente de 1%.

Como es una aproximación se puede tomar $L=5$ y $100/5 = 20$, se necesitan 40 drenes para tener un distanciamiento cercano al óptimo que drenará más por tener más drenes.

V. CONCLUSIONES

Se analizó las precipitaciones registradas en los últimos 10 años del distrito de Taricá a partir de las estaciones de Santiago Antúnez de Mayolo de Huaraz y de Yungay, donde se obtuvo por interpolación una precipitación de diseño de 37.95 mm/h para un periodo de retorno de 5 años y una duración de 20 minutos para el estadio municipal de Taricá.

Se analizó los aspectos hidrogeológicos del Estadio municipal de Taricá, obteniendo una conductividad hidráulica variable que va desde $K: 0$ m/d hasta un $K: 3.49$ m/d una porosidad drenable promedio de 10.94%, perímetro mojado de 0.3142m y otras características como en 75% de las muestras de suelo tiene grava, arcilla y limo, no muy permeable, una humedad o capacidad de campo entre 4.6% y 5.6%, relativamente baja; un nivel de límite líquido cercano a 25%, que lo hace un suelo duro.

Se determinó el régimen de flujo para un óptimo dimensionamiento del sistema de drenaje del Estadio municipal de Taricá, el más amplio entre drenes que se puede tomar, son los datos resultados de la simulación de $L=5$ m, debido que la separación entre drenes calculada no fue eficiente ya que tuvieron valores menores a 5 metros de separación, tomando un $L=5$ m se tienen más drenes y mayor evacuación, se deben construir 40 drenes con pendiente hacia los lados. Las dimensiones simuladas para de la tubería fueron con un tubo de diámetro 200 mm para todo el caudal de la cancha y 110 mm de diámetro para las tuberías secundarias que garantizarán la evacuación de los excesos de agua por precipitación y riego.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda sustituir toda la capa superficial por grama artificial de modo que esta tenga un espesor menor con mayor flujo de agua hacia los drenes, el cual permitirá un mayor número de partidos al día, reduciendo costos por mantenimiento.

Se recomienda que las tuberías cumplan las exigencias de norma ISO 4435 y que se tome en cuenta su nivel de rigidez para evitar posibles deflexiones en su sección.

Referente a la base granular se debe tener en cuenta el contar con un material con características de resistencia, compresibilidad, permeabilidad y que permita una compactación adecuada del estrato granular drenante para obtener una superficie compacta y nivelada.

VII. REFERENCIAS

- Alvarado, C., & Barahona, B. (2016). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico El Salvador. *Cuadernos de Investigación UNED* . Obtenido de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf>
- Arias, M. (Sábado de julio de 2017). Gigantes mejoran sistema de drenaje del Julián Javier. *Listin Diario*. Obtenido de <https://listindiario.com/el-deporte/2017/07/22/475102/gigantes-mejoran-sistema-de-drenaje-del-julian-javier>
- Azari, B., & Tabesh, M. (2022). Urban storm water drainage system optimization using a sustainability index and LID/BMPs. *Sustainable Cities and Society*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721007666>
- Barbecho, J., & Calle, J. (2012). *Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la Subcuenca del Rio Tarqui*. Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/771/1/ti897.pdf>
- Bayona, G. (2018). El inicio de la emergencia en los Andes del norte: una perspectiva a partir del registro tectónico-sedimentológico del Coniaciano al Paleoceno. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082018000400364
- Bermejo, L., García, A., & Soler, L. (2021). Influencia de la vegetación en la conductividad hidráulica en tres tipos de coberturas forestales. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382021000200052
- Chavarría-Vidal, A., Honorio, J., & Farias-Ramírez, A. (2020). Construcción de una mesa de succión de doble capa de bajo costo para definir macroporosidad (porosidad drenable) y microporosidad. *Revista Tecnología en Marcha*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822020000300090&script=sci_arttext

