

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**“DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE
DEL ESTADIO INSTITUCION EDUCATIVA GLORIOSO SAN
CARLOS – PUNO”**

PRESENTADA POR:

JOSÉ CARLOS SANTANDER TUNI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
TESIS

**DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE DEL
ESTADIO INSTITUCION EDUCATIVA GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO**

PRESENTADA POR:

JOSÉ CARLOS SANTANDER TUNI

PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE:

M.Sc. Oscar R. Mamani Luque

PRIMER MIEMBRO:

M.Sc. Alberto Pílares Hualpa

SEGUNDO MIEMBRO:

M.Sc. Edgardo S. Guerra Bueno

DIRECTOR DE TESIS:

M.Sc. Lorenzo Cioza Coronel

ASESOR:

Ing. Edilberto Huaquisto Ramos

AREA: Ingeniería y Tecnología

TEMA: Drenaje Urbano, Vial y Agrícola

LINEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

A nuestro creador Dios padre todopoderoso, que habita en nuestro fuero íntimo, por haberme guiado por la ruta del saber y del bien. El cual nos otorga el poder de decidir por nosotros mismos, acertando o equivocándonos a la medida de nuestras humanas posibilidades, y para ello hemos de escuchar tanto al corazón como a la cabeza.

A mi padre, don Eusebio, a mi adorada madre Sra. Octavia y Juana, a mis hermanos con mucho Afecto y Cariño por el permanente e inmensurable apoyo, con todo cariño e inmensa gratitud, quienes con su aliento, paciencia, por sus sabios consejos y por su gran esfuerzo para forjar a sus hijos, que hicieron posible el logro de mi noble profesión.

A mis Esposa e Hijo:

Diana y mi pequeño hijo Christopher Stevens, con mucho amor y cariño, por su comprensión en el tiempo que se realizó el presente proyecto de tesis.

AGRADECIMIENTO

- *A la Universidad Nacional del Altiplano, al personal docente y administrativo de la Carrera Académica Profesional de Ingeniería Agrícola, por los conocimientos básicos brindados y apoyo constante en mi formación profesional.*
- *Al Jurado revisor del presente trabajo de investigación, que con su apoyo incondicional hicieron posible la presente tesis de investigación el que contribuye a mi formación profesional.*

JOSE CARLOS S. T.

INDICE**RESUMEN**

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	3
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 Problema general.	4
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACION Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION.	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	6
1.4.1 Objetivo general:	6
1.4.2 Objetivos específicos.	6
1.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	6
1.5.1 Hipótesis general.	6
1.5.2 Hipótesis específicos.	7
CAPITULO II	8
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	8
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.1.1 Investigación necesaria para drenaje subterráneo.....	8
2.1.2 Investigación en drenaje subterráneo.....	8
2.1.3 Estudios topográficos.....	9
2.1.4 Estudio de suelos.	10
2.1.5 Estudio hidrológico.....	11
2.2 CAUSAS DEL PROBLEMA DE DRENAJE.....	13
2.2.1 Métodos de drenaje.....	13
2.3. DISEÑO DE SUBDRENES.....	13
2.3.1 Esguerrimiento subterráneo y drenaje.	14
2.4 SISTEMAS Y TIPOS DE DRENAJE.....	15

2.4.1 Sistemas de drenaje.....	15
2.5 TIPOS DE DRENES.	15
2.5.1 Zanjas Abiertas.	15
2.5.2 Tuberías enterradas.	15
2.6 METODOS Y TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE PARA CAMPOS DEPORTIVOS	16
2.7 TRAZOS DE LOS DRENES DE CAMPO.	18
2.7.1 Trazo del drenaje subterráneo en campo.	19
2.7.2 Tipo paralelo o rejilla.....	19
2.7.3 Tipo espina de pescado.	20
2.8 DRENAJE INTERNO O SUBTERRANEO.....	20
2.8.1 Criterios de drenaje.....	21
2.8.2 Régimen de flujo.....	21
2.8.3 Descarga normativa.	22
2.8.4 Tipos de flujos.	22
2.8.5 Cálculos para el drenaje subterráneo.	24
2.8.6 Ecuaciones de drenaje para régimen permanente	25
2.8.7 Formulas para el régimen no permanente.....	29
2.9 CAUDAL A ELIMINAR POR LOS DRENES EN REGIMEN PERMANENTE	
33	
2.10 DESCARGA MAXIMA DE DISEÑO	33
2.11. DIAMETRO Y PENDIENTES (DISEÑO HIDRÁULICO).....	34
2.12 CAUDAL Y DIAMETRO DE LOS COLECTORES.....	35
2.13 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA BASE GRANULAR	36
2.13.1. Textura.	37
2.13.2 Estructura.....	39
2.13.3 Densidad aparente.....	41
2.13.4 Densidad real.	43
2.13.5 Porosidad.	43
2.14 PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL MEDIO POROSO.	45

