



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**USO E INFLUENCIA DEL AGREGADO CANTO RODADO
EN LA PERMEABILIDAD DE DRENAJE EN CAMPO
DEPORTIVO DE CÉSPED SINTÉTICO,
MOQUEGUA, 2019**

PRESENTADO POR:

BACHILLER FREDY OSCAR ARIZACA TINTAYA

ASESOR:

ING. EMERSHON ESCOBEDO CABRERA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

MOQUEGUA – PERÚ

2021

CONTENIDO

PORTADA

PAGINA DE JURADO	i
AGRADECIMIENTO	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE APÉNDICES	x
INTRODUCCIÓN	xv
CAPITULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la realidad del problema	1
1.2. Definición del Problema	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos.	4
1.2.2.1. Problema específico 1.	4
1.2.2.2. Problema específico 2.	4
1.2.2.3. Problema específico 3.	4
1.3. Objetivos de la Investigación	5
1.3.1. Objetivo general.	5
1.3.2. Objetivos específicos.	5
1.3.2.1. Objetivo específico 1.....	5
1.3.2.2. Objetivo específico 2.....	5
1.3.2.3. Objetivo específico 3.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Desde la perspectiva de conveniencia.....	6
1.4.2. Desde la perspectiva social.	6
1.4.3. Desde la perspectiva práctica.	7
1.5. Alcances y Limitaciones	7
1.5.1. Alcances.	7

1.5.2. Limitaciones	8
1.6. Variables	8
1.6.1. Identificación de variables.	8
1.6.1.1. Variable independiente.....	8
1.6.1.2. Variable dependiente.....	8
1.6.1.3. Variable interviniente.....	8
1.6.2. Operacionalización de variables.	8
1.7. Hipótesis de la investigación.....	9
1.7.1. Hipótesis general.....	9
1.7.2. Hipótesis derivadas.	9
1.7.2.1. Hipótesis derivada 1.....	9
1.7.2.2. Hipótesis derivada 2.....	9
1.7.2.3. Hipótesis derivada 3.....	10
CAPITULO II	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de la Investigación	11
2.1.1. Ámbito internacional.....	11
2.1.2. Ámbito nacional.	13
2.1.3. Ámbito local.....	14
2.2. Marco Teórico.....	14
2.2.1. Canto rodado	14
2.2.2. Drenaje.	16
2.2.3. Precipitación pluvial.....	20
2.2.4. Sistema de drenaje.....	21
2.2.5. Disposición del sistema de drenaje.	21
2.2.6. Construcción de césped deportivo.	22
2.2.7. Infiltración.....	23
2.2.8. Velocidad del Flujo.	25
2.3.3. Ubicación y zona de estudio.	26
2.3.3.1. Distrito de San Cristobal de Calacoa.	26
2.3.3.2. Ubicación geográfica.	27
2.3.3.3. Límites.	27

2.3.3.4. Altitud.....	27
2.3.3.5. Clima.....	27
2.3.3.6. Vía de acceso.....	28
2.3.4. Zona de estudio.....	28
CAPITULO III.....	31
MÉTODO.....	31
3.1. Tipo de Investigación.....	31
3.2. Diseño de la Investigación.....	31
3.3. Población y Muestra.....	32
3.3.1. Población.....	32
3.3.2. Muestra.....	32
3.3.2.1. Tamaño de la muestra.....	32
3.4. Descripción de Instrumentos para Recolección de Datos.....	33
3.4.3. Estudio hidrológico.....	34
3.4.4. Estudio topográfico.....	34
3.4.5. Estudio geotécnico.....	34
CAPITULO IV.....	36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	36
4.1. Presentación de resultados.....	36
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	65
4.3. Discusión de resultados.....	71
CAPITULO V.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÉNDICE.....	78
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables	9
Tabla 2: Granulometría del filtro tipo 2 de California recomendado por H.A. Cedergren y adoptado por Caltrans.....	16
Tabla 3. Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito	28
Tabla 4 Coeficientes de permeabilidad	45
Tabla 5 Coeficiente de permeabilidad para gravas	46
Tabla 6 Coeficiente de permeabilidad en función de granulometría	47
Tabla 7 Valores de Permeabilidad del agregado canto rodado	48
Tabla 8 Valores de permeabilidad para césped sintético	49
Tabla 9 Coeficiente de permeabilidad teórico del modelo de drenaje	51
Tabla 10 Tiempo de concentración	53
Tabla 11 Coeficiente de escorrentía para la zona de estudio	54
Tabla 12 Caudal que se presenta en la zona de estudio.	55
Tabla 13 Formato de registro de campo.....	60
Tabla 14 Información registrada en laboratorio.....	61
Tabla 15 Caudal vertido y descargado bajo condiciones controladas.....	62
Tabla 16 Datos procesados para hallar la permeabilidad.....	63
Tabla 17 Ensayos a verificar alguna relación.....	65
Tabla 18 Resultado de la prueba estadística T student.....	66
Tabla 19 : Ensayos a verificar alguna relación	67
Tabla 20 Resultado de la prueba estadística T student.....	68
Tabla 21 Ensayo a verificar alguna relación	69

Tabla 22 Resultado de la prueba estadística T student.....	70
---	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Campo deportivo Calacoa inundado.....	1
Figura 2: Actividad deportiva en durante precipitación pluvial.....	2
Figura 3: Izquierda (actividad deportiva durante precipitación pluvial); derecha (laminas de agua en césped sintético)	3
Figura 4: Esquema de granulometría aceptable para un filtro de protección.....	15
Figura 5: sistemas de dren de zanja.....	17
Figura 6: Sistema de drenaje	22
Figura 7: Estructura de césped sintético para actividades deportivas	23
Figura 8: velocidad del flujo en el conducto luego de infiltrar	25
Figura 9: Ubicación de la zona de estudio	30
Figura 10: Cantera de Chilota	37
Figura 11: Esquema de zona de ubicación de agregado canto rodado.....	37
Figura 12: Bandas de diseño de Filtros para drenaje	39
Figura 13: Granulometría Canto Rodado.....	41
Figura 14: Granulometría de canto rodado entre los límites de bandas de diseño	42
Figura 15: Granulometría del suelo donde se encuentra el drenaje	43
Figura 16: Interface Suelo filtro de drenaje	44
Figura 17: Gráfica de Permeabilidad	46
Figura 18: Permeabilidad en función de la Porosidad	47
Figura 19 : Idealización del modelo real.....	50
Figura 20: Curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF) para la zona de estudio	52
Figura 21: Caudal en tubería Cribada	56

Figura 22: Modelo idealizado y modelo real construido en laboratorio	57
Figura 23: Modelo en laboratorio con rociadores simuladores de precipitación. .	58
Figura 24: Modelo experimental funcionando en condiciones controladas.....	60
Figura 25: Caudal vertido y caudal descargado por el modelo experimental	62
Figura 26: Permeabilidad del modelo para diferentes intensidades de laboratorio	64
Figura 27: Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución	66
Figura 28 :Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución.	68
Figura 29: Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución	70
Figura 30: Resultados de permeabilidad tienden alrededor de una recta constante promedio	71
Figura 31: Permeabilidad obtenida en laboratorio y permeabilidad calculada.....	72

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1.....	79

Resumen

La construcción de campos deportivos de césped sintético es una alternativa viable para solucionar la falta de infraestructura deportiva y disminuir los costos de mantenimiento en comparación de césped natural. En zonas con presencia de precipitación considerable se presenta el problema de drenaje, además el uso de agregado canto rodado como material de construcción de drenes dispone de escasa información. Determinar la capacidad de evacuar la precipitación infiltrada que depende de la permeabilidad conjunta del drenaje compuesto de césped sintético, material canto rodado y geotextil era una búsqueda infructuosa y confusa.

Determinar el uso del agregado canto rodado en la construcción de drenes está influenciado por la permeabilidad, característica fundamental en procesos de drenaje. Determinar el coeficiente de conductividad hidráulica o permeabilidad orienta la investigación.

El agregado canto rodado explotado de la cantera de Chilota ubicado aproximadamente a 4300 m.s.n.m. ha sido utilizado como material de construcción, estudio sobre su uso como material filtrante en drenaje y más aún la determinación de su permeabilidad como componente de drenaje en campos sintéticos, se realiza por primera vez.

Medir y determinar la influencia del agregado canto rodado en la permeabilidad del drenaje, estableció identificar los procesos, separar y controlar cada uno ellos, esto se logró con la construcción de un modelo de drenaje a escala real. Una sección del dren de una longitud de cien centímetros y sesenta centímetros de ancho se

reprodujo en laboratorio, Sobre este se simulo la precipitación controlada a diferentes intensidades, el flujo infiltraba a través del dren y era recibido por una tubería cribada que traslada el flujo a una bandeja, Permitiéndose medir el tiempo y el caudal que era evacuado en el dren y determinar su coeficiente de permeabilidad en forma directa, para las condiciones pre establecidas.

Con el modelo desarrollado, se determinó la permeabilidad de : 0.714 ± 0.03 cm/s hasta 2 veces mayor al valor teórico de permeabilidad para este tipo de estructuras que tiene un valor de 0.293 cm/s.

Se ha demostrado la influencia del agregado canto rodado en la permeabilidad de drenaje del campo sintético para zonas de elevada precipitación como es el caso de Calacoa, Los resultados pueden utilizarse para la construcción de drenajes de campos sintéticos para los distritos de San Cristóbal Calacoa, Cuchumbaya y Carumas que utilizan dicho agregado.

Palabras Clave: Permeabilidad, canto rodado, drenaje, césped sintético.

Abstrac

The construction of synthetic grass sports fields is a viable alternative to solve the lack of sports infrastructure and lower maintenance costs compared to natural grass. In areas with the presence of considerable precipitation there is a drainage problem, and the use of pebble aggregate as a construction material for drains has little information. Determining the ability to evacuate the infiltrated precipitation that depends on the joint permeability of the drainage composed of synthetic turf, pebble material and geotextile was a fruitless and confusing search.

Determining the use of pebble aggregate in the construction of drains is influenced by permeability, a fundamental characteristic in drainage processes. Determining the coefficient of hydraulic conductivity or permeability guides the investigation.

The aggregate boulders exploited from the Chilota quarry located at approximately 4000 m.a.s.l. It has been used as a construction material, a study on its use as a drainage filter material and even more so, the determination of its permeability as a drainage component in synthetic fields, is carried out for the first time.

Measure and determine the influence of the aggregate pebble on the drainage permeability, established to identify the processes, separate and control each one of them, this was achieved with the construction of a full-scale drainage model. A section of the drain with a length of one hundred centimeters and sixty centimeters wide was reproduced in the laboratory. On this, controlled precipitation at different intensities was simulated, the flow infiltrated through the drain and was received by a screened pipe that transfers the flow to a tray, allowing to measure

the time and the flow that was evacuated in the drain and to determine its coefficient of permeability directly, for the pre-established conditions.

With the developed model, the permeability of: 0.714 ± 0.03 cm / s was determined up to 3 times higher than the theoretical value of permeability for this type of structures, which has a value of 0.293 cm / s.

The influence of the aggregate pebble on the drainage permeability of the synthetic field has been demonstrated for areas of high precipitation such as Calacoa, the results can be used for the construction of synthetic field drains for the districts of San Cristobal-Calacoa, Cuchumbaya and Carumas that use said aggregate.

Key Words: Permeability, pebble, drainage, synthetic grass.

INTRODUCCIÓN

Desde su introducción en la década de 1990, los campos deportivos de césped sintético se vuelven cada vez más populares en las instalaciones deportivas del Perú. La nueva versión de césped sintético ofrece la apariencia del césped natural sin comprometer la seguridad del deportista.

La construcción de campos deportivos de césped sintético se ha incrementado porque no necesitan agua ni abono y no requieren trabajos adicionales. Además, se pueden usar con mayor frecuencia y por períodos más largos que los campos de césped natural. Los campos deportivos sintéticos permiten el acceso de hasta 3,000 horas por año, mientras que los campos de césped natural están generalmente limitados a aproximadamente 800 horas por año.

Los campos de césped sintético están diseñados para usarse en cualquier clima. En zonas lluviosas, los campos deportivos sintéticos deben estar diseñados para evitar la formación de láminas de agua o charcos y drenar rápidamente durante las precipitaciones.

En la ciudad de Moquegua se vienen construyendo campos deportivos con césped sintético que por las condiciones climáticas (secas), no requieren mayores intervenciones. Distintas son las condiciones del distrito de San Cristóbal Calacoa, donde por las condiciones climáticas y la necesidad de contar con campos deportivos de calidad durante todo el año, se adopta la decisión de construir campos deportivos con césped sintético.

En una zona con frecuentes y altas precipitaciones como es el caso de San Cristóbal Calacoa, el mayor inconveniente es la precipitación pluvial que produce

escorrentía que se ubica justamente sobre el campo deportivo, entonces cobra gran importancia el drenaje de dicha construcción.

Si se busca información sobre construcción de drenajes de campos deportivos de césped sintético, es casi seguro que no se encontrará información científica, más se hallará recomendaciones realizadas por cada empresa constructora que se dedique al ramo. Pero información técnica, validada, producto de investigaciones es seguro que no se encuentra. La razón es que la construcción de drenajes comúnmente conocidos consiste en abatir (deprimir, bajar) la napa freática existente en el suelo es decir el agua esa contenida en el suelo; contrario al de césped sintético, el agua no está contenida en el suelo, sino que la lluvia cae por encima de la superficie del campo deportivo (césped) el mismo que percola, siendo el objetivo que no llegue infiltrar en el suelo, sino que sea drenado prontamente. Por tanto, son procesos diferentes en funcionamiento, no siendo aplicable los procesos clásicos de construcción de drenajes subterráneos.

Destaca que el material con el que está hecho un césped sintético permite atravesar el agua hacia la parte inferior del césped (material permeable), NO HABIENDO A LA FECHA METODOLOGÍA NORMADA DE CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES PARA ESTE TIPO DE OBRAS.

Por tal razón que a la fecha el proceso la construcción e implementación de drenajes de este tipo de obras está en desarrollo y enfocado en forma práctica (por no decir empírica) pues *solo se cuenta con la experiencia de los que viene realizando este tipo de trabajos y que se toman decisiones según la casuística que se les pueda presentar*. Hecho que se presentó también a mi persona, pues a la hora construir el sistema de drenaje del campo deportivo de césped sintético de San

Cristóbal Calacoa, no se encontraba con información de cuál debía ser la permeabilidad mínima necesaria para garantizar que el drenaje mantenga el campo deportivo en condiciones de utilización por parte de los usuarios.

Es recomendable que el drenaje óptimo del campo deportivo, tenga elevada permeabilidad a fin que el flujo de agua se traslade rápidamente de la superficie del campo deportivo al conducto de drenaje y su eliminación.

El material canto rodado, es usado conformar lechos filtrantes cuando no hay cercanía de material fracturado, es en esta circunstancia que se plantea la investigación determinando la influencia del material canto rodado en la permeabilidad, establecer si, utilizando canto rodado para la construcción de drenajes se obtienen incrementos en la permeabilidad y establecer cuál es la mejor disposición de las capas que conforman el drenaje a construir.