- Criollo Tupiza, L. F. (2021). *Diseño del sistema de riego por aspersión y sistema de drenaje de la cancha principal de la Liga Parroquial Zambiza, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22716>
- Fernandez, E. (23 de Febrero de 2014). Obtenido de <https://www.neoteo.com>:
<https://www.neoteo.com/el-diseno-de-los-estadios-de-futbol-el-cesped/>
- Fuentes, C. R. (2018). HIDFUN una herramienta para la extracción y análisis de pluviogramas. *XXVIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA*. Obtenido de https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_193.pdf
- Garavito, J. (2008). *Temperatura*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/6299_temperatura.pdf
- García Guevara, D. J. (2018). *Viabilidad económica del diseño e implementación del sistema de drenaje para la cancha de césped natural de la USFQ*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7337>
- García, M., Heuguet, Y., López, S., Morales, D., & Vásquez, D. (2017). *Diseño De Un Sistema De Drenaje Para Los Cultivos De Caña De Azúcar Ubicados En La Suerte 52 De La Hacienda La Cabaña - Municipio De Puerto Tejada*. Santiago de Cali. Obtenido de file:///C:/Users/Sistem/Desktop/Dise%C3%B1o_sistema_drenaje.pdf
- García, Y., Montoya, N., & Rodríguez, D. (2013). *Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de La Concepción-Masaya*. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni/5008/1/94342.pdf>
- Goicochea, J. (2016). Flujo de agua subterránea hacia los drenes. StuDocu. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-altiplano-de-puno/hidrogeologia/flujo-de-agua-drenes-dsda/16252633>

- Gutiérrez-López, A., & Barragán-Regalado, R. (2020). Ajuste de curvas IDF a partir de tormentas de corta duración. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(6). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222019000600001
- Hailong, Y., Yue, W., Yang, Y., Jingshui, H., & Zuxin, X. (2020). Tryptophan-like fluorescence as a fingerprint of dry-weather misconnections into storm drainage system. *Environmental Sciences Europe volume*. Obtenido de <https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-020-00336-3>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGrawHill.: México DF, México.
- Hoyos Aguilar, J. W. (2019). *Diseño de un sistema de drenaje en el fundo San Juan. Distrito Chao. Provincia de Virú. La Libertad. 2019*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12378>
- Jiun-Huei, J., Tien-Hao, C., & Wei-Bo, C. (2018). Effect of inlet modelling on surface drainage in coupled urban flood simulation. *Journal of Hydrology*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169418303391>
- Jordán, A. (2006). *Manual de Edafología*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>
- Lingling, H., & Haiyang, L. (2021). RETRACTED ARTICLE: Risk assessment of extreme rainfall climate change and sports stadium sports based on video summarization algorithm. *Environment and Low Carbon Transportation*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-021-07961-z>
- Liotta, M. (2015). *Manual de capacitacion :drenaje de suelos para usso agrícola*. UCAR. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_drenaje_de_suelos_para_uso_agricola.pdf

- Melentijevic, S., Moreno, J., & Blanco, P. (2018). Numerical modelling of vertical drains. *Geotecnia*. Obtenido de <https://impactum-journals.uc.pt/geotecnia/article/view/10218>
- Mendoza, D. (2017). *Diseño de riego, drenaje y gramado para la cancha de football del estadio municipal del Cantón Santa Lucía*. Ecuador: Universidad De Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19644/1/Mendoza%20Osorio%20Darwin%20Alexi.pdf>
- Mendoza, J. C. (2021). Análisis Hidrológico de la Cuenca Rocafuerte para Estimar el Potencial Hídrico de la Zona. *Revista Tecnológica ESPOL*, 33(1). Obtenido de <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/783>
- Moreno, M. (2009). *Elementos y factores climáticos: los climas*. Obtenido de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_25/M_JOSE_MORENO_2.pdf
- Pérez, R., Jiménez, E., & Silveira, J. (2020). Evaluación de modelos de infiltración en riego por surcos en suelos oscuros plásticos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382020000100043&script=sci_arttext&tlng=en
- Pumallanqui Rincón, R. R. (2021). *Diseño de un drenaje por línea para evacuación de aguas subterráneas del estadio municipal de Talavera, Andahuaylas, Apurímac 2021*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72145>
- Robles Chávez, N. P. (2020). *Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52711>
- Rucks, L., García, F., Kapitán, A., Ponce, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del suelo*. Uruguay : Universidad de la República. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