2.14.1 Conductividad hidráulica.....	45
2.14.2 Determinación de la conductividad hidráulica (K).....	48
2.14.3 Infiltración.	48
2.15 GEO SINTETICOS O GEO TEXTILES.	51
2.15.1 Geotextiles según su forma de fabricación tejidos.	52
2.15.2 Tipos de geotextiles.	52
2.15.3 Propiedades de los geotextiles.	53
2.15.4 Campos de aplicación de los geotextiles.	55
2.15.5 Funciones de los geo sintéticos.....	56
2.15.6 Método de diseño para materiales geosinteticos.	56
2.15.7 Material conformante para la base granular.	57
2.16 INFLUENCIA DEL SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS TUBERIAS	60
2.16.1 Comportamiento estructural de las tuberías de PVC enterradas.	60
2.16.2 Deflexión de tuberías.....	61
2.16.3 Tuberías flexibles.....	61
2.16.4 Deflexión en tuberías flexibles.	61
2.16.5 Calculo de deflexión por cargas externas.	62
2.16 MARCO CONCEPTUAL.....	65
2.16.1 Drenaje.....	65
2.16.2 Drenaje Subsuperficial.....	66
2.16.3 Precipitación.	66
2.16.4 Nivel freático.	67
2.16.5 Infiltración.	67
2.16.6 Geosintéticos o geotextiles.	68
2.16.7 Compactación.	68
CAPITULO III.....	69
MATERIALES Y METODOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR.....	69
3.1 GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO.....	69
3.1.1 Ubicación del área en estudio.	69
3.1.2 Extensión superficial.	70

3.1.3 Terreno.....	70
3.1.4 Clima e hidrología.	71
3.1.5 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.	72
3.1.6 Investigación de campo.	74
3.2 MATERIALES.....	77
3.2.1 Información cartográfica.	77
3.2.2 Información hidrológica e hidrométrica.	77
3.2.3 Estudios de aguas subterráneas.....	77
3.2.4 Estudio de prueba hidrogeológica.	77
3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	78
3.3.1 Análisis y planteamiento del diseño e instalación del sistema de drenaje y base granular del estadio I.E. Glorioso San Carlos – Puno.....	78
3.3.2 Estudio hidrológico y meteorológico.....	80
3.3.3 Método de estudio del problema de drenaje.	83
3.4 GRANULOMETRIA EN SUELOS.....	86
3.4.1 Clasificación e identificación de suelos.....	87
3.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos.	88
3.4.3 Suelos gruesos.	88
3.4.4 Suelos finos.....	89
3.4.5 Identificación de suelos.	90
3.4.6 Identificación en campo de suelos gruesos.....	90
3.5 ESTUDIO Y COMPORTAMIENTO DEL ACUIFERO SUPERFICIAL.	93
3.5.1 Evaluación del nivel freático y flujo subterráneo.	93
3.5.2 Identificación de constantes hidráulicas de la base granular.	93
3.5.3. Drenaje interno o subterráneo.....	99
3.5.4 Cálculos hidráulicos.....	99
3.5.5 Profundidad de los drenes.....	100
3.5.6 Calculo del espaciamiento entre drenes.....	100
3.5.7 Formulas para el regimen no permanente.....	101
3.5.9 Determinación de la carga hidráulica.	104
3.6 CALCULO HIDRAULICO DE LOS DRENES CON TUBERIAS.....	106
3.6.1 Calculo del caudal en drenes laterales.	106

3.7. METODO DE INSTALACION DEL CAMPO DEPORTIVO DEL ESTADIO	
I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.	113
3.7.1. Preparación de sub base.	113
3.7.2. Construcción del sistema de drenaje.	113
3.7.3. Colocación de la base granular drenante.	114
3.7.4. Colocación de la cobertura de césped sintético.	114
CAPITULO IV	115
RESULTADOS Y DISCUSIONES	115
4.1 DEL ESTUDIO HIDROLOGICO.	115
4.1.1 Precipitación.	115
4.2 RESULTADOS DEL PROBLEMA DE DRENAJE “ESTADIO DEPORTIVO DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO”.....	118
4.2.1 Del estudio de suelos de la base granular drenante.	118
4.2.2 Características geotécnicas.	124
4.2.3. Identificación de las constantes hidráulicas de la base granular.....	125
4.3. ESTUDIO Y COMPORTAMIENTO DEL ACUIFERO SUPERFICIAL. .	130
4.3.1 Resultados de las lecturas del nivel freático y piezómetros.	130
4.4. ANALISIS DE RESULTADOS DE FLUCTUACION DEL NIVEL FREATICO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO	139
4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO	140
4.5.1 Calculo hidráulico en drenes con tuberías.	140
4.5.2 Calculo del espaciamiento entre drenes (I) según criterios y normas de drenaje.....	142
4.5.3 Calculo del espaciamiento de los drenes (I) por fórmulas de régimen variable.....	144
4.6 CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA DE DRENAJE TIPICA.....	151
4.7 PROPUESTA DE TUBERIA DE DRENAJE PARA EL ESTADIO I.E. GLORIOS SAN CARLOS – PUNO.....	152