Que uno de los fundamentos de la investigación es la ausencia de información respecto un proceso que en el presente caso es referido a la construcción y drenaje de campos deportivos de césped sintético pues el ingeniero civil dentro de las muchas actividades que desarrolla, incluye la ejecución de este tipo de obras. Habiendo identificado el vacío de conocimiento respecto al tema propuesto que es requisito indispensable para una investigación, se decide proponer como proyecto de investigación.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

A nivel Mundial

El primer registro de instalación de Grass sintético se realizó en un campo deportivo en Houston, Texas (1966), el mismo que consistía en una alfombra de nylon de fibra corta y densa, sobre una base compactada con una capa de espuma elastómera, estos son los denominados primera generación. Como la superficie era muy rígida había duda respecto a si este tipo de césped causaba lesiones a los deportistas, y se incorporó una capa de arena, llegando a la tercera generación donde se llena una capa con material granular sobre la cual se extiende caucho triturado como parte integrante del césped sintético (Jastifer, McNitt, D. Mack, Kent, & McCullough,, 2018), pero si bien se trata de reproducir las condiciones naturales de césped natural, también se reproduce el problema del drenaje.

. A nivel Latinoamérica

La instalación de césped sintético se ha incrementado en Latinoamérica, por las ventajas de durabilidad se empiezan a realizar e instalar campos deportivos, reproduciendo la tecnología desarrollada ya en Estados Unidos, con las mismas ventajas y problemas de drenaje.

A nivel Nacional

Respecto al drenaje en campos deportivos sintéticos frente a la problemática de drenaje, se vienen utilizando metodología utilizada para césped natural, es decir el problema de drenaje se plantea como si se tratara de césped natural con capas de suelos y todas las características que estas conllevan, propuesta desarrollada en la investigación de (Santander Tuni, 2017) , donde el drenaje del césped sintético es desarrollado como abatimiento de una napa freática existente en el terreno, no existe un desarrollo del problema de drenaje desde la superficie hacia el suelo que es el caso de las precipitaciones pluviales, infiltran.

A nivel Local

Los campos deportivos son áreas destinadas a la práctica del deporte, por tal razón deben estar disponibles según la solicitud de los usuarios. Siendo un requisito para su utilización estar permanentemente seca la superficie del campo deportivo, pero cuando estos campos deportivos se encuentran en zonas donde existen fuertes precipitaciones el resultado es un área inundada si poder utilizarla.



Figura 1: Campo deportivo Calacoa inundado
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 1, el campo deportivo está totalmente inundado por la ausencia de drenaje. Obsérvese el césped natural solo bordea la zona perimétrica y algunos sectores dentro del área deportiva, la restante es suelo saturado (lodo), la presencia de láminas de agua, que forman charcos impide la práctica del deporte. En los campos de césped natural ya el drenaje es un inconveniente a superar.

En el caso del césped sintético el comportamiento del drenaje no es el mismo pues se presenta una superficie artificial donde no se dan los procesos naturales de infiltración en el suelo, no se presentan en la misma magnitud ni característica.

Analizar como circula la escorrentía sobre la superficie de césped sintético y cuál es la permeabilidad es prioritario para su funcionamiento.

La instalación de césped sintético tiene sus ventajas, especialmente en zonas donde no permanecer durante todo el año el césped natural, zonas con cambios de



Figura 2: Actividad deportiva en durante precipitación pluvial
Fuente : Elaboración propia

temperatura extremo, condiciones que hacen que el césped natural no se produzca permanentemente.

Las actividades deportivas son requeridas independientemente del temporal, es así que la población desarrolla actividades en medio de precipitaciones, que forman láminas de agua y ponen en peligro a las personas, entonces cobra vital importancia el drenaje que ha de considerarse en los campos deportivos que garanticen la práctica deportiva.

Las intensas precipitaciones que se presentan en la zona ocasionan escorrentía y según la magnitud producida debe ser drenada lo más antes posible, entonces la pregunta natural frente a este tipo de instalaciones es como logramos que el drenaje campos deportivos funcione adecuadamente evitando la acumulación de agua en su superficie lo que perjudicaría normalmente al césped sintético y más que todo la práctica de la actividad deportiva.



Figura 3: Izquierda (actividad deportiva durante precipitación pluvial); derecha (láminas de agua en césped sintético)

Fuente: Elaboración propia

Es desde el punto de vista de ingeniera un tema que merece ser tomado en cuenta por la gran cantidad de instalaciones de césped sintético que se viene

realizando y la poca o nula información técnica del proceso constructivo y diseño de drenajes de este tipo de instalaciones.

1.2. Definición del Problema

El problema identificado se refiere a un hecho concreto factible de ser analizado y con posibilidad de solucionarlo, es decir un factico.

1.2.1. Problema general.

¿Cómo influye el uso de agregado canto rodado en la permeabilidad de drenaje de campo deportivo de césped sintético Moquegua 2019??

1.2.2. Problemas específicos.

1.2.2.1. Problema específico 1.

¿Cuál es la disposición granulométrica de agregado canto rodado en la construcción de drenaje de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019?

1.2.2.2. Problema específico 2.

¿Cuál es la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019?

1.2.2.3. Problema específico 3.

¿Cuál es el incremento de la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general.

Determinar la influencia del uso de agregado canto rodado en la permeabilidad de drenaje en campo deportivo de césped sintético Moquegua 2019.

1.3.2. Objetivos específicos.

1.3.2.1. Objetivo específico 1.

Determinar la disposición granulométrica de agregado canto rodado en la construcción de drenaje del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019.

1.3.2.2. Objetivo específico 2.

Determinar la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019.

1.3.2.3. Objetivo específico 3.

Determinar el incremento de la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019

1.4. Justificación

Se parte de lo expuesto por (Hernández Sampiere, Fernández Colladó, & Baptista Lucio, 2014) “es necesario justificar el estudio mediante la exposición de sus razones (el para qué del estudio o por que debe efectuarse) “(p.40)., el mismo autor aclara que: “lo que quizás es importante para algunos no lo sea para otros”, en ese orden de ideas la redacción de la presente justificación, se orienta por los

criterios de: conveniencia (para que sirva), relevancia en la sociedad (que alcance social tiene) y aplicación práctica (ayuda a resolver un problema real).

1.4.1. Desde la perspectiva de conveniencia.

Las instalaciones de campos deportivos de césped sintético se han realizado en diferentes zonas, con diferentes climas, en Moquegua se ha instalado en el estadio del Colegio Simón Bolívar, en campos deportivos particulares, pero si observamos al detalle no cuentan con un sistema de drenaje, por la baja precipitación.

El estadio de San Cristóbal Calacoa es una realidad diferente, se presentan precipitaciones pluviales importantes, entonces es necesario un sistema de drenaje con una disposición optima a fin de que no se presenten láminas de agua sobre la superficie del césped sintético y no permitan el uso del campo deportivo, más aún la permanencia del agua sobre el campo deportivo produciría daños a la superficie tratada de apoyo.

1.4.2. Desde la perspectiva social.

La actividad deportiva es una recomendación médica y de salud mental, en zonas alejadas como Calacoa, las zonas de socialización se realizan alrededor de los eventos deportivos, el campeonato de la liga departamental de Moquegua que se llevan a cabo durante todo el año, es decir hasta en época de lluvias, requiere que el campo deportivo este en óptimas condiciones, por tanto, el sistema de drenaje es de suma importancia. Siendo esta una razón justificada para la intervención del Estadio de San Cristóbal Calacoa.

1.4.3. Desde la perspectiva práctica.

La colocación de césped sintético se va realizando en diferentes zonas y climas, pero cuando se encuentran en zonas donde existen alta probabilidad de elevadas precipitaciones pluviales, no hay un procedimiento de intervención, se soluciona recurriendo a la experiencia de los profesionales que enfocan el problema según su criterio, un caso claro de enfoque distorsionado es cuando se enfoca que el drenaje en césped sintético bajo las mismas condiciones de drenaje de a través de suelos aplicando las condiciones de saturación de suelos y evaluando el nivel de la napa freática. Si buscamos mayor información, no existe, por tanto, la presente investigación busca encontrar la mejor alternativa de diseño de drenaje a partir de material canto rodado para zonas con alta presencia de precipitaciones pluviales, como es el caso de San Cristóbal Calacoa zona de la sierra de Moquegua y del Perú.

1.5. Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances.

La presente investigación pretende establecer un diseño óptimo de drenaje en campos deportivos de césped sintético que se instalan en zonas de sierra con presencia de alta pluviosidad, las cuales presentan escorrentía sobre la superficie del césped sintético. Para tal fin se modelizarán diferentes disposiciones de drenaje aplicables según las características de la zona. Enfocándose en el aspecto del planteamiento hidráulico.

1.5.2 Limitaciones

La presente investigación no evalúa calidades de suelos, se enfoca en detallar el comportamiento del drenaje construido con material canto rodado de la zona evaluando la permeabilidad del drenaje según la disponibilidad granulométrica del material presente en la zona. Es decir, detallar el planteamiento hidráulico del sistema de drenaje y las ecuaciones que gobiernan el movimiento del fluido agua.

1.6. Variables

Las variables representaran los términos a usar, permitirán identificar los diferentes procesos que se usaran como guía en el presente estudio.

1.6.1. Identificación de variables.

1.6.1.1. Variable independiente.

) Agregado canto rodado

1.6.1.2. Variable dependiente.

) Permeabilidad

1.6.1.3. Variable interviniente.

) Precipitación pluvial

) Velocidad del flujo

1.6.2. Operacionalización de variables.

En la Tabla 1 se presenta las variables, disgregadas en indicadores, unidad, categorías y escala.

Tabla 1.
Operacionalización de las variables

Variable	Indicador	Unidad/categorías	Escala
<i>Agregado canto rodado</i>	Granulometría	%	Intervalo
<i>Permeabilidad</i>	Velocidad	cm/s	Intervalo
<i>Precipitación pluvial</i>	intensidad	Mm/h	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

1.7. Hipótesis de la investigación

La hipótesis formulada como probable explicación del suceso o fenómeno de estudio, para la investigación se formula la siguiente hipótesis.

1.7.1. Hipótesis general.

El uso del agregado canto rodado incrementa la permeabilidad de drenaje del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019.

1.7.2. Hipótesis derivadas.

1.7.2.1. Hipótesis derivada 1.

La disposición granulométrica propuesta de agregado canto rodado es la recomendable en la construcción de drenaje de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019.

1.7.2.2. Hipótesis derivada 2.

Se ha determinado la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019.

1.7.2.3. Hipótesis derivada 3.

Se mejorará la permeabilidad del drenaje según propiedades físicas del agregado canto rodado del campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Ámbito internacional.

Se encontró en la investigación *Campo de césped artificial: un estudio de caso de nueva construcción*, en el cual (Ferrandino, M. & Forrester, 2016) indica que se usa con éxito en muchos deportes, pero también se vienen implementando inspección y certificación para su funcionamiento. Indica que existen muy pocos datos de estudios de casos publicados que muestren la calidad de construcción y los datos de evaluación y monitoreo.

En la investigación realizada en *Hidrología de campos de césped sintético: enfoque de modelado con datos de campo*, (Hudepohl, Buchberger, & Shuster, 2016), establece que el estudio hidrológico para el drenaje de campo de césped sintético es poco conocido, lo que complica su diseño. Propone el uso de un modelo para simular el flujo a través de la red de drenaje y luego correlacionarla con la fórmula racional ($Q=CiA$) ampliamente conocida, determinando que solo hay un único valor de C que no puede explicar adecuadamente la respuesta compleja de lluvia-escurrimiento del sistema de césped sintético.

En la investigación realizada en la investigación *Drenaje para filtros longitudinales y pozos sépticos en los suelos utilizando grava, arena y neumático reciclado de maquinaria pesada*,(Marin Gaspar & Quiroga Vanegas, 2015) realizaron ensayos para evaluar la permeabilidad del material de caucho reciclado en filtros de suelos y pozos sépticos para el cual se utilizaron modelo construidos a escala. Concluyo que el material (caucho reciclado de neumático de maquinaria pesada) igual o superior a los ensayos realizados con grava, cumpliendo de manera eficiente su uso como material de filtro.

En la investigación : *Estudio de factibilidad para la creación de un escenario deportivo en cancha de grama sintética para práctica de fútbol 5 en el barrio minuto de dios en la ciudad de Bogotá D.C.* (Cruz Figue, Gonzalez Basto, & Ospina Ángel, 2017) , en lo que corresponde a drenaje describe que este se realizará con una capa granular que se direccionara con la pendiente hacia los bordes, y para proteger el suelo se imprimara con asfalto sobre el cual se coloca una capa drenante de geotextil. Estas repuestas son la que se encuentran generalmente en la búsqueda de información es decir como plan de negocios, con recomendaciones de los fabricante de cómo realizar pero no se enfatiza en ningún momento respecto al diseño_ del drenaje del campo deportivo de césped sintético, es decir se aplica la misma metodología de construcción considerando una capa estándar drenante que no responde a un diseño si no a un procedimiento en el cual se “supone “ que el drenaje funcionara adecuadamente, sin contar con la certeza de un buen funcionamiento.

Observamos que la práctica de instalación de césped sintético está por delante del diseño y/o cálculo de sistemas de drenaje, así se observa en la tesis

Riego, drenaje e instalaciones de un campo de futbol, en el cual (Gárriz Sánchez, 2012), detalla el procedimiento del proceso constructivo del sistema de drenaje, es necesario resaltar que se incorpora un “geo compuesto en rollos de 4 metros, sobre la capa de todo-uno(1 cm de grosor). Estas redes de drenaje de superficie son retículas de polietileno de alta densidad entrelazadas entre sí.” (p.48). Se concluye que existe una capa impermeable inferior que permite la circulación del agua desde la superficie del césped hasta los tubos drenantes.

El comportamiento hidráulico del césped sintético no es el referido a un suelo que tiene una napa freática la cual es necesario abatir y se aplique la metodología de zanjas de drenaje de suelos. El detalle del proceso constructivo más detalla una superficie impermeable por cuya superficie circula el agua y que es necesario evacuar.

2.1.2. Ámbito nacional.

El drenaje planteado en el estudio de investigación *Diseño e instalación del sistema de drenaje y base del estadio institución educativa glorioso San Carlos – Puno* detalla (Santander Tuni, 2017) en sus conclusiones detalla que el para la evacuación del agua producto de altas precipitaciones se plantea un sistema de drenaje subterráneo con una disposición paralela, que permitirá evacuar el caudal de precipitación de 30 mm a 3mm en un tiempo menor a 2 días. El sistema propuesto comprende una base granular drenante con una infiltración acumulada de 40.016 cm/hr.

2.1.3. Ámbito local.

Realizada la búsqueda de información en el ámbito local, no se han encontrado investigaciones sobre drenaje o procedimientos de construcción de drenaje en césped sintético, a pesar de la gran cantidad de instalaciones de este tipo que se han realizado en la ciudad de Moquegua.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Canto rodado

Según la definición del Diccionario Geomorfológico (Lugo Hubp, 2011) canto rodado es “fragmento rocoso de forma redondeada. Se origina de un bloque anguloso que gradualmente se va transformando por el pulimento que resulta del choque y fricción con otras rocas, debido a que es transportado por agua.”(p.58).

El material canto rodado es fácilmente hallado en las riberas de los ríos, y generalmente disponibles, además de tener un costo menor, que el material que se usa normalmente como el agregado fracturado.

La clasificación que se realiza en el agregado canto rodado es la clasificación granulométrica.

El material debe cumplir con dos condiciones, evitar el tránsito de partículas finas del suelo, en razón que existiendo movimiento de agua es permanente el transporte y depósito de la partícula fina, y permitir el flujo rápido del agua.