- Sanchez Fernandez, D. A. (2021). *Análisis y diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, región Lambayeque*. Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4163>
- Santander, J. (2017). *Diseño de instalación del sistema de drenaje y base del estadio institucional educativa glorioso San Carlos-Puno*. Puno: Universidad Nacional Del Antiplano. Obtenido de file:///C:/Users/Sistem/Desktop/Santander_Tuni_Jose_Carlos.pdf
- Segerer, c., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Obtenido de <http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>
- Spiegato. (2022). ¿Cuáles son los diferentes métodos de instalación de drenaje? *Spiegato*. Obtenido de <https://spiegato.com/es/cuales-son-los-diferentes-metodos-de-instalacion-de-drenaje>
- Trapote, A., & Fernández, H. (2016). *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible*. Obtenido de <http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>
- Villagómez Marín, K. A., & Castellanos Vásconez, J. N. (2020). *Diseño del sistema de drenaje de la cancha de fútbol de la Comuna Central Tumbaco*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8825>
- Villón, M. (2005). ESPADREN: Software para el cálculo de espaciamiento de drenes terciarios. *Tecnología en Marcha*. Obtenido de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/210/208

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Panel Fotográfico

Foto n° 01: Ubicación y demarcación de calicatas para estudio de suelos y prueba de conductividad hidráulica.



Foto n° 02: Ubicación y demarcación de puntos para estudio de suelos y prueba de conductividad hidráulica.



Foto n° 03: Excavación de calicatas con apoyo de maquinaria.



Foto n° 04: Excavación manual de calicatas.



Foto n° 05: Materiales para prueba de conductividad hidráulica y estudio de suelos.



Foto n° 06: Toma de muestras para llevar al laboratorio de suelo.



Foto n° 07: Prueba de barreno Invertido para cálculo de conductividad hidráulica del suelo



Foto n° 08: Prueba de barreno Invertido para cálculo de conductividad hidráulica del suelo.



Foto n° 09: Prueba de barreno Invertido para cálculo de conductividad hidráulica del suelo.



Foto n° 10: Toma de datos del nivel de descenso de agua en la Prueba de barreno Invertido.

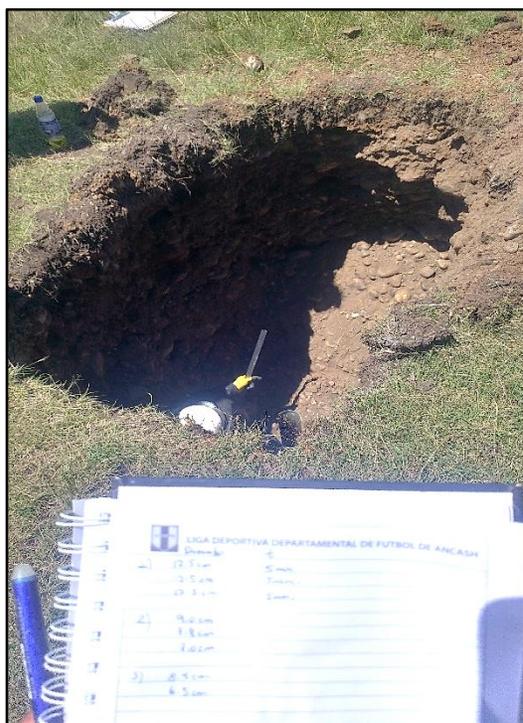


Foto n° 11: Nulo descenso de agua en la Prueba de barreno Invertido.



Foto n° 12: Cierre de Calicatas.