4.7.1 Tuberías de drenaje AdvanEdge.....	152
4.8 SECCION DEL CANAL RECTANGULAR RECOLECTOR DE LAS AGUAS DEL SISTEMA DE DRENAJE CAMPO DEPORTIVO	153
4.8.1 Determinación del caudal de escurrimiento de aguas pluviales en obras complementarias	154
4.9 DETERMINACION DEL TIPO DE GEOTEXTIL FILTRANTE.....	155
4.9.1 Criterio de retención.....	155
4.9.2 Criterio de permeabilidad.....	156
4.9.3 Criterio de supervivencia.....	157
4.10 INSTALACION DEL CAMPO DEPORTIVO DEL ESTADIO DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.....	157
4.10.1 Preparación de la sub base.....	157
4.11 CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	161
4.11.1 Disposición y zanjeo de canales de drenaje.....	161
4.11.2 Colocación de manta geotextil.....	164
4.11.3 Colocación de tuberías de drenaje ADVANEDGE.....	165
4.11.4 Colocación de la base granular drenante.....	167
4.11.5 Colocación de cobertura de grass sintético.....	171
4.12 COSTOS DEL INSTALACION DEL SISTEMA DE DRENAJE Y COBERTURA DE GRAS SINTETICO DEL CAMPO DEPORTIVO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS.....	175
CAPITULO V.....	176
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
5.1 CONCLUSIONES.....	176
5.2 RECOMENDACIONES.....	178
CAPITULO VI	179
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	179
ANEXOS	181
PLANO.....	213

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1: DENSIDAD DE MUESTREOS EN ESTUDIOS DE SUELOS	10
CUADRO 2: PENDIENTES MÍNIMAS PARA DRENES TUBULARES	34
CUADRO 3: LA TEXTURA Y SU VARIACIÓN EN DIÁMETRO	37
CUADRO 4: RANGOS DE PARTÍCULAS CORRESPONDIENTES A LAS DISTINTAS CLASES TEXTURALES	39
CUADRO 5: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU ESTRUCTURA	40
CUADRO 6: RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	41
CUADRO 7: VALORES MEDIOS DE DENSIDAD APARENTE EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO	42
CUADRO 8: VALORES MEDIOS DE POROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO.....	44
CUADRO 9: VALORES DE K SEGÚN TIPO DE SUELOS.	46
CUADRO 10: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, SEGÚN SU RAPIDEZ DE MOVIMIENTO	47
CUADRO 11: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SEGÚN TEXTURA Y LA ESTRUCTURA DEL SUELO.....	47
CUADRO 12: CLASIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE INFILTRACIÓN.....	50
CUADRO 13: CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS GEOTEXILES	56
CUADRO 14: FUNCIONES DE LOS GEOSINTÉTICOS	56
CUADRO 15: APLICACIONES DE DISEÑO PARA MATERIALES GEOSINTÉTICOS	57
CUADRO 16: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR.....	58
CUADRO 17: ENSAYOS DE LABORATORIO	75
CUADRO 18: CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS.....	76

CUADRO 19: CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS.....	76
CUADRO 20: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PROMEDIO PARA ÁREAS URBANAS PARA 5 Y 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO	82
CUADRO 21: RELACIÓN ENTRE INTENSIDADES MÁXIMAS (MM/HR), FRECUENCIA (F), TIEMPO DE RETORNO (TR), INTERVALO DE DURACIÓN (MIN).	83
CUADRO 22: ENSAYOS DE LABORATORIO	85
CUADRO 23: CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO.....	87
CUADRO 24: INTERVALOS DE MAGNITUD DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	94
CUADRO 25: CLASIFICACIÓN DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, SEGÚN SU RAPIDEZ DE MOVIMIENTO	94
CUADRO 26: VALORES APROXIMADOS DE LA PERMEABILIDAD (K) EN DISTINTOS MATERIALES.....	94
CUADRO 27: INTERVALOS DE POROSIDAD REPRESENTATIVOS PARA MATERIALES	95
CUADRO 28: INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CILINDROS INFILTROMETROS .	96
CUADRO 29: RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	97
CUADRO 30: PENDIENTES MÍNIMAS PARA DRENES TUBULARES	108
CUADRO 31: RESUMEN DE DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (MM).	115
CUADRO 32: DATOS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL, AÑO HIDROLÓGICO (2000 – 2013).....	117
CUADRO 33: VOLUMEN DE PRECIPITACIÓN EN ÁREA DE ESTUDIO (ESTADIO DE I.E. GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO)	117
CUADRO 34: GRAFICO DE VOLUMEN DE PRECIPITACION EN ESTADIO GLORIOSOS SAN CARLOS – PUNO.....	118