Para tal fin el material canto rodado debe cumplir con requerimientos de granulometría, como la indicada en la figura 4:

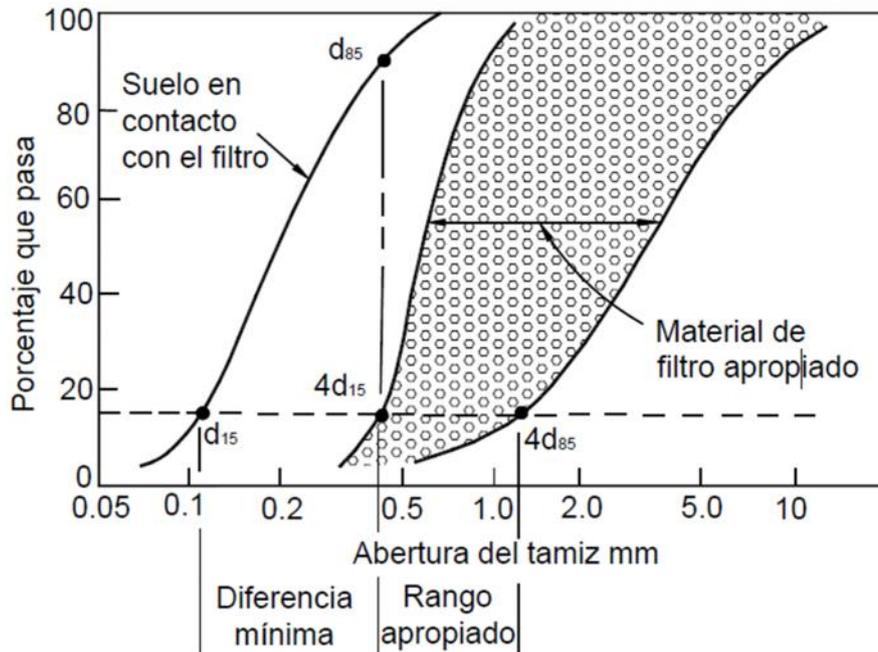


Figura 4: Esquema de granulometría aceptable para un filtro de protección
Fuente: (Suárez Díaz, 2002)

Como se aprecia en la figura el material canto rodado debe ser adecuadamente grueso que permita pasar el agua y lo adecuadamente fino que no permita el paso de partículas finas del suelo.

Es recomendable que el material canto rodado para uso en filtro no presente vacíos, es decir gradas en las curvas granulométricas para tal fin se tiene las siguientes recomendaciones:

$$4 < \frac{D_6 (f)}{D_1 (f)} < 20$$

El tamaño máximo no debe ser mayor a 75 mm

$$\frac{D_6 (f)}{D_1 (f)} = c_1 \quad \text{d u o r}$$

No siempre se dispone de un material que cumpla con las características de un filtro siendo necesario fabricarlo mediante mezcla de diferentes materiales.

Un filtro debe tener la capacidad para drenar, la granulometría por ejemplo utilizada es:

Tabla 2: *Granulometría del filtro tipo 2 de California recomendado por H.A. Cedergren y adoptado por Caltrans*

Tamiz	Porcentajes de Pasantes
1"	100
¾"	90-100
3/8"	40-100
N°4	25-40
N°8	18-33
N°30	5-15
N°50	0-7
N°200	0-3

Fuente: (Suárez Díaz, 2002)

El filtro descrito en la tabla 2, tiene aproximadamente una conductividad de 5×10^{-2} cm/s, pero en la práctica el uso de roca triturada limpia (¾" x 1.5") posee una conductividad de aproximadamente 2 cm/s es decir 40 veces más. (Suárez Díaz, 2002).

2.2.2. Drenaje.

La palabra drenaje, en general significa descarga o remoción de los excesos de agua.

El drenaje superficial, tiene como finalidad la remoción de agua sobre la superficie del terreno, el drenaje superficial se justifica en zonas donde los factores climáticos, las condiciones hidrológicas, las características de los suelos, topografía

y la utilización de la tierra, dan lugar a que el agua permanezca inundando la superficie del suelo. El drenaje está dispuesto a través de zanjas que pueden tener la siguiente estructura:

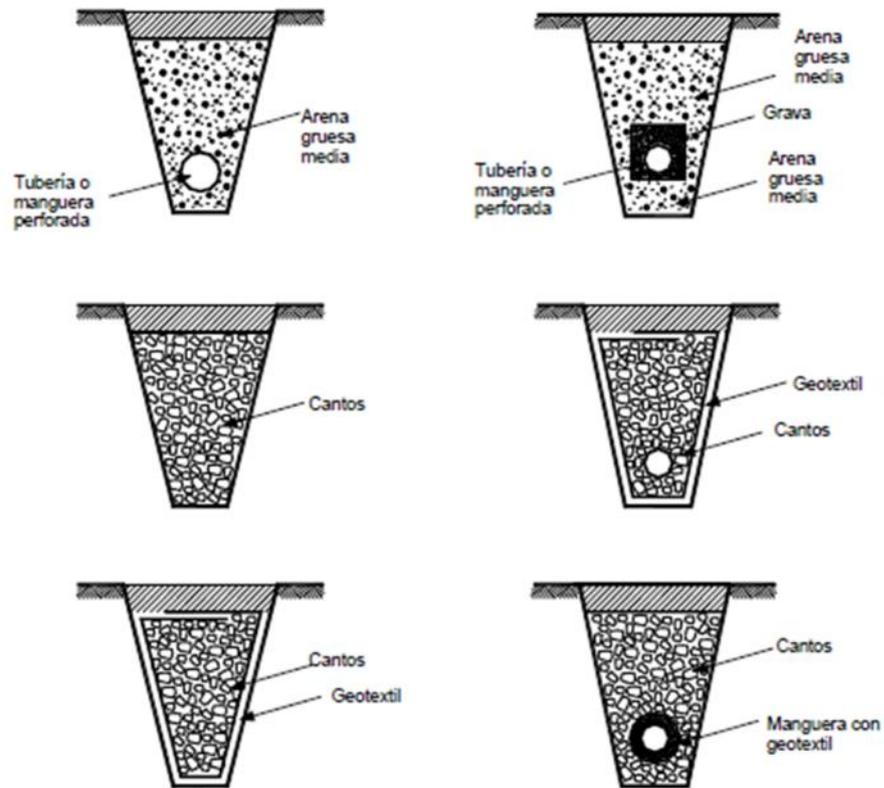


Figura 5: sistemas de dren de zanja
Fuente: (Suárez Díaz, 2002)

En el caso de utilizarse drenes con geotextil, es posible el uso de agregado grueso y tamaño uniforme, establecido por capas. Siendo generalmente los siguientes:

Bloques de roca de diámetros 2" a 4"

Gravas diámetros de 1" a 2"

Gravas diámetros de 3/4" a 1 1/2"

El límite de finos está limitado a menos del 3% de pasante en el tamiz 200, siendo el requisito de que estos no deben ser plásticos.

Cornforth citado por (Suárez Díaz, 2002), recomienda el uso de material anguloso por dos motivos mayor permeabilidad y resistencia al esfuerzo cortante siendo el comportamiento más estable del relleno, pero cuando el dren no alcanza a una superficie de falla, indica (Suárez Díaz, 2002) “es indiferente el uso de material canto rodado o anguloso” (p.73).

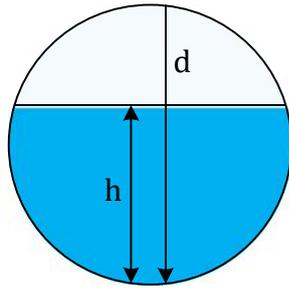
De lo detallado anteriormente se tiene como corolario que, en el caso de zanjas de drenaje con geotextil, el uso de material sin toda la granulometría de filtro es funcional, y cuando se tiene la ausencia de geotextil corresponde que el material que conforma la zanja de drenaje sea filtrante, es decir permita el flujo de agua e impida el paso de finos.

Además (Suárez Díaz, 2002) establece que la verificación de las condiciones de filtración se hace del material que conduce el flujo y no necesariamente, con todos los materiales en contacto con el dren.

Tuberías para el filtro

Se ha extendido el uso de tuberías de plástico por su gran versatilidad y es recomendado, en la construcción de la mayoría de sub drenes con material inferior a 1 ½”, como colector de flujo, cuando el material de la zanja de drenaje es grueso supone una mayor conductividad no siendo necesario la colocación de tubería. En la práctica es recomendable colocar tubería para todos los casos.

El dimensionamiento del diámetro del tubo obedece a la siguiente formula:



$$d = \sqrt{\frac{Q * n}{K * i}}$$

Donde:

d: diámetro del tubo(m)

Q: caudal (m³/s)

n: coeficiente de Manning tubos corrugados 0.017 -0.018

i: pendiente drenes (m/m)

En los sub drenes con material de filtro, se coloca en el fondo de la zanja, un tubo perforado como colector y exteriormente tiene capa de material filtrante.

Dimensión de los orificios

Para el tamaño de los orificios se sigue la recomendación del U.S. Army Corps of Engineers (1953) citado por (Suárez Díaz, 2002) el cual recomienda que la relación entre el tamaño del filtro y el ancho del orificio debe corresponder:

Orificios circulares:

$$\frac{D_{85F}}{D} > 1$$

En caso de ranuras:

$$\frac{D_{85F}}{A \ h_0} > 1.2$$

La ubicación de los orificios debe estar en la mitad inferior para garantizar una mayor interceptación del flujo, disminuir agua atrapada en el fondo de la zanja, así como reducir el traslado de los finos.

El “Uniform Boulding Codee” citado por (Suárez Díaz, 2002), indica que el filtro debe colocarse alrededor del tubo 9 pies cúbicos de material por cada pie de tubo, el mismo que debe encontrarse a ½ pie del fondo de la zanja.

En el caso de filtros cuanto mayor es el espesor, mayor es su eficiencia, por ello se recomienda que su espesor sea más de 20 cm.

2.2.3. Precipitación pluvial.

Se denomina así a: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)” toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo” (p.69).

De acuerdo a esta definición la precipitación puede ser originada por lluvias, granizadas, garuas, nevadas siendo estas todas las manifestaciones del agua.

Para determinar la precipitación de diseño se utilizará, la distribución de Gumbel la que es igual a:

$$x_m = \bar{x} - \frac{\sigma_x}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

Donde:

x_m : precipitación de diseño

\bar{x} : promedio de las precipitaciones

σ_x : desviación estándar de la muestra

σ_N : desviación poblacional

\bar{Y} : variable reducida

T: periodo de retorno

2.2.4. Sistema de drenaje.

“Es un conjunto de diferentes obras que tiene como objetivo evacuar el exceso de agua del suelo “ (Villón Béjar, Drenaje, 2007)(p.389)

“Un adecuado diseño y una correcta instalación y construcción, minimiza las necesidades de mantenimiento de las obras. “ (Villón Béjar, Drenaje, 2007)(p.391)

2.2.4.1. Drenaje superficial

En la etapa de construcción se considera la demanda de agua que requiere toda la etapa de instalación y construcción de la infraestructura necesaria para que inicie la operación extractiva por parte de la compañía.

2.2.4.2. Drenaje subterráneo

Según (Villón Béjar, Drenaje, 2007), el drenaje sub superficial o subterráneo, busca controlar el nivel de la capa freática procedente de la lluvia.

Se denomina nivel freático, a la superficie de agua contenida en el suelo que limita el suelo saturado y el suelo no saturado, cuya característica es que la presión es igual a la atmosférica.

2.2.5. Disposición del sistema de drenaje.

El sistema de drenaje está compuesto por drenes laterales o terciarios, drenes colectores o secundarios y drenes principales o primarios.

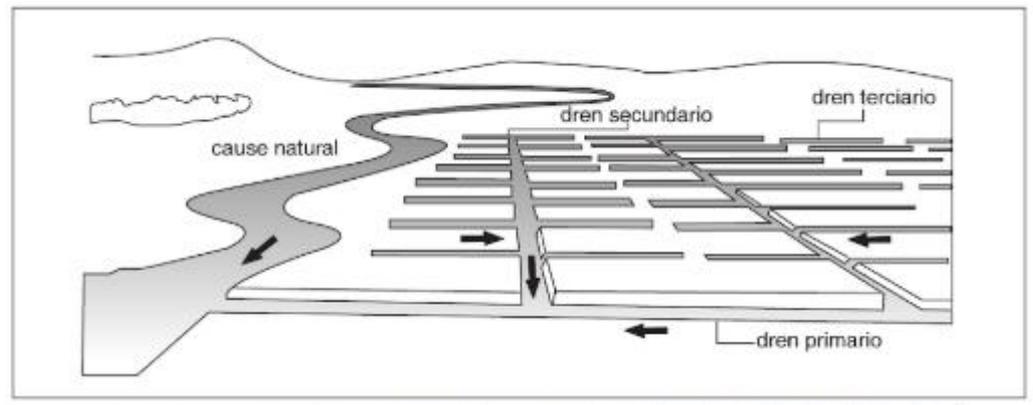


Figura 6: Sistema de drenaje
 Fuente: (Villón Béjar, Drenaje, 2007)

2.2.6. Construcción de césped deportivo.

Existen dos tipos de césped deportivo

Césped deportivo natural, conformada por una superficie de grama natural y bombeo transversa de 0 hasta 1%, y la otra con grama artificial con el mismo bombeo. Dicho bombeo se toma desde la parte central del campo deportivo hacia los lados, con el propósito de drenar superficialmente sin causar erosión.

Los campos deportivos de césped artificial fueron avalados por la International Football Association Board (IFAB) en febrero del 2004. Generalmente beneficia a las zonas con climas extremos, donde el frío (nieve), calor o humedad excesiva dañan fácilmente el césped natural.

Los campos deportivos de césped artificial, llevan una serie de capas de piedra, arena mezclada con caucho, así como un sistema de drenaje y un sistema de riego que se utilizarán para bajar la temperatura en el área de juego en zonas cálidas.

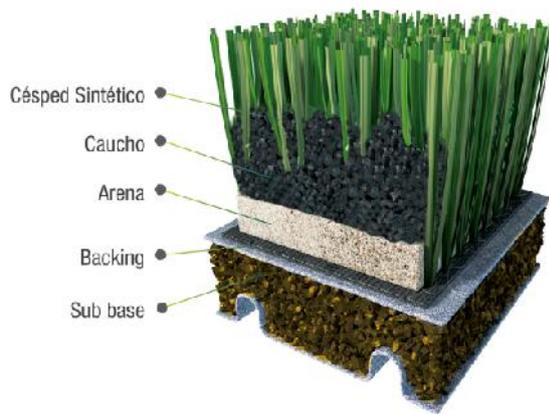


Figura 7: Estructura de césped sintético para actividades deportivas
Fuente: Wikipedia

Para el caso del presente el perfil del drenaje de campo deportivo propuesto para ser evaluado tiene la siguiente disposición. La misma que será replicada en condiciones controladas a fin de validar la propuesta ejecutada.

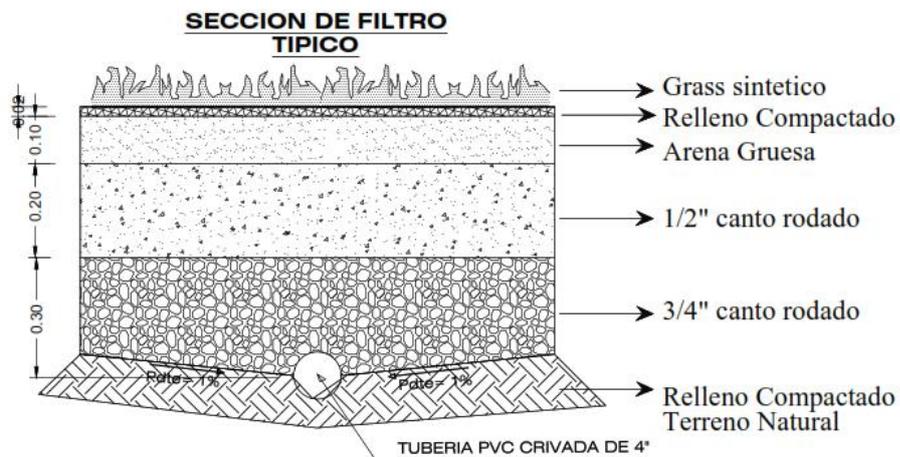


Figura 8: Propuesta de estructura de césped sintético del campo deportivo de San Cristóbal
Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Infiltración.