ANEXO 2. Análisis de suelos

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Calicata N°		C-01	C-02	C-03	C-04
Muestra		Mab.01	Mab.01	Mab.01	Mab.01
Profundidad (m)		2.00	2.00	2.00	2.00
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA POR MALLA DE PORCION DE MATERIAL MEJOR DE 3"	3"	100.00	100.00	100.00	100.00
	1 1/2"	91.31	94.60	97.11	95.85
	3/4"	64.84	65.53	73.24	67.69
	3/8"	50.43	52.88	55.70	56.21
	N° 4	38.96	42.18	43.63	46.15
	N° 8	31.59	34.31	35.72	42.62
	N° 10	29.26	31.81	33.29	40.60
	N° 16	24.65	26.11	28.73	36.46
	N° 30	17.64	16.81	21.68	29.75
	N° 40	14.02	14.74	18.16	28.57
	N° 50	10.66	12.17	14.70	27.15
	N° 100	6.27	8.38	9.66	23.82
	N° 200	4.88	6.95	7.91	22.20
Coeff. Uniformidad	Cu	56.37	70.34	72.33	---
Coeff. Concavidad	Cc	1.11	1.02	1.07	---
LIMITES DE	L.L.	NP	0.00	0.00	26.60
	L.P.	NP	0.00	0.00	20.94
CONSISTENCIA	IP	NP	0.00	0.00	5.66
HUMEDAD NATURAL		4.56	4.30	6.42	5.69
CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS) ASTM D-2487		GW	GW-GM	GW-GM	GM-GC
NOMBRE DE GRUPO		Grava Bien Graduada	Grava Bien Graduada - Grava Limosa	Grava Bien Graduada - Grava Limosa	Grava Limosa - Grava Arcillosa



Ros/Ros

SOLICITA	: FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	: "DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARICÁ PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO	: C-01
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

POZO	: C-01						
MUESTRA	: Mab-01						
PROFUNDIDAD (m)	: 2.00 mts.						
FRASCO N°							
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	133.25	134.25					
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	129.42	130.15					
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	3.83	4.10					
(4) Pfr (gr)	42.30	43.30					
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	87.12	86.85					
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	4.40	4.72					
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	4.56 %						

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

SOLICITA	FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO MUNICIPAL DE TARIÁ PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO	: C-01
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO ASTM D-4318

Ensayo	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Datos						
Frasco N°						
N. De golpes						
(1) Pfr + P.S.H. (gr)						
(2) Pfr + P.S.S. (gr)						
(3) Pagua (gr) (1) - (2)				N.P.		
(4) Pfr (gr)						
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)						
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)						

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo húmedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua



Límite Líquido (L.L.) =	NP	Límite Plástico (L.P.) =	NP	Índice Plasticidad (I.P.) =	NP
-------------------------	----	--------------------------	----	-----------------------------	----

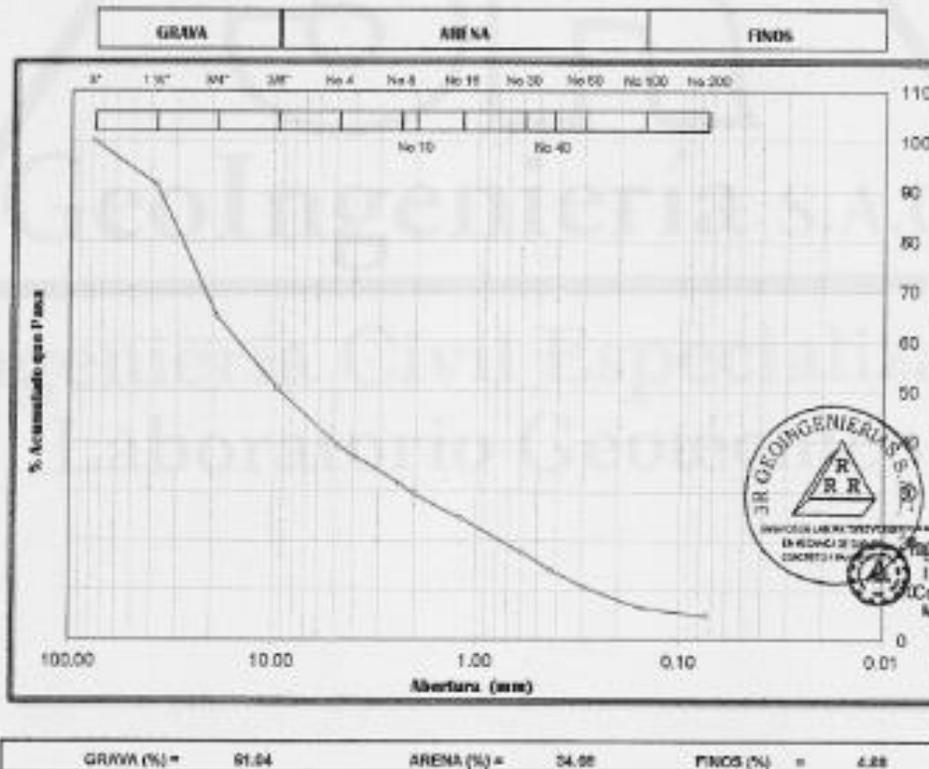


SOLICITA : FRANCK BARZOZA VEAS	LUGAR : Estado Municipal de Tarica
PROYECTO : "DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVOLUCIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	CALICATA : C-01
	MUESTRA : Mab-01
	PROFUNDIDAD : 2.00 mts
	FECHA : 11 de Febrero del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
CLASIFICACIÓN ASTM D-422