CUADRO 35: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR (CAPA BASE Y CAPA ACABADO) NORMA TAMAÑO DE MALLA ASSHTO T-11 Y T – 27 (ABERTURA CUADRADA).....	122
CUADRO 36: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA BASE GRANULAR ESTADIO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS	125
CUADRO 37: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.....	126
CUADRO 38: VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION CALCULADOS PRUEBA 01.....	126
CUADRO 39: VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION CALCULADOS PRUEBA 02.....	127
CUADRO 40: PROPIEDADES FISICAS E HIDRAULICAS DEL NUEVO TERRENO DEPORTIVO DE LA I.E GLORIOSOS SAN CARLOS – PUNO.....	129
CUADRO 41: RESUMEN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN LOS SUELOS DE LA BASE GRANULAR.....	130
CUADRO 42: LECTURAS DE PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREÁTICO EN LOS POZOS DE OBSERVACION INSTALADOS CIUDAD UNIVERSITARIA – UNA PUNO	133
CUADRO 43: RESUMEN ANUAL DE PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD UNIVERSITARIA UNA - PUNO	134
CUADRO 44: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD UNIVERSITARIA UNA - PUNO	135
CUADRO 45: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD UNIVERSITARIA UNA – PUNO.....	136
CUADRO 46: LECTURAS DE PROFUNDIDADES Y FLUCTUACIONES DEL NIVEL CON RESPECTO A CALICATAS ANUAL EN LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS.....	137
CUADRO 47: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACION DEL NIVEL FREÁTICO EN LA I.E. GLORIOS SAN CARLOS – PUNO	138
CUADRO 48: CARACTERISTICAS Y PARAMETROS DE CALCULO FORMULA DE GLOVER DUMM REGIMEN VARIABLE	143

CUADRO 49: ESPACIAMIENTO DE DRENES QUE PERMITE LA EVACUACION DEL NUEVO PERFIL DEL TERRENO DEPORTIVO EN EL TIEMPO ACORDE A LAS NECESIDADES DE JUEGO	143
CUADRO 50: RESUMEN DE CÁLCULOS DEL ESPACIAMIENTO ENTRE DRENES MEDIANTE INTERACCIONES	151
CUADRO 51: CALCULO DEL CAUDAL A EVACUAR POR ÁREA TRIBUTARIA ..	154

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SISTEMA DE DRENAJE DE ZANJAS ABIERTAS.....	16
FIGURA 2: SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRÁNEO	16
FIGURA 3: ESQUEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE CON CÉSPED SINTÉTICO.....	17
FIGURA 4: ESQUEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE CON CÉSPED NATURAL	18
FIGURA 5: ESQUEMA DE CONFORMACIÓN DE LA COBERTURA DE CÉSPED SINTÉTICO	18
FIGURA 6: DRENAJE TIPO PARALELO O REJILLA.....	20
FIGURA 7: DRENAJE TIPO ESPINA DE PESCADO.....	20
FIGURA 8: CRITERIOS DE DRENAJE PARA RÉGIMEN PERMANENTE Y VARIABLE	21
FIGURA 9: TIPOS DE FLUJOS DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO	22
FIGURA 10: ESQUEMA DE FLUJO RADIAL	23
FIGURA 11: ESQUEMAS DEL FLUJO RADIAL Y HORIZONTAL.....	23
FIGURA 12: PARÁMETROS DE FORMULA DONNAN.....	25
FIGURA 13: PARÁMETROS DE LA FÓRMULA DE HOOGHOUTD	27
FIGURA 14: ESQUEMAS DE FLUJO PARCIALMENTE RADIAL Y HORIZONTAL SEGÚN HOOGHOUTD	28
FIGURA 15: ÁREA TRIBUTARIA PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL EN DRENES LATERALES.....	33
FIGURA 16: TRIÁNGULO DE TEXTURAS.	38
FIGURA 17: EFECTOS DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO SOBRE LA INFILTRACIÓN	41
FIGURA 18: INFILTRÓMETRO DE DOBLE CILINDRO.....	50
FIGURA 19: COBERTURA DE LA TUBERÍA DE DRENAJE CON GEOTEXTIL.	54
FIGURA 20: DEFLEXIÓN EN LA TUBERÍA	62