Como se observa el problema de este tipo de análisis es como simulará adecuadamente el proceso de infiltración de la precipitación a través de la estructura

del césped sintético para tal fin se recurrirá a resolver la ecuación de Richards como se detalla a continuación:

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \left(\frac{\partial}{\partial z} + 1 \right) \right] \quad (1)$$

Dónde:

Ψ : presión

θ : contenido volumétrico

La ecuación de Richard es una ecuación diferencial parcial que presenta dos variables: presión (Ψ) y contenido volumétrico de agua (θ). Como tal, una relación entre estas dos variables es necesaria para resolverla. Esta relación, conocida como la curva de retención de agua, es específica para cada tipo de suelo.

Un modelo que caracteriza la curva de retención de agua es el modelo de van Genuchten que modela la curva característica de "s" de, que tipifica la relación entre el contenido de agua del suelo y la presión de entrada de aire.

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + \left(\frac{\alpha}{\psi} \right)^n \right]^m} \quad (2)$$

La resolución de esta ecuación diferencial permitirá determinar la infiltración que se producirá es través del césped sintético.

Lógicamente que esta resolución será utilizando software especializado.

Escorrentía

El termino escorrentía o escurrimiento se define como “el agua proveniente de la precipitación, que circula cerca o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca” (Villón Béjar, Hidrologia, 2002)(p.135)

Así (Villón Béjar, Hidrologia, 2002) cita a Horton cuando describe el flujo superficial “Despreciando la intercepción por vegetación, la escorrentía superficial es aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración” (p. 131)

Entonces se define que la escorrentía es un flujo laminar que se presenta producto de las precipitaciones pluviales sobre el césped sintético.

2.2.8. Velocidad del Flujo.

La velocidad del flujo es referida a la velocidad con la que el fluido se traslada desde el punto extremo inicial donde infiltra al conducto y es trasladada al punto final de desfogue. La unidad de medida corresponde a m/s.

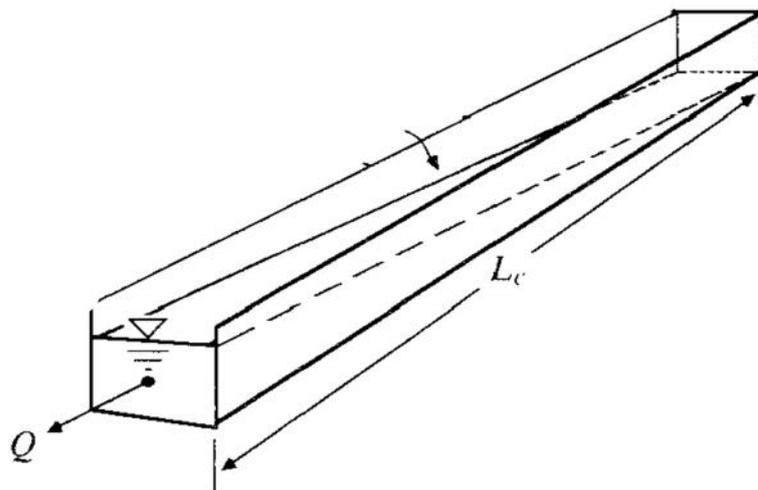


Figura 8: velocidad del flujo en el conducto luego de infiltrar
Fuente: Ven Te Show

La finalidad de considerar la velocidad es determinar el caudal que eliminara el sistema de drenaje planteado en la investigación.

La necesidad de conocer la velocidad de infiltración en los sistemas de drenaje, corresponde para determinar si un sistema esta funcionado adecuadamente, si realmente se está eliminando el agua que superficialmente se encuentra sobre el césped sintético e infiltra a través de las capas del césped sintético y finalmente sea eliminado. Si esta velocidad no es la adecuada afecta el diseño del drenaje y por ende el funcionamiento del campo deportivo para los fines que se requiere cuando se presenten precipitaciones pluviales y que busca evitar en la presente investigación.

2.3.3. Ubicación y zona de estudio.

2.3.3.1. Distrito de San Cristóbal de Calacoa.

El distrito fue creado mediante Ley N°9940 del 31 de enero de 1944 durante el mandato del presidente Manuel Prado Ugarteche. Pertenece a la provincia de Mariscal Nieto en la región Moquegua.

La capital del distrito es la población de Calacoa ubicada a 3458 msnm. Conformada por 5 Comunidades:

- Z Calacoa
- Z Bellavista
- Z San Cristóbal
- Z Sijuaya
- Z Aruntaya
- Z Titire.

2.3.3.2. Ubicación geográfica.

El distrito de San Cristóbal Calacoa, se ubica, geográficamente, al Noreste de la región Moquegua su capital se encuentra geográficamente en las coordenadas 16° 44' 22" Latitud Sur y a 70° 41' 01" Long. Oeste. y a una altitud de 3458 msnm. ocupa una superficie de 542.73 Km².

2.3.3.3. Límites.

El distrito de San Cristóbal limita con las siguientes poblaciones:

-) Por el Norte con el distrito de Chojata.
-) Por el Sur con el distrito de Cuchumbaya y Carumas.
-) Por el Este con distrito de Mata laque, distrito de Quinistaquillas.
-) Por el Oeste con el distrito de Carumas.

2.3.3.4. Altitud.

La capital del distrito se encuentra a una altitud de 3458 m.s.n.m.

2.3.3.5. Clima.

El clima en el área del proyecto es frígido y está supeditado a cambios estacionales propios de la región Puna. La temperatura promedio anual es de 9,8°C, la precipitación total anual de 354,3 mm/año, y la dirección del viento es variable y predominando con dirección W y S con una velocidad promedio de viento de 3.70 m/s en la zona de estudio, la cual representa una brisa leve según la escala de Beaufort.

2.3.3.6. Vía de acceso.

El acceso al distrito de San Cristóbal Calacoa, es por vía terrestre a través de la carretera asfaltada Moquegua – Puno, la cual se detalle en la Tabla 3.

Tabla 3.

Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito

Tramo	Tipo carretera	Distancia (km)	Tiempo de Recorrido	Frecuencia
Moquegua –San Cristóbal de Calacoa	Asfaltado	126	2 hora 35 min.	Intermitente
Total		126	2 hora 15 min

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Zona de estudio.

Ubicación del Área en Estudio.

Localidad Calacoa, el que se ubica en la parte aledaña de la municipalidad de San Cristóbal Calacoa; ubicado en avenida Arequipa.

Ubicación política del campo deportivo San Cristóbal Calacoa

Región : Moquegua

Provincia : Mariscal Nieto

Distrito : San Cristóbal - Calacoa

Lugar/Localidad : Calacoa

Ubicación Geográfica Coordinada UTM

Norte : 320332.94

Este : 8148576.48

Altitud : 3458 msnm

Extensión Superficial.

La extensión según el levantamiento topográfico de campo deportivo San Cristóbal Calacoa, indica un área de 18,00.00 m², con un perímetro 560.00 m. El campo deportivo en estudio cuenta con un área neta de 6,720.00 m² y un perímetro de 338.00 m.

Terreno.

El terreno presenta una superficie poco accidentada con relieve ligeramente plano y pendiente mínima, su perímetro es de forma irregular, y presenta con las siguientes áreas construidas:

Arquitectónicas: graderíos, muros de contención, plataforma deportiva, obras nuevas (césped sintético).

El área correspondiente al campo deportivo de San Cristóbal Calacoa, motivo del trabajo de investigación comprende un área de 6,720.00 m²

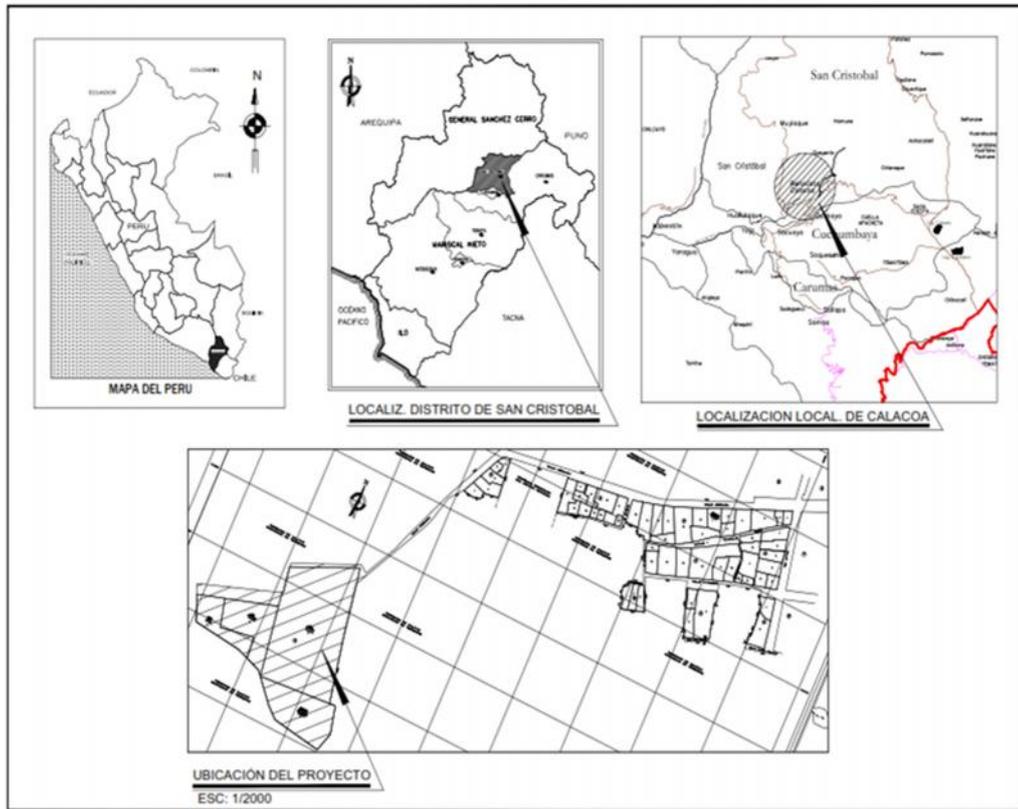


Figura 9: Ubicación de la zona de estudio
 Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

La investigación según la propuesta desarrollada corresponde a una investigación no experimental cuantitativa, pues se observará el fenómeno tal como se presenta en la realidad de la zona, y luego analizarlo (Hernández Sampiere, Fernández Colladó, & Baptista Lucio, 2014) .

En el planteamiento no experimental, la investigación tiene mayor validez externa pues al observar el desarrollo del evento sin intervenir, nos acercamos a las variables hipotéticamente formuladas como reales (Sampiere et al.2014).

3.2. Diseño de la Investigación

La investigación está diseñada como “investigación transeccional” pues la información será recolectada en un solo momento. (Sampiere et al.2014) siendo además descriptivo, analizando las variaciones de las variables y las posibles vinculaciones entre estos.

Área de estudio de la investigación está dentro de la *estudios y gestión en construcción de infraestructura civil*, pues dentro de sus objetivos de investigación sería Analizar la gestión y los procesos constructivos elevando la calidad y productividad, mejorando el uso de insumos, pues el rediseño planteado con el proceso constructivo del drenaje busca mejorar teniendo como resultado menores costos de mantenimiento y mayor tiempo de duración del proyecto.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población.

Para la determinación de la población es necesario determinar la unidad de muestreo / análisis.

En la presente investigación se tienen según el procedimiento del proceso constructivo esta normado realizar 04 ensayos de permeabilidad que corresponden a 04 sectores del campo deportivo.

3.3.2. Muestra.

Para la presente investigación se tiene en cuenta lo expresado por (Hernández Sampiere, Fernández Colladó, & Baptista Lucio, 2014) :

3.3.2.1. Tamaño de la muestra.

Determinando el tamaño, obtenido con la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * (1 - P)}{E^2} \quad (3)$$

$$n_a = n * \left(\frac{N}{N + n} \right) \quad (4)$$

Dónde:

Z: nivel deseado de confianza, valor del estadístico de la distribución normal.

P: porcentaje estimado de la muestra.

E: Error máximo aceptable.

n: Tamaño de la muestra.

N: tamaño total de la Población.

$n_{ajustado}$: cuando se conoce el tamaño de la población.

Para el presente caso los datos son:

) Tamaño de la población: 4

) Error máximo acéptale: 5%

) Porcentaje estimado de la muestra: 50%

) Nivel deseado de confianza: 95%, correspondiendo en el estadístico

Z=1,96.

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * (4 - 0.5)}{0,05^2} = 348,16 \approx 385 \quad (5)$$

$$n_a = 385 * \left(\frac{4}{4 + 385} \right) = 4 \quad (6)$$

3.4. Descripción de Instrumentos para Recolección de Datos

La recolección de información será en forma directa es decir de fuente primaria según el detalle siguiente:

1.4.1. Estudio hidrológico.

Para la zona de estudio se obtendrá los registros pluviométricos del sector de Calacoa, donde existe una estación meteorológica administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Así, la información recolectada servirá para identificar el patrón de lluvias, así como analizar eventos extremos relacionados a distintos periodos de retorno.

1.4.2. Estudio topográfico.

La topografía en la zona de estudio se levantó por el tesista en una escala de 1:20, para el cual se realizará con equipo de levantamiento topográfico por la precisión requerida.

1.4.3. Estudio geotécnico.

La Geotecnia de la zona de estudio corresponderá a determinar el valor de la permeabilidad y ensayos de infiltración a fin de verificar los resultados obtenidos en el diseño.

Con la información obtenida se procederá a contrastar y consolidar la información de campo con la existente.

3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

En el procesamiento de la información topográfica se usará el software de topografía especializado AutoCAD Civil 3D 2018 que permitirá obtener los planos de planta y perfil necesarios. El dibujo a detalle de elementos del campus se realizará con software AutoCAD 2018.

El procesamiento de datos se realizará en hojas de cálculo y softwares especializados, como HYDRUS para el procesamiento de la fórmula de Richards y el SWMW para el diseño de las líneas de drenaje. entre otros que se menciona a continuación:

- Ñ AutoCAD 2017 para los planos.
- Ñ AutoCAD Civil 3D 2017 para topografía.
- Ñ Excel para la realización de los cálculos.
- Ñ SPSS para la verificación de la Hipótesis.
- Ñ Y otros que considere necesarios.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1 Disposición granulométrica de agregado canto rodado en la construcción de drenaje de campo deportivo de césped sintético

Agregado canto rodado.

Normalmente producto de la erosión e desgarnecido la arena y la grava, pueden sedimentarse en los cauces de ríos y formar un recurso importante que se renueva de manera estacional y en especial cerca de extensiones montañosas. Es el caso de la cuenca chilota, la que cuenta con lechos de grava y arena que tradicionalmente se han explotado.



Figura 10: Cantera de Chilota
Fuente: Elaboración propia.

Los tramos medios e inferiores son la fuente de grandes volúmenes de arena y canto rodado que contribuye significativamente a la producción, aunque la práctica excesiva puede cambiar el equilibrio dinámico de un río: puede mejorar el drenaje de la tierra, pero aumentar la socavación y la erosión de la tierra.