PESO INICIAL SECO : 2000.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 4.88
PESO LAVADO SECO : 1907.90 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamizaje ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Queda Pasa	Retención de arena
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1 1/2"	38.100	173.80	8.69	8.69	91.31	38.96
3/4"	19.050	529.40	26.47	35.16	64.84	4.88
3/8"	9.525	288.20	14.41	49.57	50.43	LL
No 4	4.750	229.40	11.47	61.04	38.96	LP
No 8	2.380	147.50	7.38	68.42	31.58	LP
No 10	2.000	46.50	2.33	70.74	29.26	D10
No 16	1.190	92.20	4.61	75.35	24.65	D60
No 30	0.590	140.30	7.02	82.37	17.64	Cu
No 40	0.425	72.40	3.62	85.99	14.02	Cc
No 50	0.297	67.10	3.36	89.34	10.66	w (%)
No 100	0.149	87.80	4.39	93.73	6.27	ORAYA (%)
No 200	0.074	27.70	1.39	95.12	4.88	ARENA (%)
> No 200	0.000	5.60	0.28	95.40	4.60	FINOS (%)
TOTAL		1907.90	95.40			



SOLICITA	: FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARIQA PARA GARANTIZAR LA EVACUACION DE LOS EXCESOS DE AGUA"	CALICATA	: C-01
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (S_s) - ASTM D854

CALICATA	: C-01		
MUESTRA	: Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	: 2.00 mts.		
(1) Peso del frasco Vol + Peso Suelo Seco (gr)	86.33	86.17	87.45
(2) Peso del frasco Volumétrico (gr)	54.18	53.25	57.45
(3) Peso del Suelo Seco (gr)	32.15	32.92	30.00
(4) Peso del frasco + Peso Suelo Seco + P de agua (gr)	173.25	173.02	173.45
(5) Peso del frasco Vol + P del agua (gr)	153.26	153.00	154.83
(6) Peso Especifico Relativo de Sólidos	2.64	2.65	2.64
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	2.64		

SOLICITA	: FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARIQA PARA GARANTIZAR LA EVACUACION DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO	: C-02
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

POZO	: C-02		
MUESTRA	: Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	: 2.00 mts.		
FRASCO N°			
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	78.15	79.26	
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	76.95	77.44	
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	1.90	1.82	
(4) Pfr (gr)	35.00	34.50	
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	41.36	42.94	
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	4.35	4.24	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	4.30 %		

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo húmedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

SOLICITA : FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR : Distrito Municipal de Tarica
PROYECTO : DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACION DE LOS EXCESOS DE AGUA	CALICATA : C-02
	MUESTRA : Mab-01
	PROFUNDIDAD : 2.00 mts.
	FECHA : 11 de Febrero del 2020