FIGURA 21: UBICACIÓN PROYECTO DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADIO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.	71
FIGURA 22: LÁMINAS DE AGUA POR PRECIPITACIÓN EN ÁREA DE JUEGO ESTADIO GLORIOSO SAN CARLOS.....	78
FIGURA 23: PROBLEMAS DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.....	79
FIGURA 24: PRESENCIA DE DEFORMACIONES DEL CAMPO DEPORTIVO	80
FIGURA 25: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN PORCENTAJE RETENIDO.....	91
FIGURA 26: CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS – SELECCIÓN DEL TIPO DE MAQUINA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO.....	92
FIGURA 27: GRAFICO DE VARIACIÓN MENSUAL DE LA LLUVIA EN PUNO	116
FIGURA 28: TEXTURA DEL SUELO “C” QUE RODEA LA TUBERÍA DE DRENAJE.	119
FIGURA 29: SECADO DE LOS SUELOS A, B Y C. COMPONENTES DE LA BASE GRANULAR DRENANTE.....	120
FIGURA 30: TEXTURA DEL SUELO A, DENOMINADO ESTRATO DE ACABADO.	121
FIGURA 31: TEXTURA DEL SUELO B, DE LA BASE GRANULAR DRENANTE	121
FIGURA 32: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ESTRATOS EN EL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADIO DE CÉSPED SINTÉTICO DE LA I.E GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.....	123
FIGURA 33: INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.....	125
FIGURA 34: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION AJUSTADA Y ACUMULADA – PRUEBA 1	127
FIGURA 35: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION POR MEDIO DE INFILTROMETROS – PRUEBA 01.....	127

FIGURA 36: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION POR MEDIO DE INFILTROMETROS – PRUEBA 02.....	128
FIGURA 37: GRAFICO VELOCIDAD DE INFILTRACION AJUSTADA Y ACUMULADAD – PRUEBA 02.....	128
FIGURA 38: HISTOGRAMA DEL NIVEL FREATICO ESTADIO GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.....	139
FIGURA 39: ESQUEMA DE UN LATERAL CON TUBERÍA ENTERRADA.	140
FIGURA 40: VARIACION DEL NIVEL FREATICO POR EVACUACIÓN DEL NUEVO PERFIL DEL SUELO.....	144
FIGURA 41: UBICACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA EN PUNTO MEDIO DE LOS DRENES.....	145
FIGURA 42: ESQUEMA DEL FLUJO VERTICAL, HORIZONTAL Y RADIAL.	147
FIGURA 43: ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN DE ERNST PARA DRENES EN EL ESTRATO INFERIOR.	147
FIGURA 44: PARÁMETROS PARA LA FÓRMULA DE JENAB Y GLOBER DUMM RÉGIMEN NO PERMANENTE.....	150
FIGURA 45: TUBERÍA DE DRENAJE DE Ø 4” PVC C-10 CRIBADA.....	152
FIGURA 46: TUBERÍA DE DRENAJE APANELADA ADVANEDGE.....	153
FIGURA 47: IMAGEN DE ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO DEL CAMPO DEPORTIVO.....	158
FIGURA 48: REMOCIÓN Y RETIRO DE MATERIAL INADECUADO A NIVEL DE SUB RASANTE.....	159
FIGURA 49: RELLENO Y NIVELADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO A NIVEL SUB BASE.	160
FIGURA 50: PERFILADO, NIVELADO Y COMPACTADO CAMPO DEPORTIVO. ...	161
FIGURA 51: PENDIENTE CON DIRECCIÓN DE TUBERÍA DE DRENAJE.....	162
FIGURA 52: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE.....	162
FIGURA 53: EXCAVACIÓN DE ZANJAS PARA DRENAJE.....	163