Durante las avenidas, la arena y la grava, así como los finos, pueden esparcirse extensamente sobre la terraza de inundación como se muestra en el siguiente esquema.

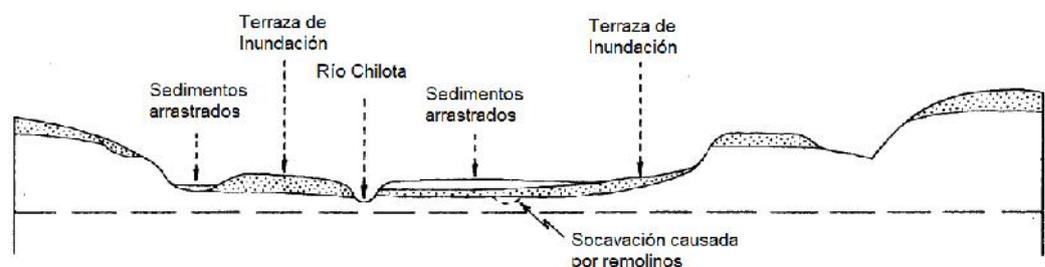


Figura 11: Esquema de zona de ubicación de agregado canto rodado
Fuente: Elaboración propia.

Normalmente, existen amplias extensiones de agregado potencialmente útil debajo de una cubierta de sedimentos finos como limos. Al colmatarse el depósito produce serpenteo y la división de cauces que origina depósitos de grava y arena trenzados en la llanura aluvial. Por la naturaleza del origen de los sedimentos el tamaño es heterogéneo, es decir, caracterizados por un amplio rango de tamaños de grano.

Granulometría de agregado en drenaje

La granulometría que se utiliza en un drenaje corresponde a un filtro, el mismo que debe controlar el movimiento del agua dentro y fuera de ella. Como indica (López-Acosta, 2014) , el filtro funcionando adecuadamente y con un mínimo de mantenimiento debe permitir: a) circular libremente el agua, b) evitar el movimiento del suelo protegido, c) Suficiente capacidad de evacuar el caudal correspondiente.

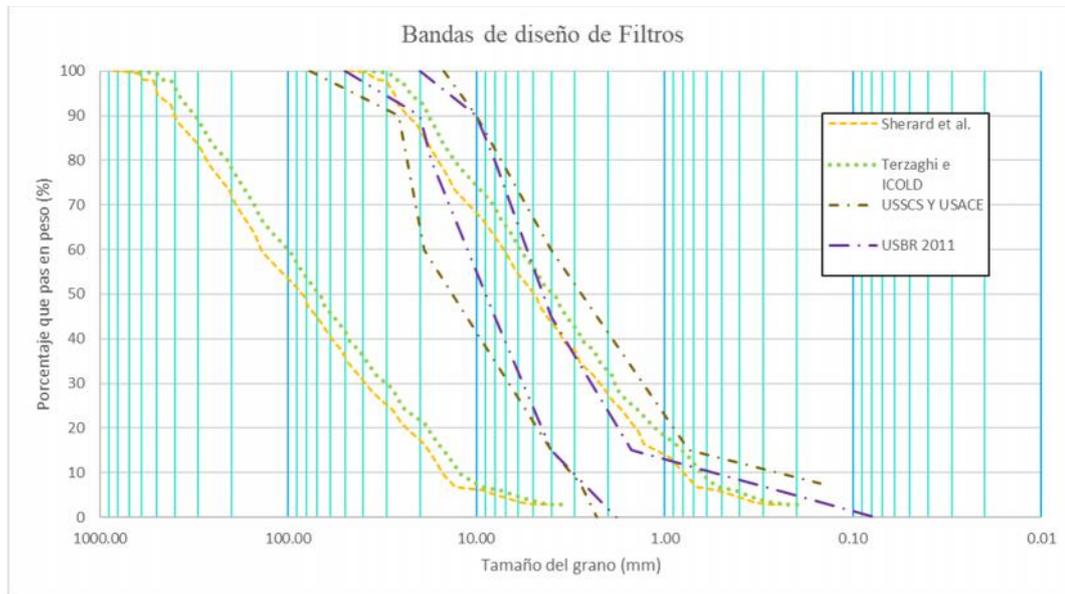


Figura 12: Bandas de diseño de Filtros para drenaje
Fuente: Adaptado (López-Acosta, 2014).

Como se muestra el diseño de filtros corresponde a una elección de tamaño de agregados que permitan disposición estructural que esté diseñada para proteger los suelos de la erosión debida a la filtración.

Para el diseño se utilizó los criterios actuales de diseño de filtros siendo estos los correspondientes a:

Criterio USSCS (criterio USSCS (United States Soil Conservation Service, 1994), que utiliza criterios similares al (USACE, US Army Corp of Engineers, 2004), la oficina encargada de diseño de presas USBR (United States Bureau of Reclamation, 2011) establece un criterio, la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, 1994) hace recomendaciones según lo indicado por Terzaghi. En 1981-82 se llevó a cabo una investigación de filtros en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Centro Técnico Nacional del Medio Oeste, Servicio de Conservación de Suelos por James L. Sherard desarrollándose recomendaciones a tener en cuenta.

A medida que el agua fluye a través del suelo, las partículas finas pueden eliminarse, lo que provoca la erosión interna (es decir, tubificación) y, finalmente, la falla de la estructura. Un filtro diseñado correctamente retiene las partículas sueltas del suelo, lo que evita las tuberías, al tiempo que permite que el agua de filtración fluya y evita el desarrollo de altas presiones de poro internas.

Granulometría de agregado en canto rodado en dren.

El agregado canto rodado producto del proceso erosivo del agua que acarrea el río Chilota, es tomado para la construcción del filtro. Siendo la curva granulométrica la mostrada a continuación.

ANALISIS GRANULOMETRICO

ASTM D422

OBRA

:USO E INFLUENCIA DEL AGREGADO CANTO RODADO EN LA PERMEABILIDAD DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO DE CESPED SINTETICO MOQUEGUA

UBICACIÓN

: REGION MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DISTRITO DE MOQUEGUA

SOLICITANTE

: BACHILLER FREDY OSCAR ARIZACA TINTAYA

CANTERA

: CANTERA CHILOTA

FECHA

JULIO 2020

TAMIZ (Abertura)		AGREGADO GRUESO			
PULGADA	mm.	%RETENIDO	% ACUMULADO EN DOS TAMISES	%ACUMULADO	%PASANTE
4"	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	7.45	7.45	7.45	92.55
2"	50.80	12.28	19.73	19.73	80.27
1 1/2"	38.10	7.77	20.05	27.50	72.50
1"	25.40	7.53	15.30	35.03	64.97
3/4"	19.05	5.97	13.50	41.00	59.00
1/2"	12.70	10.70	16.67	51.70	48.30
3/8"	9.525	12.76	23.46	64.46	35.54
N° 4	4.760	24.48	37.24	88.94	11.06
N° 8	2.380	10.68	35.16	99.62	0.38
N° 16	1.190	0.00	10.68	99.62	0.38
N° 30	0.590	0.00	0.00	99.62	0.38
N° 50	0.279	0.00	0.00	99.62	0.38
N° 100	0.149	0.00	0.00	99.62	0.38
N° 200	0.074	0.38	0.38	100.00	0.00

D60 = 20.11
 D30 = 28.13
 D10 = 4.52

Cu = 4.45
 Cc = 0.31

D50 = 13.71
 D90 = 60.86
 D85 = 55.69
 D15 = 5.53

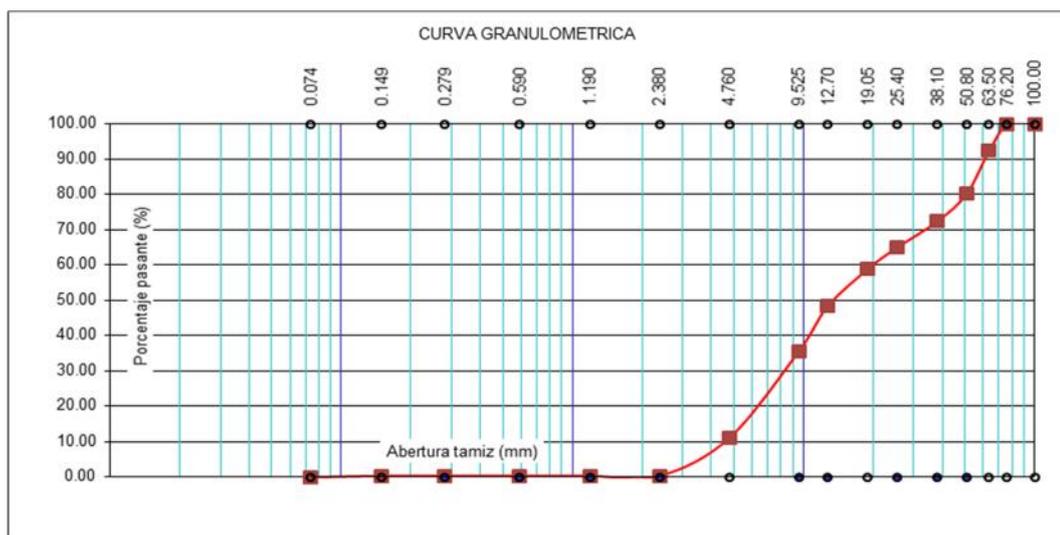


Figura 13: Granulometría Canto Rodado
 Fuente: Elaboración propia.

ANALISIS GRANULOMETRICO					
ASTM D422					
OBRA	:USO E INFLUENCIA DEL AGREGADO CANTO RODADO EN LA PERMEABILIDAD DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO DE CESPED SINTETICO MOQUEGUA				
UBICACIÓN	: REGION MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DISTRITO DE MOQUEGUA				
SOLICITANTE	: BACHILLER FREDY OSCAR ARIZACA TINTAYA				
CANTERA	CANTERA CHILOTA				
FECHA	JULIO 2020				
TAMIZ (Abertura)					
PULGADA	m m.	%RETENIDO	% ACUMULADO EN DOS TAMIS ES	%ACUMULADO	%PAS ANTE
4 "	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3 "	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.50	7.87	7.87	7.87	92.13
2 "	50.80	11.81	19.68	19.68	80.32
1 1/2 "	38.10	3.86	15.67	23.54	76.46
1 "	25.40	2.68	6.54	26.22	73.78
3/4 "	19.05	3.46	6.14	29.68	70.32
1/2 "	12.70	2.13	5.59	31.81	68.19
3/8 "	9.525	7.40	9.53	39.21	60.79
N° 4	4.760	3.46	10.86	42.67	57.33
N° 8	2.380	2.68	6.14	45.35	54.65
N° 16	1.190	2.13	4.81	47.48	52.52
N° 30	0.590	5.12	7.25	52.60	47.40
N° 50	0.279	3.54	8.66	56.14	43.86
N° 100	0.149	2.13	5.67	58.27	41.73
N° 200	0.074	41.73	43.86	100.00	0.00

D60 = 8.44
 D30 = 26.37
 D10 = 0.09

 Cu = 91.73
 Cc = 33.98

 D50 = 0.89
 D90 = 61.21
 D85 = 55.83
 D15 = 0.10

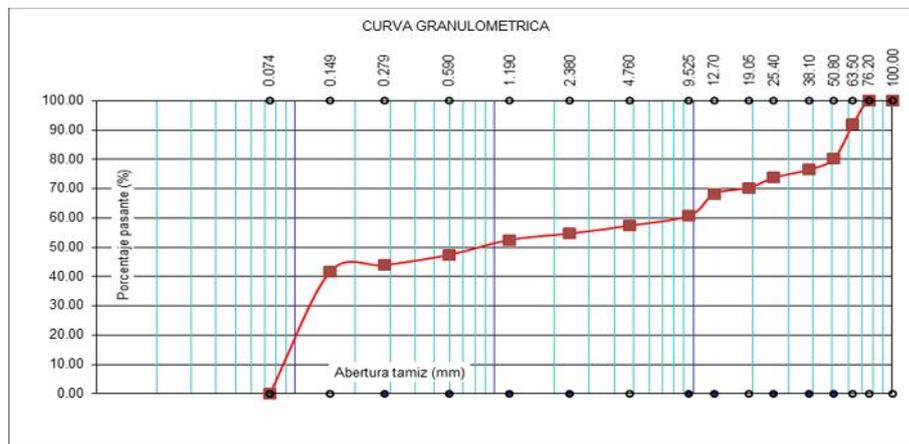


Figura 15: Granulometría del suelo donde se encuentra el drenaje
Fuente: Elaboración propia.

Con la granulometría se corrobora matemáticamente que si cumple las condiciones de diseño de filtro como se muestra a continuación.

DISEÑO DE FILTROS

PARAMETROS DE DISEÑO

1.- DEL FILTRO

DF10=	4.52
DF15=	5.53
DF50=	13.71
DF60=	20.11
DF85=	55.69

2.- DEL SUELO

DS15=	0.10
DS50=	0.89
DS85=	55.83

3.- CALCULO DE LÍMITES

1.-	DF15/DS15 > 5	54.74	ok
2.-	DF15/DS85 < 5	0.10	ok
	DF50/DS50 < 25	15.32	ok
3.-	DF85/d > 1,5	5.57	ok
4.-	DF60/DF10 < 20	4.45	ok

Como se concluye la granulometría del filtro propuesto cumple con las condiciones para que el flujo circule y retenga los finos del suelo.