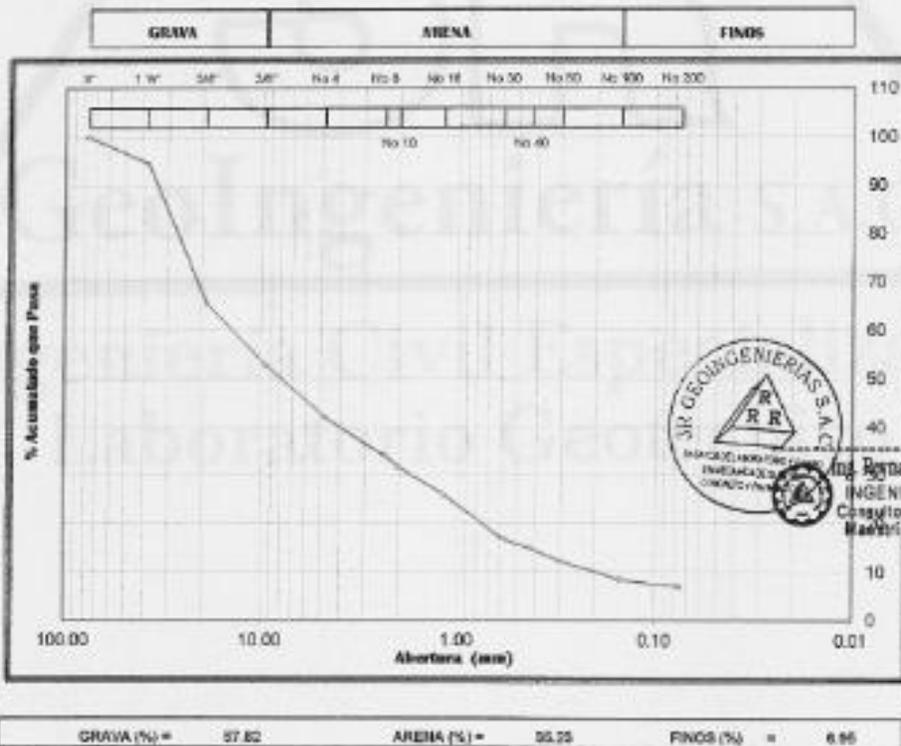
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

PESO INICIAL SECO : 2000.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 6.95
 PESO LAVADO SECO : 1868.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamizos ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	108.10	5.41	5.41	94.60
3/4"	19.050	581.40	29.07	34.48	65.53
3/8"	9.525	252.90	12.65	47.12	52.88
No 4	4.750	214.00	10.70	57.82	42.18
No 8	2.380	137.20	6.86	64.68	35.31
No 10	2.000	50.00	2.50	67.18	32.81
No 16	1.190	113.50	5.70	72.88	27.11
No 20	0.850	186.00	9.30	82.18	17.81
No 40	0.425	41.40	2.07	84.25	15.74
No 50	0.297	31.30	1.57	85.82	14.17
No 100	0.149	75.60	3.78	89.60	10.39
No 200	0.074	28.60	1.43	91.03	8.96
> No 200	0.000	7.10	0.36	91.39	8.60
TOTAL		1868.00	93.40		

Resumen de datos	
% que pasa 3"	100.00
% que pasa 1 1/2"	42.18
% que pasa 3/4"	65.53
L.L.	0.00
L.P.	0.00
L.P.	0.00
D10	0.200
D30	1.697
D60	14.072
Cu	70.34
Cc	1.022
w (%)	4.36
GRAVA (%)	57.82
ARENA (%)	35.23
FINOS (%)	6.95



SOLICITA	: FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACION DE LOS EXCESOS DE AGUA"	CALICATA	: C-01
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (S_s) - ASTM D854

CALICATA	: C-01		
MUESTRA	: Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	: 2.00 mts.		
(1) Peso del frasco Vol + Peso Suelo Seco (gr)	86.33	86.17	87.45
(2) Peso del frasco Volumétrico (gr)	54.18	53.25	57.45
(3) Peso del Suelo Seco (gr)	32.15	32.92	30.00
(4) Peso del frasco + Peso Suelo Seco + P de agua (gr)	173.25	173.52	173.45
(5) Peso del frasco Vol + P de agua (gr)	153.28	153.00	154.83
(6) Peso Especifico Relativo de Sólidos	2.64	2.65	2.64
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	2.64		

SOLICITA	: FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACION DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO	: C-02
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

POZO	: C-02		
MUESTRA	: Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	: 2.00 mts.		
FRASCO N°			
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	78.15	79.26	
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	76.35	77.44	
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	1.80	1.82	
(4) Pfr (gr)	35.00	34.50	
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	41.35	42.94	
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	4.36	4.24	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	4.30 %		

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo húmedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