FIGURA 54: DISPOSICIÓN DE ZANJAS DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO. .	163
FIGURA 55: TRAZO PARA EMPALME DE UNIÓN EN GEOTEXTIL SEMIPERMEABLE.	164
FIGURA 56: TENDIDO DE MEMBRANA GEOTEXTIL EN CAMPO DEPORTIVO A NIVEL DE SUB BASE	164
FIGURA 57: UNIÓN DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE DRENAJE.	165
FIGURA 58: TENDIDO DE TUBERIAS DE DRENAJE EN ZANJAS DE CAMPO DEPORTIVO.	166
FIGURA 59: DISPOSICION DE TUBERIAS DE DRENAJE EN ZANJAS DE CAMPO DEPORTIVO	166
FIGURA 60: RELLENO DE CANALES DE DRENAJE A NIVEL DE SUB BASE.....	167
FIGURA 61: COLOCADO Y EXTENDIDO DE MATERIAL BASE PERMEABLE.....	168
FIGURA 62: APLICACIÓN DE AGUA CON CISTERNA PARA COMPACTADO DE BASE PERMEABLE.....	168
FIGURA 63: COMPACTADO DE ESTRATO BASE PERMEABLE DEL CAMPO DEPORTIVO.	169
FIGURA 64: REFINE MANUAL DE ESTRATO ACABADO BASE PERMEABLE	170
FIGURA 65: COMPACTACIÓN DE BASE PERMEABLE ENTRE OBRAS COMPLEMENTARIAS	170
FIGURA 66: VERIFICACIÓN DE HORIZONTALIDAD DE BASE GRANULAR PERMEABLE.....	171
FIGURA 67: INSTALACIÓN DE COBERTURA DE GRAS SINTÉTICO EN CAMPO DEPORTIVO	172
FIGURA 68: INSUMOS UTILIZADOS PARA PEGADO DE JUNTAS DE GRASS SINTÉTICO	172
FIGURA 69: PEGADO DE JUNTAS DE BORDE DE GRASS SINTÉTICO.....	173
FIGURA 70: VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE PEGADO DE JUNTAS DE ENCUESTRO	173

FIGURA 71: APLICADO DE COBERTURA DE ARENA SÍLICE SOBRE GRASS
SINTÉTICO..... 174

FIGURA 72: COLOCADO DE CAUCHO MOLIDO SOBRE CAMPO DEPORTIVO.... 174

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Diseño e Instalación del Sistema de Drenaje y Base del Estadio de I.E. Glorioso San Carlos – Puno”, tiene como finalidad de proponer y plantear el diseño del sistema de drenaje para el control de las altas precipitaciones y una base granular que cumpla las características adecuadas de compresibilidad resistencia y permeabilidad para la colocación de cobertura de gras sintético y la realización de actividades deportivas adecuadas y seguras. El trabajo de investigación se efectúa en la I.E Glorioso San Carlos local Anexo, sito en la Av. El Sol ubicada en la parte norte de la Ciudad de Puno comprendido en la Latitud Sur $15^{\circ}49'27'' - 15^{\circ}49'55''$, Longitud Oeste $70^{\circ}00'41'' - 70^{\circ}01'32''$ a una altura promedio de 3816.80 m.s.n.m. La extensión según el levantamiento topográfico de la I.E Glorioso San Carlos indica una área de 17,203.82 m², con un perímetro de 546.62 m. El Campo Deportivo en estudio cuenta con un área neta de 4515.00 m² y un perímetro de 280.61 m. Que corresponde al 26.25% de área perteneciente a la institución educativa. Del estudio hidrológico y climatológico con información obtenida por su cercanía al área de estudio del CP-Puno SENAMHI, resulta una precipitación media anual de 738.76mm alcanzando una mayor intensidad en periodos de avenidas, enero 167.89mm, febrero 142.24mm, marzo 133.17mm y diciembre 94.68mm considerándose una año sub húmedo. Del mismo modo se adquiere una temperatura media anual de 8.87 °C, Humedad Relativa media de 50.47% y una evaporación promedio anual de 1781.94mm. Equivalente a 4.9 mm/día. Del estudio de suelos realizados a los materiales conformantes de la base granular, podemos describirla como un material conformado por grava 71.30% y arena gruesa 28.70% con cantidades apreciables de partículas con tamaños intermedios, un resultado de perdida a la abrasión de 21.76%, resistencia al ataque de sulfatos de 3.7% y 6.43% y una porosidad drenable de 24%. Debido a las características de textura de la base granular esta permite el paso del agua con un valor de conductividad hidráulica de 6m/día

logrando una infiltración moderadamente rápida a rápida, el material de la base granular se colocara sobre un manta de geotextil semi impermeable que cubrirá todo el área del campo deportivo del Estadio de la I.E. Glorioso San Carlos. El sistema de drenaje planteado es subterráneo, contempla la instalación de 18 drenes laterales divididos en dos aguas de 09 drenes por margen, con pendiente de 0.5% y 02 drenajes colectores abiertos con pendientes de 0.4% con tapas de seguridad, además se considera 02 cámaras de disipación y mantenimiento. El sistema de drenaje subterráneo para los drenajes laterales será instalado con tuberías de tipo apanelada AdvanEdge de sección 12"x1.5" con una separación entre drenes de 5m, el agua a drenar será evacuado a los drenajes pluviales existentes en la I.E Glorioso San Carlos – Puno y al drenaje pluvial del Jr. Talara.