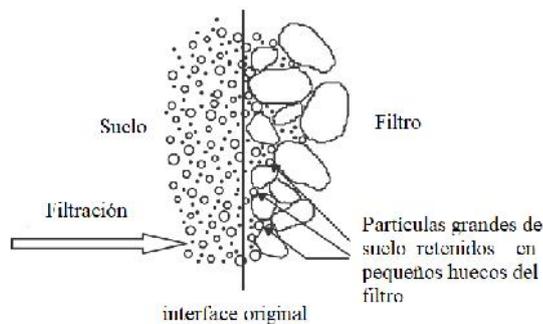


Figura 16: Interface Suelo filtro de drenaje
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado de campo deportivo de césped sintético

Permeabilidad del drenaje

La permeabilidad de un suelo granular se mide fácilmente en el laboratorio. La mayoría de los estudios anteriores intentaron relacionar la permeabilidad con los tamaños de partículas más finos. A continuación, se muestra valores de permeabilidad

Tabla 4
Coefficientes de permeabilidad

Valores de K para gravas		
Item	Descripción	k(cm/seg)
1	Gravas limpias	De 10^{-2} a 1.0
2	Arenas limpias, mezcla de arena y gravas limpias	De 1.0 a 1×10^{-3}
3	Arenas muy finas, limos, mezcla de arena, limo y arcilla, depositos de arcilla estratificada	De 1.0 a 1×10^{-3} a 1.0×10^{-7}
4	Suelos impermeables como las arcillas homogéneas bajo la zona de meteorización	De 1.0 a 1×10^{-7} a 1.0×10^{-9}
5	Suelos impermeables que han sufrido alteración por la vegetación y la meteorización	De 1.0 a 1×10^{-2} a 1.0×10^{-7}

Fuente: Mecanica de suelos y cimentaciones Crespo Villalaz Carlos

Los valores de permeabilidad se determinan a través del uso de graficas

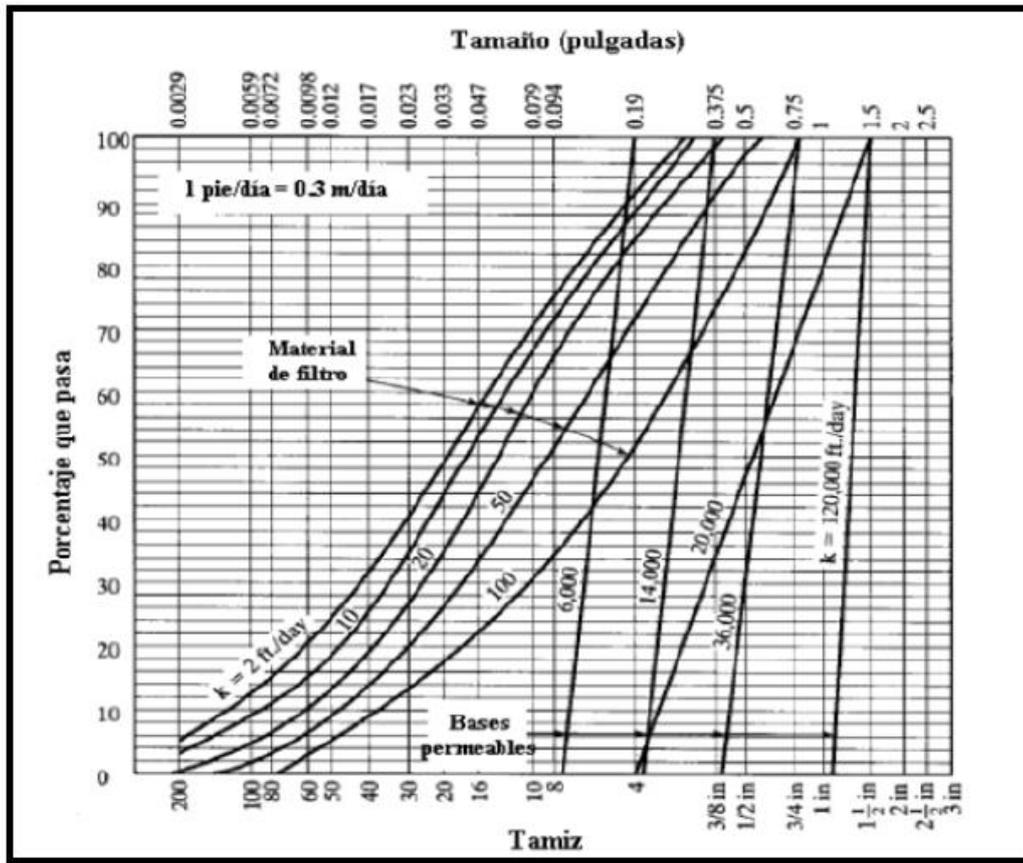


Figura 17: Gráfica de Permeabilidad
 Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2011)

Del Abaco se observa que la permeabilidad o conductividad hidráulica es:

Tabla 5
Coefficiente de permeabilidad para gravas

Valores de k para gravas	
100	ft/day
0.0353	cm/s

Fuente: Elaboración propia

Se determina el valor de permeabilidad de un análisis granulométrico como se muestra a continuación:

Tabla 6
Coefficiente de permeabilidad en función de granulometría

γ_d	γ_w	Gs	n	C	n_e	k
gr/cm ³	gr/cm ³			%		pie/día cm/s
2.115	1	2.55	0.171	70	0.12	1.51E+02 0.053
2.051	1	2.55	0.196	70	0.14	1.20E+03 0.423
2.048	1	2.55	0.197	70	0.14	1.20E+03 0.423
2.046	1	2.55	0.198	70	0.14	1.20E+03 0.423

La permeabilidad se obtiene en función de la porosidad.

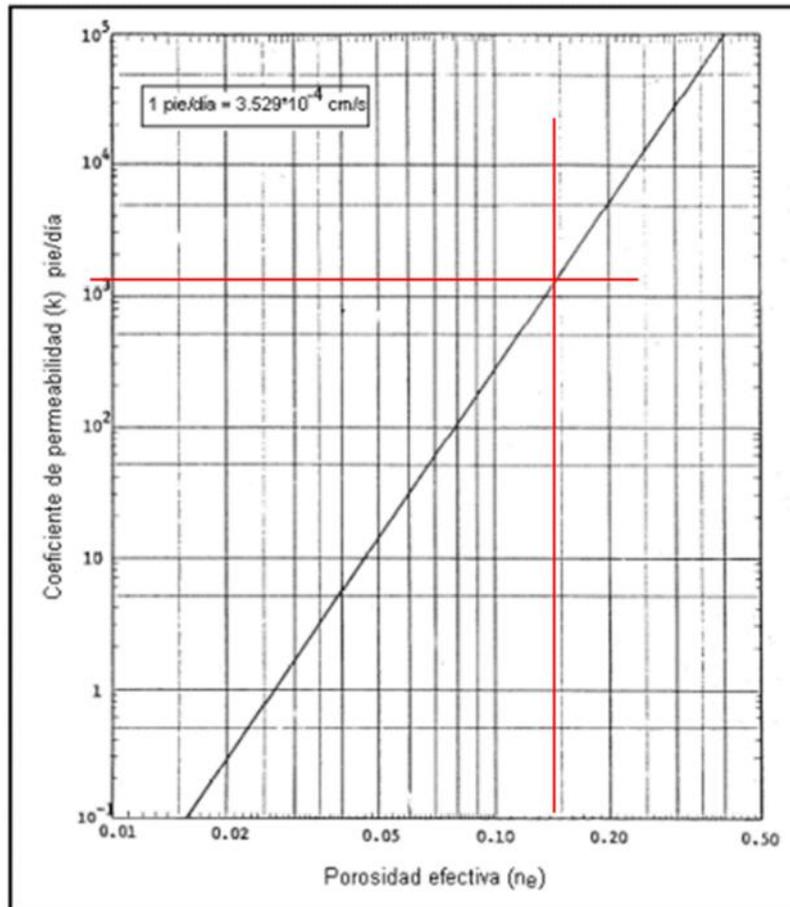


Figura 18: Permeabilidad en función de la Porosidad
 Fuente: Manual para drenaje de carreteras INVIAL Colombia

La permeabilidad obtenida de diferentes métodos se consolidan en la siguiente tabla:

Tabla 7
Valores de Permeabilidad del agregado canto rodado

Método	k
Tablas Bibliográficas	0.505 cm/s
Abacos	0.0353 cm/s
Granulometría	0.331 cm/s

Fuente: Elaboración propia

Según información obtenida la permeabilidad promedio del agregado canto rodado sería de 0.290 cm/s.

El césped sintético parte conformante del modelo tiene los valores mostrados de permeabilidad para las diferentes condiciones y características del césped como se muestra en la tabla siguientes:

Tabla 8
Valores de permeabilidad para césped sintético

Prueba de Permeabilidad al agua del cesped						
Item	Muestra	Segundos para drenar 6 pulgadas de agua	pulg/h	gal/min/yd ²	mm/h	l/s/m ²
1	Césped sintético no secundario	19	326.19	106.31	8285.2	6.735
2	Césped sintético con 4.5 onz/yd ² de poliéster tela no tejida respaldo secundario	105	59.02	19.24	1499.1	1.219
3	Césped paisajístico con 3 lbs/yd ² arena	11	563.41	183.63	14310.6	11.633
4	Césped paisajístico con 3 lbs/yd ² arena	12	516.46	168.33	13118.1	10.664
5	Césped deportivo con 2 lbs/yd ² arena y 2lbs/yd ² caucho molido	12	516.46	168.33	13118.1	10.664

Fuente: Water Permeable Artificial turf and method of making same. (2014)

Según lo observado en la tabla 8, el coeficiente de permeabilidad para el césped sintético a utilizar es de $k = 0.364$ cm/s.

El caso del geotextil que se utiliza como encamisado del conducto de drenaje (Sarsby, 2007) utiliza el concepto de permitividad, que describe la capacidad de flujo de fluido a través del plano del geo sintético. Se define formalmente como la permeabilidad del plano transversal dividido por el espesor del geo sintético. La norma ASTM D4491 detalla una prueba de permeabilidad de carga constante y una carga descendente que se usa para definir la permitividad bajo confinamiento de tensión Zero normal. Estas pruebas se realizan como pruebas

similares en suelos solo con el aparato dimensionado para adaptarse a los flujos asociados con los geotextiles.

Los valores de permeabilidad del plano transversal para geotextiles varían de 0,0008 a 0,23 cm / s con un rango correspondiente de permisividades que van desde 0,02 a 2,1 s⁻¹.

Por tanto, el coeficiente de permeabilidad para el modelo planteado teniendo en cuenta todos los elementos:

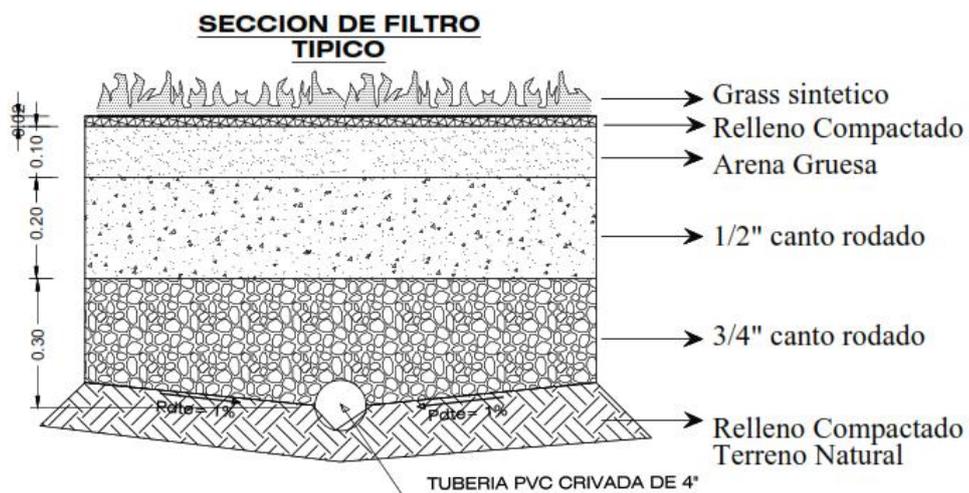


Figura 19 : Idealización del modelo real
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9
Coefficiente de permeabilidad teórico del modelo de drenaje

Material de capa	d	k	d/k
	cm	cm/s	
Césped sintético	5.0	0.364	13.736
Material granular	85.0	0.290	293.103
geotextil	0.5	0.230	2.174
	90.5		309.014
K equi	0.293	cm/s	

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente k de permeabilidad teórico del modelo es 0.293 cm/s

Intensidad Duración Frecuencia (IDF)

Sobre el modelo propuesto se simula la precipitación de la zona, para el cual se ha hallado la curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF) según los registros de precipitaciones de la estación de Calacoa aledaña a la zona del proyecto el detalle de su obtención se detalla en el apéndice, los diferentes periodos de retorno, así como su duración se muestra en la figura como se muestra.

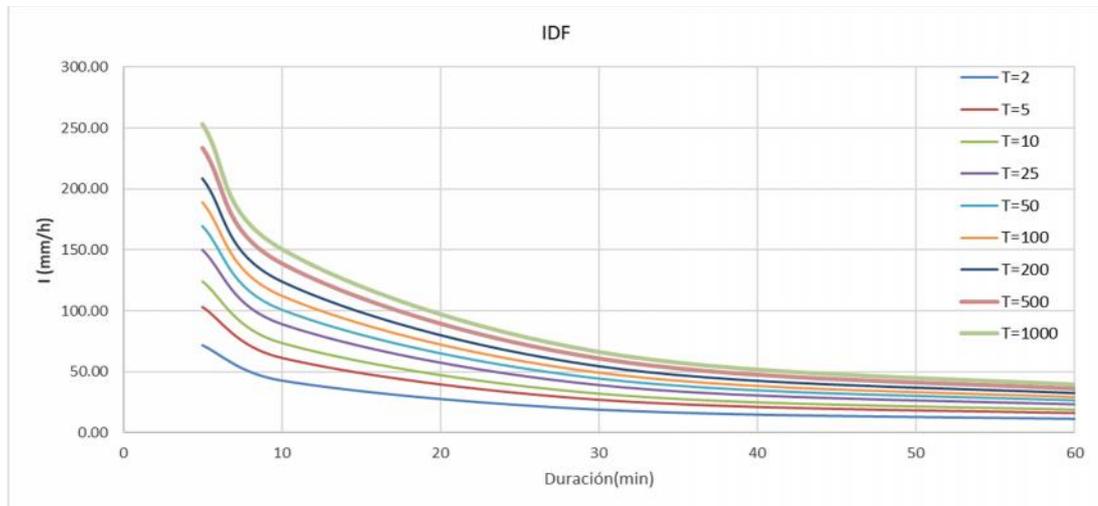


Figura 20: Curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF) para la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

Periodo de Retorno y Tiempo de concentración

En caso del césped sintético que es materia de análisis, se asume una vida útil de 10 años, y para una probabilidad de no ocurrencia del evento del 99.55% se obtiene un periodo de retorno de 50 años.

Con el periodo de retorno se obtiene el tiempo de concentración según los diferentes métodos como se muestra a continuación:

Tabla 10
Tiempo de concentración

Formulas Utilizadas	Tc	Und.
Formula de Passini	2.64	min
Metodo de Snyder	26.394	min
Metodo de Hathaway	20.39	min
Formula de Keray	9.220	min
Formula de Kirpich	3.67	min
Formula de giandotty	33.49	min
Sumatoria	59.67	min
TC=	14.92	min

Fuente: Elaboración propia

Según lo obtenido de diferentes fórmulas el tiempo de concentración a utilizar corresponde a 15 minutos.