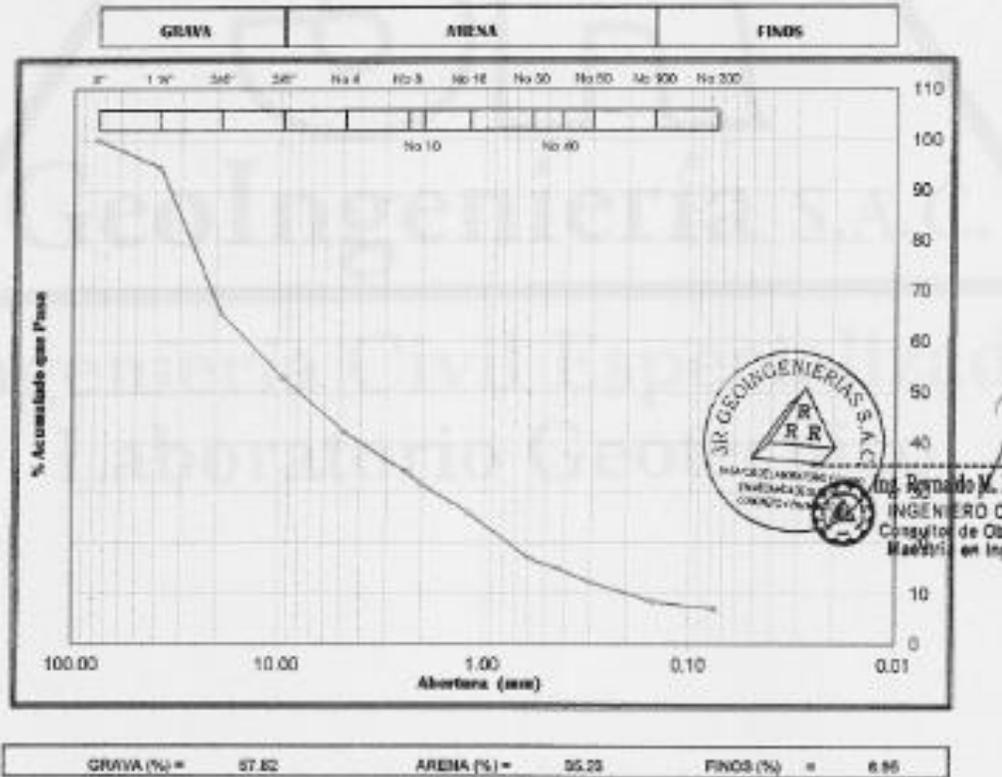
SOLICITA : FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR : Doble Municipal de Tarico
PROYECTO : "DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	CALICATA : C-02
	MUESTRA : Mab-01
	PROFUNDIDAD : 2.00 mts.
	FECHA : 11 de Febrero del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
CLASIFICACIÓN ASTM D-422

PESO INICIAL SECO : 2000.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 6.95
 PESO LAVADO SECO : 1868.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamizaje ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	108.10	5.41	5.41	94.59
3/4"	19.050	581.80	29.07	34.48	65.52
3/8"	9.525	252.90	12.65	47.12	52.88
No 4	4.750	214.00	10.70	57.82	42.18
No 8	2.380	137.20	7.86	65.70	34.30
No 10	2.000	90.00	2.90	68.20	31.80
No 16	1.190	113.90	5.70	73.89	26.11
No 30	0.590	185.00	9.30	83.19	16.81
No 40	0.425	81.40	2.07	85.26	14.74
No 50	0.297	31.30	2.58	87.84	12.17
No 100	0.149	35.60	2.78	91.62	8.38
No 200	0.074	28.60	1.43	93.05	6.95
> No 200	0.000	7.10	0.36	93.40	6.60
TOTAL		1868.00	93.40		

Resumen de datos	
% que pasa 3"	100.00
% que pasa 1 1/2"	42.18
% que pasa 3/4"	65.52
E.L.	0.00
E.P.	0.00
I.P.	0.00
D10	0.200
D30	1.607
D60	14.072
Cu	70.34
Cc	1.022
w(%)	4.36
GRAVA (%)	57.82
ARENA (%)	35.23
FINOS (%)	6.95