Palabras clave: drenes, descarga, gradiente, granular, infiltración, precipitación, permeabilidad, recarga.

ABSTRACT

The present investigation called "Design and Installation of the drainage system and the Base of the stadium of I.E. Glorious San Carlos - Puno", aims to propose and raise the design of the drainage system for the control of high rainfall and a granular base that meets the appropriate features of compressibility and permeability for the placement of synthetic gras coverage and sports activities appropriate and safe.

The research work was carried out in the local San Carlos Glorious I.E Annex, located at Avenida El Sol is located in the northern part of the city, climatological and hydrological study with information obtained from the CP-Puno SENAMHI, it is an average annual rainfall of 738.76mm reaching a greater intensity in periods of 167.89mm avenues, January, February, March 142.24mm 133.17mm and december 94.68mm a year sub-humid. In the same way it acquires an average annual temperature of 8.87°C, average relative humidity of 50.47% and a evaporation 1781.94mm annual average. Equivalent to 4.9 mm/day. The study of soil materials three leaders of the granular base, we can describe it as a material composed of gravel and coarse sand 71.30% 28.70% with appreciable amounts of particles with sizes intermediate, a result of the abrasion loss of 21.76%, resistance to the attack of sulphates of 3.7% and 6.43% and a drainable pouch porosity of 24%. Due to the textural characteristics of the granular base allows the passage of water with a value of hydraulic conductivity of 6m/day achieving a moderately rapid to rapid infiltration, the material of the granular base shall be placed on a geotextile blanket semi waterproof that will cover the entire area of the field sports stadium of the i.e. Glorious San Carlos. The drainage system raised is underground, contemplates the installation of 18 side drains in two waters of 09 drains by margin, with slope of

0.5% and 02 open collector drains with a slope of 0.4% with safety caps, in addition it is considered 02 chambers of dissipation and maintenance.

The underground drainage system for the side drains will be installed with Panelled Billiard type AdvanEdge lines of section 12"x1.5" with a separation between 5m drains the water to drain will be evacuated to the existing drains in the I.E Glorious San Carlos - Puno and the drainage of the Jr. Talara.

INTRODUCCION

Es evidente que la cancha de futbol del estadio de la I.E.C.N. Glorioso San Carlos – Puno es uno de los escenarios deportivos de mayor importancia para la población estudiantil que alberga esta dependencia educativa y sociedad en general.

El mal estado físico del campo deportivo afecta a la población deportista estudiantil; nivel secundario 1487 alumnos, nivel primario 1069 alumnos, el nivel inicial 209 alumnos y entidades en general cuyas edades oscilan entre 5 y 30 años los que realizan sus actividades en dicho escenario, poniendo en riesgo su integridad física ya que estos deben adaptarse al pésimo estado del terreno de juego.

Hoy en día el campo de juego puede ser de cualquier superficie que permita desplazarse, pero con el profesionalismo de la actualidad y grandes cantidades de dinero involucradas, se ha trabajado por darle al deportista un territorio parejo estable, siendo una superficie de césped natural la más utilizada en el tiempo, sin embargo el gran problema se ha generado en la mantención del terreno, que al verse sometido a constantes esfuerzos, además de características climáticas particulares de la Región de Puno, no son capaces de mantener sus condiciones en el tiempo, en lugares con condiciones climáticas extremas se torna insostenible un buen estado de la cancha frente a esta realidad se ve por alternativa la implementación de un escenario deportivo en la I.E.C.N. Glorioso San Carlos –Puno, que cuente con cobertura de césped artificial, con una base granular drenante capaz de resistir los esfuerzos de compresión, absorber y eliminar a través de un sistema de drenaje toda el agua de lluvia, este método nos permite un alto uso del campo deportivo en cualquier condición climática.

El presente proyecto “Diseño e Instalación del Sistema de Drenaje y Base del Estadio de I.E.C.N. Glorioso San Carlos – Puno”, consta de siete capítulos, el que parte

del planteamiento del problema donde se da a conocer las causas que la generan, seguidamente la base teórica para dar desarrollo al tema principal y la aplicación propiamente dicha, una vez obtenido los resultados es que se hacen análisis y se evalúan los mismos dando finalmente a conclusiones que han surgido para hacer más efectivo el objetivo.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

En la región de Puno en las tres últimas décadas se han presentado ciclos hidrológicos de alta pluviosidad, bajas temperaturas y sequias en periodos consecutivos características que conllevan a que los campos deportivos de cobertura natural se vean afectados dotando de condiciones inadecuadas para las prácticas deportivas de la población. Debido a estos cambios climáticos es que surge una creciente demanda de construcción de campos deportivos de cobertura sintética por las entidades municipales, regionales y nacionales; debido a que se ve por conveniente que estos campos deportivos (estadios) tengan una cobertura de grass sintético los que no se ven afectados por estas variaciones climáticas, dotándolos de un sistema de drenaje adecuado y de una base granular drenante que soporte los esfuerzos y la cobertura de grass sintético.