Con el tiempo de concentración se halló el coeficiente de escorrentía para las condiciones de la cuenca de estudio como se muestra a continuación:

Tabla 11
Coefficiente de escorrentía para la zona de estudio

Coefficiente de escurrimiento (Ce)

Datos de entrada			
Area de la microcuenca (Km2)	AR=		0.03255
Altura Media de la Cuenca (m.s.n.m)	Hc=		3333.38
Altura de la Estación Referencia (°C)	He=		3446.00
Temperatura Estación de Referencia (°C)	Te=		13.4911
Radiación extraterrestre para la cuenca (mm/año)	Ra=		5458.49
Precipitación Media de la Cuenca (mm/año)	Pc=		142.72
Temperatura media de la cuenca			
	$T_c = T_e - 0.0056(H_c - H_e)$	14.1 °C	
	$T_c = 9/5(T_c) + 32$	57.42 °F	
E. T. P. De la cuenca			
ETP=0.0075*0.075*Ra*(50^0.5)*F*(1+0.06*Hc/1000)	E.T.P. =		1495.96
Coef. Temperatura (°C)	$C_t = 300 + 25'$	Ct=	793.86
Deficit de escurrimiento.(D0,D1)	$D_0 = 0.872 * $	D0=	288.28
	$D_1 = P_c / (0.9$	D1=	147.81
Coefficiente de Escurrimiento			
$c_1 = 0.914 - 2.36E-4 * P_c - 0.0581 * T_c$	c1=		0.0598
$c_2 = 0.682 - 0.0526 * T_c - 1.36E-4 * T_c^2$	c2=		-0.0879
$c_3 = 1.813 - 1.87E-4 * P_c - 1.12E-3 * ETP$	c3=		0.1108
$c_4 = 5.21 - 7.31E-3 * ETP + 2.68E-6 * ETP^2$	c4=		0.2721
$c_5 = 3.16E12 * P_c^{-0.571} * ETP^{-3.686}$	c5=		0.3687
$c_6 = 6.47 - 0.0691 * \ln(P_c) - 0.8 * \ln(ETP)$	c6=		0.2788
$c_7 = (P_c - D_0) / P_c$	c7=		-1.0199
$c_8 = (P_c - D_1) / P_c$	c8=		-0.0357
Finalmente Coeficiente de Escurrimiento es	C =		0.0997

Fuente: Elaboración propia

Con la escorrentía obtenida se halla el caudal a presentarse en la zona de estudio como:

Tabla 12*Caudal que se presenta en la zona de estudio.*

Periodo de retorno	Intensidad (mm/hr)				
	5	10	15	30	60
50 (años)	169.57	100.83	74.39	44.23	26.30

Método Racional	
Q=0.2778 CIA	
A	0.0326 Km ²
C	0.073

	Caudal				
	5	10	15	30	60
Q(m ³ /s)	0.092	0.055	0.040	0.024	0.014
Q(l/s)	92	55	40	24	14

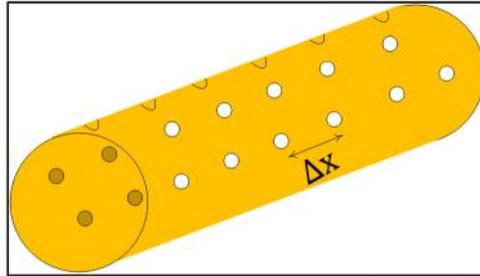
Fuente: Elaboración propia

El caudal máximo a presentarse en la zona para un periodo de retorno de 50 años es de 40 l/s, caudal a ser evacuado por el sistema de drenaje. Para tal fin se determina el caudal a ser evacuado por el dren que está compuesto por tubería perforada de 4" de diámetro con una longitud total de 180 m. Es decir cada metro de tubería drena

$$q_d = \frac{Q}{L} = \frac{40 \text{ l/s}}{180 \text{ m}} = 0.22 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ m}$$

Se verifica con el sistema de drenaje planteado:

Caudal en la tubería Cribada



$$Q = [-2(2gDS_f)^{0.5} \log_{10}(k/(3.7D) + 2.51v/D(2gDS_f)^{0.5})] \times A$$

d	Diametro del Orificio	10 mm
n	Numero de filas de orificios	4
Δx	distancia entre orificios	100 mm
N	Cantidad de Orificios por metro	40 und - m
N _{correg}		20 und - m
A _o		0.00157 m ² -m
D	diametro de la tubería	0.1 m
A	Area de la tubería perforada	0.00157 m ² -m
S _f	pendiente de la tubería	0.02 m/m
k	Rugosidad de la pared	0.007 m
v	viscosidad del agua	1.01E-06
g	constante de gravedad	9.81 m/s ²
q	Caudal evacuado por metro de tubería	0.001071 m ³ /s -m
L	Longitud de tubería	180 m
Q	Caudal evacuado por longitud de tubería	0.19269 m ³ /s 192.69 l/s

Figura 21: Caudal en tubería Cribada
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los cálculos mostrados, asumiendo que se llegasen a obstruir la mitad de los orificios la tubería perforada por metro lineal tiene la capacidad de evacuar 1.071 l/s, los 180 m de tubería planteada en el drenaje evacua 192.69 l/s, que es mayor de 40 l/s requerido, aproximadamente 5 veces la capacidad requerida.

Con los resultados obtenidos se procede a evaluar con el modelo experimental.

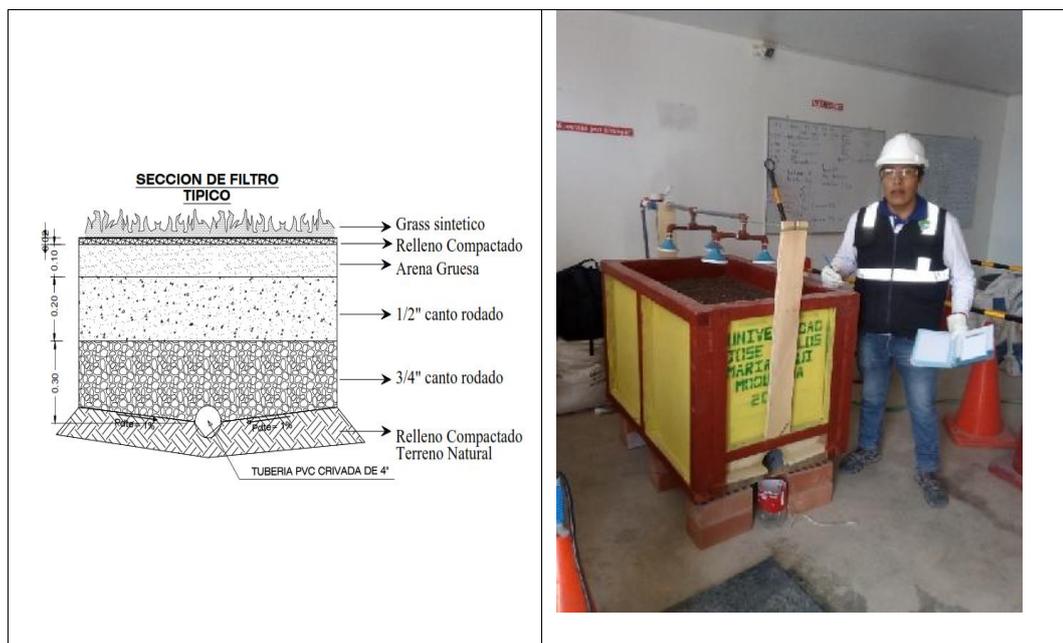


Figura 22: Modelo idealizado y modelo real construido en laboratorio
Fuente: Elaboración propia

El modelo se construyó, con dimensiones reales, reproduciendo las condiciones de campo, césped sintético en la parte superior, agregado canto rodado al interior del dren, una tubería de PVC de 4" con orificios de drenaje encamisado de geotextil, para la simulación de la precipitación se instaló un sistema de distribución de agua utilizándose tubería PVC de 1/2" el cual contaba con un medidor volumétrico de agua a fin de controlar el ingreso del fluido y reproducir las condiciones de precipitación.



Figura 23: Modelo en laboratorio con rociadores simuladores de precipitación.
Fuente: Elaboración propia.

Las ubicaciones de los rociadores de agua distribuido sobre el césped sintético están ubicados a 30 cm de la superficie a fin de no alterar la dirección de la precipitación por efectos de corrientes de aire, evitándose de esta manera la presencia de condiciones que puedan modificar el modelo.

Organizado y calibrado el modelo experimental se inició el registro de información según condiciones establecidas.

En el proceso de simulación de precipitación directamente sobre el modelo experimental, nótese la presencia de *pounding* (encharcamiento inicial) que es

debido a una intensidad como se produce en la parte alta de Moquegua, y específicamente en el sector de San Cristóbal Calacoa.



Figura 24: Obsérvese las intensidades controladas a la que sometió el modelo
Fuente: Elaboración propia

El modelo experimental se sometió a diferentes intensidades y se registró el tiempo que el agua era drenada, para el cual se utilizaron formatos como el siguiente:

Tabla 13

Formato de registro de campo

MUESTRA N° 01	
DURACION DE TIEMPO TOTAL 6 MINUTOS	1.- CANTIDAD DE LLUVIA EN UNA AREA DE: LARGO 0.60 AREA 0.60 M2 ANCHO 1.00
	* SEGÚN CAUDALIMETRO EL AGUA DE INGRESO Q=6 LITROS
	2.- TIEMPO DE CAIDA DE LLUVIA T=1:00 MINUTOS
	3.- TIEMPO DE LLEGADA DE AGUA FINTRANTE A TUBERIA CRIBAL T=2:00 MINUTOS
	4.- TIEMPO DE ESCURRIMIENTO DE AGUA T= 4:00 MINUTOS
	5.- CANTIDAD DE AGUA LIBERADA EN UN TIEMPO DE: PESO BANDEJA= 0.480 PESO BAND+AGUA= 3.361
	CANTIDAD DE AGUA LIBERADA= 2.88 LITROS EN UN TIEMPO DE 3:20 MINUTOS

Cada simulación de precipitación era controlada detalladamente.



Figura 25: Modelo experimental funcionando en condiciones controladas
Fuente: Elaboración propia

El proceso se repitió para diferentes intensidades de precipitación.

Tabla 14
Información registrada en laboratorio

Fecha	Area de Muestra	Volumen de agua vertida	Tiempo de vertido	Tiempo que Infiltra hasta tubería	Tiempo de Escurrimiento	Tiempo sale el volumen2	Volumen2
	m2	litros	min	min	min	min	litros
20/08/2020	M1	0.6	6	1.0	2.00	4.00	2.88
20/08/2020	M2	0.6	6	1.0	2.17	5.67	5.67
20/08/2020	M3	0.6	6	0.5	2.00	4.00	3.41
24/08/2020	M1	0.6	8	3.0	3.67	3.33	1.15
24/08/2020	M2	0.6	8	1.0	2.17	5.83	3.87
24/08/2020	M3	0.6	25	5.0	2.00	4.00	8.22
25/08/2020	M1	0.6	25	5.0	2.17	8.00	14.64
25/08/2020	M2	0.6	25	5.0	2.17	12.00	20.76
25/08/2020	M3	0.6	25	5.0	2.17	14.00	21.36

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la gráfica la relación entre los caudales vertidos y los caudales descargados por el modelo experimental.

Siendo necesario determinar el valor k que representa el valor del coeficiente de conductividad hidráulica se puede obtener lo siguiente:

Tabla 15
Caudal vertido y descargado bajo condiciones controladas

	Area de Muestra	Volumen de agua vertida	Tiempo de vertido	Tiempo de Ecurrimiento	Tiempo sale el volumen2	Volumen2	Longitud Tubo	Caudal descarga tubo
	m2	litros	min	min	min	litros	m	l/s -m
20/08/2020 M1	0.6	6	1.0	4.00	4.00	2.88	1.0	0.01
20/08/2020 M2	0.6	6	1.0	5.67	4.00	5.67	1.0	0.02
20/08/2020 M3	0.6	6	0.5	4.00	4.00	3.41	1.0	0.01
24/08/2020 M1	0.6	8	3.0	3.33	3.33	1.15	1.0	0.01
24/08/2020 M2	0.6	8	1.0	5.83	5.83	3.87	1.0	0.01
24/08/2020 M3	0.6	8	2.0	4.00	4.00	2.45	1.0	0.01
25/08/2020 M1	0.6	25	5.0	8.00	8.00	14.64	1.0	0.03
25/08/2020 M2	0.6	25	5.0	12.00	12.00	20.76	1.0	0.03
25/08/2020 M3	0.6	25	5.0	14.00	14.00	21.36	1.0	0.03

Fuente: Elaboración propia

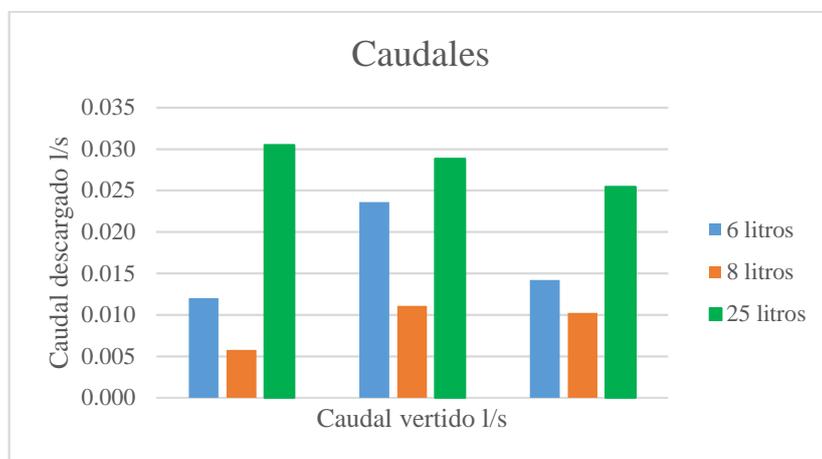


Figura 26: Caudal vertido y caudal descargado por el modelo experimental
Fuente: Elaboración propia

Obteniéndose la permeabilidad del modelo hidráulico utilizando la ecuación de

Philip de Infiltración el que nos da los siguientes resultados:

Tabla 16*Datos procesados para hallar la permeabilidad*

Descripción	Area de Muestra	Volumen de agua vertida	Tiempo de vertido	Tiempo que Infiltra hasta tubería	Altura H	velocidad de t infiltración		F(t)	f(t)	S	k
	m ²	litros	min	min		cm/s	h	cm	cm/s	cm . h ^{-1/2}	cm/s
M1	0.6	6	1.0	2.000	0.90	0.75	0.03333	90	2700.00	0.00	0.750
M2	0.6	6	1.0	2.167	0.90	0.69	0.03611	90	2492.31	0.00	0.692
M3	0.6	6	0.5	2.000	0.90	0.75	0.03333	90	2700.00	0.00	0.750
M1	0.6	8	3.0	3.667	0.90	0.41	0.06111	90	1472.73	0.00	0.409
M2	0.6	8	1.0	2.167	0.90	0.69	0.03611	90	2492.31	0.00	0.692
M3	0.6	8	2.0	2.000	0.90	0.75	0.03333	90	2700.00	0.00	0.750
M1	0.6	25	5.0	2.167	0.90	0.69	0.03611	90	2492.31	0.00	0.692
M2	0.6	25	5.0	2.167	0.90	0.69	0.03611	90	2492.31	0.00	0.692
M3	0.6	25	5.0	2.167	0.90	0.69	0.03611	90	2492.31	0.00	0.692

Fuente: Elaboración propia

Siendo el valor de permeabilidad obtenida mostrada en el grafico siguiente:

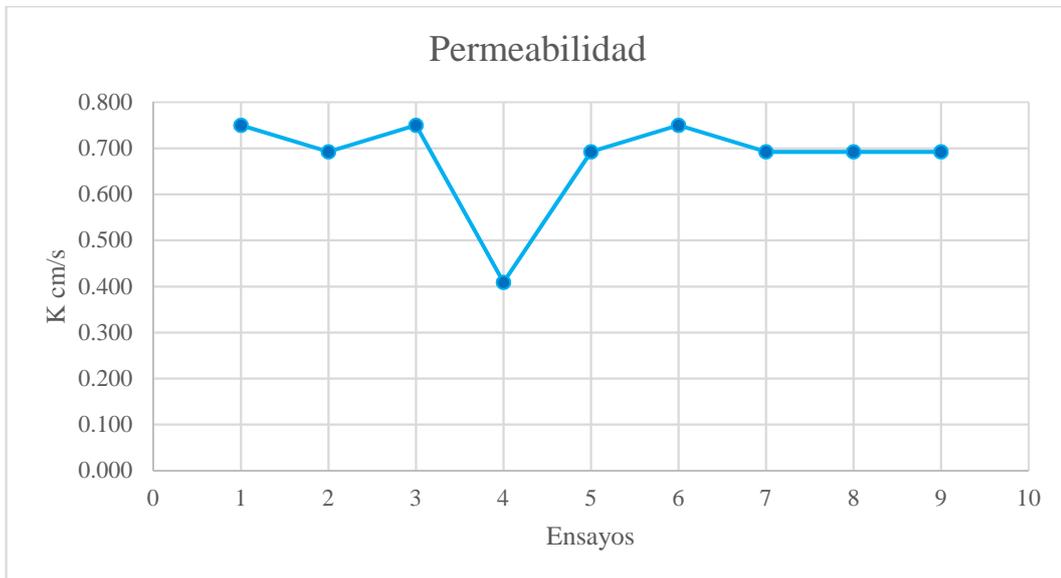


Figura 27: Permeabilidad del modelo para diferentes intensidades de laboratorio
Fuente: Elaboración propia

Como se observa los resultados tiene una tendencia lineal.