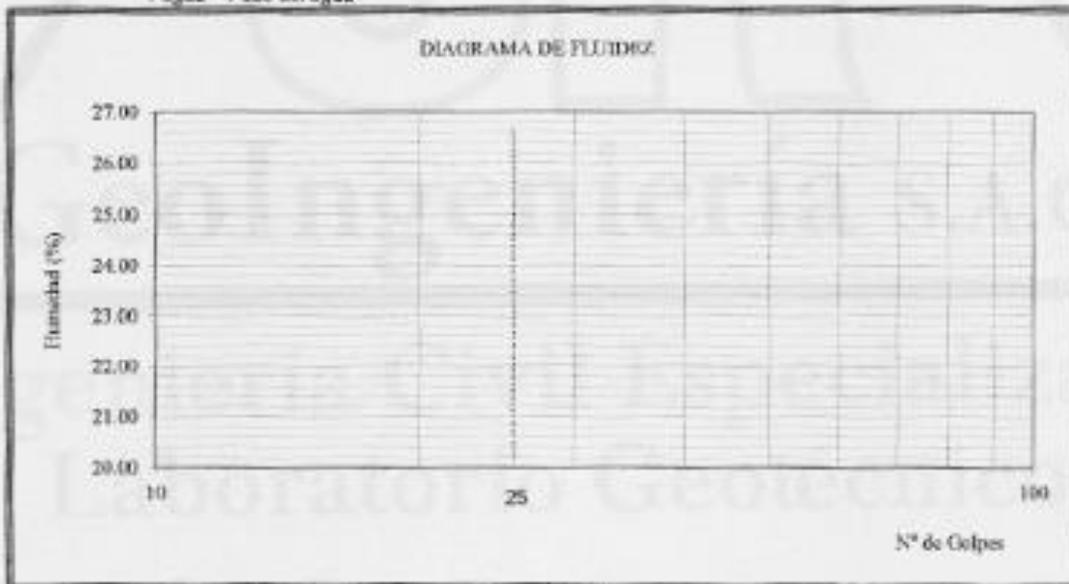
SOLICITA	FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR	: Estado Municipal de Tarica
PROYECTO	"DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO	: C-02
		MUESTRA	: Mab-01
		PROFUNDIDAD	: 2.00 mts.
		FECHA	: 11 de Febrero del 2020

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO ASTM D-4318

Ensayo	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Datos				
Frasco N°				
N. De golpes				
(1) Pfr + P.S.H. (gr)				
(2) Pfr + P.S.S. (gr)				
(3) Pagua (gr) (1) - (2)			N.P.	
(4) Pfr (gr)				
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)				
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)				

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H = Peso del suelo humedo
P.S.S = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua



Límite Líquido (L.L.) = 0.00	Límite Plástico (L.P.) = 0.00	Índice Plástico (I.P.) = 0.00
------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

SOLICITA : FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR : Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO : "DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO : C-02
	MUESTRA : Mab-01
	PROFUNDIDAD : 2.00 mts.
	FECHA : 11 de Febrero del 2020

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Ss) - ASTM D854

POZO	C-02		
MUESTRA	Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	2.00 mts.		
(1) Peso del frasco Vol + Peso Suelo Seco (gr)	96.74	95.22	97.66
(2) Peso del frasco Volumétrico (gr)	63.15	55.15	60.35
(3) Peso del Suelo Seco (gr)	33.59	43.07	37.31
(4) Peso del frasco + Peso Suelo Seco + P de agua (gr)	172.80	177.76	174.81
(5) Peso del frasco Vol + P del agua (gr)	151.57	150.63	151.32
(6) Peso Especifico Relativo de Sólidos	2.72	2.71	2.70
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	2.71		

SOLICITA : FRANCK SARZOZA VEAS	LUGAR : Estadio Municipal de Tarica
PROYECTO : "DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE ESTADIO MUNICIPAL DE TARICA PARA GARANTIZAR LA EVACUACIÓN DE LOS EXCESOS DE AGUA"	POZO : C-03
	MUESTRA : Mab-01
	PROFUNDIDAD : 2.00 mts.
	FECHA : 11 de Febrero del 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

POZO	C-03		
MUESTRA	Mab-01		
PROFUNDIDAD (m)	2.00 mts.		
FRASCO N°			
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	52.15	72.15	
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	50.22	68.48	
(3) Agua (gr) (1) - (2)	1.93	3.66	
(4) Pfr (gr)	16.35	17.25	
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	33.87	51.24	
(6) C. Humedad (%) (3)/(5)	5.70	7.14	
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	6.42 %		

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo húmedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Agua = Peso del agua

ANEXO 3. Planos

Plano topográfico estadio municipal de Taricá

Plano general del estadio municipal de Taricá

Diseño del sistema de drenaje del estadio municipal de Taricá