4.2. Contrastación de Hipótesis

Para la contrastación de resultado se utilizará la prueba T student a fin de verificar los resultados, con una probabilidad del 95%, un margen de error del 5%, para tal fin se parte de premisas para cada hipótesis:

Se supone que los datos son independientes es decir no existe relación entre los resultados entonces se debe plantear la hipótesis

Ho: $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ no hay diferencia entre las medias

H1: $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ Si hay diferencia entre las medias

Tabla 17
Ensayos a verificar alguna relación

Ensayo 1	
M1	0.750
M2	0.692
M3	0.750

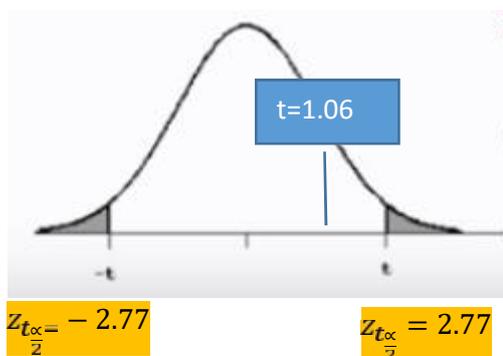
Ensayo 2	
M1	0.409
M2	0.692
M3	0.750

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18*Resultado de la prueba estadística T student*

	<i>Ensayo 1</i>	<i>Ensayo 2</i>
Media	0.73076923	0.617132867
Varianza	0.00110947	0.033293193
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.01720133	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	1.06116262	
P(T<=t) una cola	0.1742192	
Valor crítico de t (una cola)	2.13184679	
P(T<=t) dos colas	0.34843839	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77644511	

Fuente: Elaboración propia

*Figura 28: Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución*

Como el valor del significante 0.34 es mayor que 0.05, y el t calculado esta fuera del área de rechazo entonces se acepta la hipótesis nula, es decir, estadísticamente los resultados tienen relación y pertenecen a una sola población.

Se supone que los datos son independientes es decir no existe relación entre los resultados entonces se debe plantear la hipótesis

Ho: $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ no hay diferencia entre las medias

H1: $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ Si hay diferencia entre las medias

Tabla 19 :
Ensayos a verificar alguna relación

Ensayo 1	
M1	0.750
M2	0.692
M3	0.750

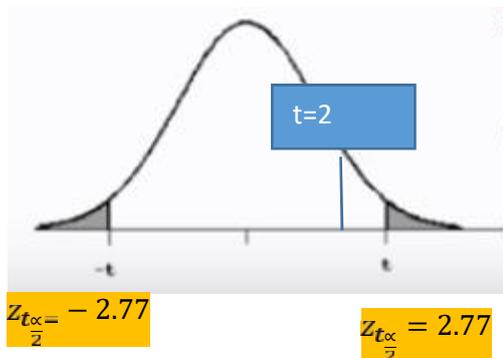
Ensayo 3	
M1	0.692
M2	0.692
M3	0.692

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20*Resultado de la prueba estadística T student*

	Ensayo 1	Ensayo 3
Media	0.73076923	0.692307692
Varianza	0.00110947	1.84889E-32
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.00055473	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	2	
P(T<=t) una cola	0.05805826	
Valor crítico de t (una cola)	2.13184679	
P(T<=t) dos colas	0.11611652	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77644511	

Fuente: Elaboración propia

*Figura 29 :Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución.*

Fuente: Elaboración propia

Como el valor del significante 0.12 es mayor que 0.05, y el t calculado esta fuera del área de rechazo entonces se acepta la hipótesis nula, es decir, estadísticamente los resultados tienen relación y pertenecen a una sola población.

Se supone que los datos son independientes es decir no existe relación entre los resultados entonces se debe plantear la hipótesis

Ho: $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ no hay diferencia entre las medias

H1: $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ Si hay diferencia entre las medias

Tabla 21

Ensayo a verificar alguna relación

Ensayo 2	
M1	0.409
M2	0.692
M3	0.750

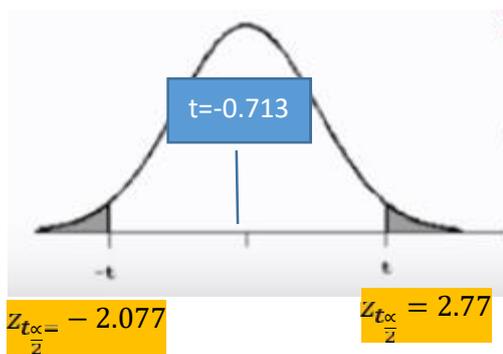
Ensayo 3	
M1	0.692
M2	0.692
M3	0.692

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Resultado de la prueba estadística T student*

	Ensayo 2	Ensayo 3
Media	0.61713287	0.692307692
Varianza	0.03329319	1.84889E-32
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.0166466	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0.7136008	
P(T<=t) una cola	0.25744978	
Valor crítico de t (una cola)	2.13184679	
P(T<=t) dos colas	0.51489956	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77644511	

Fuente: Elaboración propia

*Figura 30: Ubicación de la probabilidad en la curva de distribución*

Fuente: Elaboración propia

Como el valor del significativo 0.51 es mayor que 0.05, y el t calculado esta fuera del área de rechazo entonces se acepta la hipótesis nula, es decir, estadísticamente los resultados tienen relación y pertenecen a una sola población.

4.3. Discusión de resultados

La Hipótesis general El uso del agregado canto rodado incrementa la permeabilidad de drenaje de campo deportivo de césped sintético Moquegua 2019, es confirmada y validada según los resultados de las hipótesis derivadas que sustentan dicha afirmación como a continuación se muestra.

La hipótesis derivada 1: La disposición granulométrica propuesta de agregado canto rodado es la recomendable en la construcción de drenaje de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019, es aceptada, se rechaza la hipótesis nula, al ser el significativo mayor que 0.5. Como se muestra en el grafico siguiente:

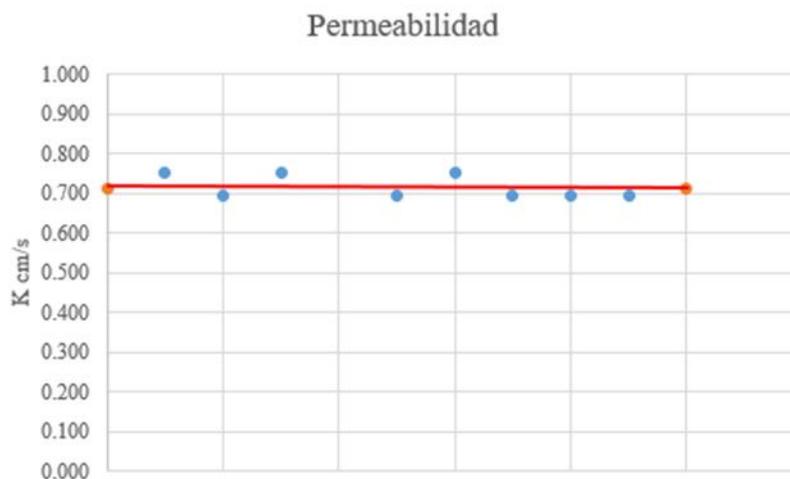


Figura 31: Resultados de permeabilidad tienden alrededor de una recta constante promedio
Fuente: Elaboración propia

La hipótesis derivada 2: Se ha determinado la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado de campo deportivo de césped sintético, Moquegua, 2019 es validada al ser el significativo en todos los casos mayor a 0.05 se establece que los mismos corresponden a un solo tipo de

valor y por ende el valor de la permeabilidad según los modelos obtenidos es de : 0.714 ± 0.03 cm/s.

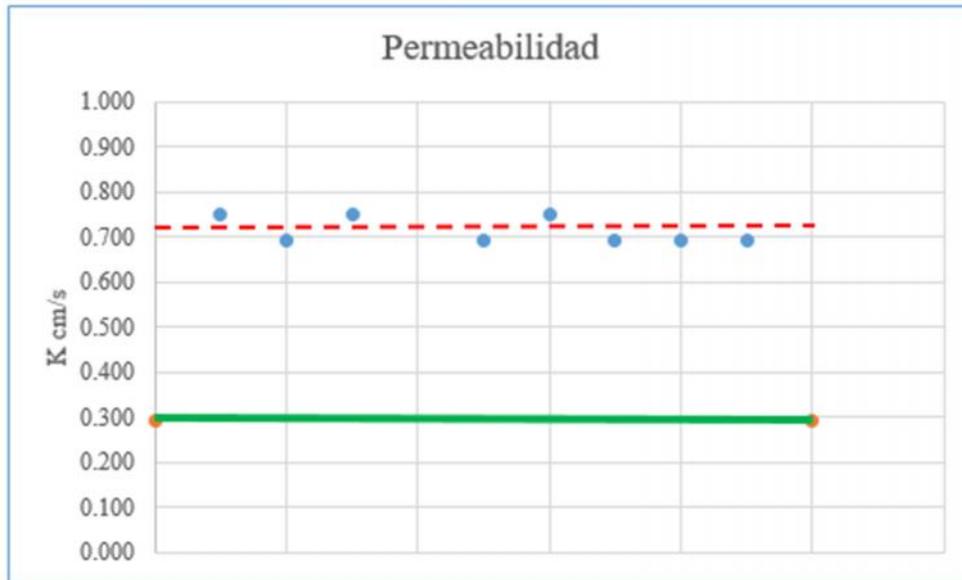


Figura 32: Permeabilidad obtenida en laboratorio y permeabilidad calculada
Fuente: Elaboración propia

La hipótesis derivada 3: se ha duplicado la permeabilidad del drenaje según la disposición granulométrica de agregado canto rodado de campo deportivo césped sintético, La permeabilidad teórica para el drenaje planteada es $K=0.293$ cm/s y la obtenida es de 0.714 ± 0.03 cm/s es 2.43 veces mayor que el valor teórico hallado, es rechazada al ser el significante en todos los casos mayor a 0.05 se establece que los mismos corresponden a un solo tipo de valor y por ende el valor de la permeabilidad según los modelos obtenidos es de : 0.714 ± 0.03 cm/s hasta 3 veces mayor contrario a lo sostenido en la hipótesis que solo indicaba que se ha duplicado el valor teórico de la permeabilidad. Como se expuso en la figura 32.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Primera: Podemos concluir del agregado canto rodado, que el tamaño de las partículas, la clasificación y disposición granulométrica son las propiedades importantes, ya que determinan la permeabilidad, la facilidad de construcción, la estabilidad y la longevidad de la estructura.

Segunda: La disposición granulométrica planteada en el modelo, así como el tamaño de las partículas en los agregados del drenaje pueden variar desde arenas finas hasta material grueso. Los agregados generalmente se colocan y compactan sin unir dentro de la zanja de drenaje, por tanto, estos deberán contar con una estabilidad estructural, es decir se acomodarán dentro del lecho filtrante, de tal forma que no se deformen durante el periodo de vida útil, dejando suficientes espacios para garantizar alta permeabilidad, combinada con resistencia a la erosión interna de finos.

Tercera: La alta permeabilidad del agregado canto rodado es garantizada por las condiciones de la disposición granulométrica, como se demostró en el ensayo se alcanza coeficientes de permeabilidad de 0.714 ± 0.03 cm/s por tanto está garantizada el drenaje al utilizarse con este modelo de dren.

Cuarta: La permeabilidad teórica es 0.293 (pág. 51) y la obtenida de 0.714 ± 0.03 cm/s es 2.43 veces el valor teórico hallado, es decir la disposición granulométrica de la muestra analizada es mayor al del modelo proyectado.

5.2 Recomendaciones

Primera: El uso de agregado canto rodado en la construcción de drenes es entendido como un proceso empírico, no se conocía la permeabilidad que alcanza al utilizarse, pues de la bibliografía revisada no se tenían investigaciones en la realidad de Moquegua, donde se presentan varios campos deportivos donde no se consideró aspectos de drenaje. El presente estudio es el primero que alcanza valores de permeabilidad de drenajes de este tipo con uso de materiales de la zona.

Segunda: La disposición granulométrica como la alcanzada es la que se debe mantener en el caso del uso de agregado canto rodado, recomendándose sobre esta base ensayar otros tipos de disposición granulométrica o empleo de materiales geoceldas que se llegaron a conocer durante el desarrollo de la investigación.

Tercera: La permeabilidad es una característica de los lechos filtrantes, y esta varía con el paso del tiempo y a veces es afectada por factores ambientales tales

como plantas, hongos o bacterias que afectan la permeabilidad, este aspecto no ha sido evaluado en la presente investigación, siendo recomendable un estudio de este sobre la base de los desarrollos realizados.

Cuarta: El diseño de esta disposición granulométrica resulta dos veces más eficiente que el modelo teórico, por tanto, resalta la importancia de contrastar la información teórica con la práctica como es el presente caso a fin de corroborar los aspectos teóricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruz Figue, O. A., Gonzalez Basto, M., & Ospina Ángel, L. M. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de un escenario deportivo en cancha de grama sintética para práctica de fútbol 5 en el barrio minuto de dios en la ciudad de Bogotá D.C.* (Tesis), Corporación minuto de Dios.
- Ferrandino, M., F. P., & Forrester, S. (2016). Artificial Turf Field-A New Build Case Study. *In Procedia Engineering*, 836-841.
doi:10.1016/j.proeng.2016.06.294
- Gárriz Sánchez, C. (2012). *Riego, drenaje e instalaciones de un campo de fútbol.* (Tesis), Universidad Pública de Navarra.
- Gómez Navarro, J. L. (1972). *Salto de Agua y Presas de Embalse.* Madrid: Tallere gráficos Herrera.
- Hernández Sampiere, R., Fernández Colladó, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* Mexico: McGrawHill.
- Hudepohl, M. R., Buchberger, S. G., & Shuster, W. D. (2016). Hydrology of synthetic turf fields: Modeling approach with field data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142-147.
doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000992
- Jastifer, J. R., McNitt, A. S., D. Mack, C., Kent, R. W., & McCullough, K. A. (2018). Synthetic Turf: History, Design, . *Sports Health: A Multidisciplinary Maintenance, and Athlete Safety*, 84-90.
doi:10.1177/1941738118793378
- López-Acosta, N. &.-G. (2014). Classical and current methods in the design of filters for dams of graded materials. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica*, 1-13.
- Lugo Hubp, J. (2011). *Diccionario geomorfológico.* Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marin Gaspar, J. C., & Quiroga Vanegas, K. A. (2015). *Drenaje para filtros longitudinales y pozos septicos en los suelos utilizando grava, arena y neumatico reciclado de maquinaria pesada.* (Tesis), Universidad Libre Seccional Pereira.
- Novak, P., Narayanan, R., Moffat, A., & Nalluri, C. (2007). *Hydraulic Structures.* Abigdon: Taylo & Francis.
- Padilla, C. (2008). Agua minería y comunidades locales. *Concertación*, 7-10.

- Santander Tuni, J. (2017). *Diseño e instalación del sistema de drenaje y base del estadio institución educativa glorioso San Carlos -Puno*. (Tesis), Universidad Nacional del Altiplano.
- Sarsby, R. W. (2007). *Geosynthetics in civil engineering*. Abington: CRC Press LLC.
- Sheng-Hong, C. (2015). *Hydraulic Structures*. Wuhan: Springer.
- Suárez Díaz, J. (2002). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bogotá, Colombia.
- Tancer, L. (2014). *Dams and Appurtenant Hydraulic Structures* (2da ed.). Chennai, India: CRC Press/Balkema.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología* (segunda ed.). Lima: MaxSoft.
- Villón Béjar, M. (2007). *Drenaje*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.