Los campos deportivos de cobertura de grass sintético instalados en nuestra región de Puno vienen ejecutándose de forma inadecuada, debido a que estas no cuentan con una superficie de juego bien nivelada y compacta, percibiéndose agujeros, deformaciones, desprendimiento de la cobertura de grass y acumulación de láminas de agua por precipitación, estos campos deportivos ejecutados ponen en riesgo la integridad física de los deportistas de la disciplina de futbol debido a las constantes

variaciones climáticas, intensas lluvias en el ámbito de la región de Puno, los campos deportivos (estadios) de cobertura de grass sintético deben contar con un adecuado sistema de drenaje el que permita la evacuación correcta de los volúmenes de agua por precipitación del mismo modo contar con una base granular drenante con características propias de resistencia, compresibilidad y permeabilidad y así poder brindar una adecuada superficie de juego cuidando la integridad física del deportista. Percibiendo esta realidad en el campo deportivo de la I.E.C.N. Glorioso San Carlos de la ciudad de Puno se ve por conveniente realizar la instalación de un campo deportivo de fútbol con grass sintético debido a que este no se ve afectado por los cambios climáticos, el césped artificial no sufre deterioro por este aspecto: el campo sintético drena bien en climas lluviosos, se eliminan las lesiones por las posibles zonas levantadas o “chuletas” que se producen en el campo, ya que es césped está literalmente sujeto al suelo. Del mismo modo se debe instalar un sistema de drenaje que contemple una separación adecuada entre drenes laterales, longitud de drenes, caudales a evacuar tomando en cuenta los criterios y normas de drenaje por otro lado instalar un base granular que cumpla propiedades acordes a los estudios de mecánica de suelos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema general.

- ¿Son las altas intensidades de precipitación la causa de que la superficie de la cobertura del campo deportivo del Estadio de la Institución Educativa Glorioso San Carlos – Puno se encuentren en malas condiciones?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿Es el Sistema de drenaje la causa de que las condiciones de la cobertura de los campos deportivos del estadio de la Institución Educativa Glorioso San Carlos – Puno se encuentren con problemas de saturación y acumulación de láminas de agua?
- ¿Es la conformación de la base granular drenante la causa de que las condiciones de la cobertura de los campos deportivos del estadio de la Institución Educativa Glorioso San Carlos – Puno se encuentren con problemas de deformaciones?

1.3 JUSTIFICACION Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION.

Las condiciones climáticas del ámbito puneño en las cuales predomina la lluvia intensa, y las características geológicas especiales del altiplano, ocasionan problemas de drenaje en la Ciudad de Puno, y no es ajeno a esta realidad el campo deportivo con que cuenta la I.E. Glorioso San Carlos, el que se encuentra con presencia de abundantes láminas de agua los que deterioran el terreno y el área de juego, debido a que dicha infraestructura no cuenta con un sistema de drenaje y un tratamiento adecuado de la base granular drenable, que facilite la evacuación de los excesos de agua del área del campo deportivo del estadio y de esta manera poder garantizar una adecuada conformación de la plataforma en la que se instale la cobertura de césped sintético.

Toda esta problemática desfavorece a la población estudiantil de dicho colegio de que cuente con un escenario deportivo adecuado para sus prácticas deportivas sin poner en riesgo la integridad física del personal docente, estudiantil y población general al realizar sus prácticas deportivas de fútbol.

Esta realidad hace posible se plantee el presente trabajo de investigación “Diseño e Instalación del Sistema de Drenaje y Base Granular del estadio de la I.E. Glorioso San Carlos – Puno”.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

1.4.1 Objetivo general:

- Plantear medidas de control para la evacuación del exceso de agua debido a las altas intensidades de precipitación y garantizar condiciones adecuadas para la cobertura del campo deportivo del Estadio de la I.E. Glorioso San Carlos – Puno.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Plantear el diseño e instalación del Sistema de drenaje para la evacuación de los excesos de agua del campo deportivo del Estadio de la I.E Glorioso San Carlos – Puno.
- Proponer el diseño de la Base granular drenante para garantizar condiciones adecuadas de instalación de la cobertura del campo deportivo del Estadio de la I.E Glorioso San Carlos – Puno.

1.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.5.1 Hipótesis general.

- El deficiente planteamiento de medidas de control para la evacuación de excesos de agua de las altas intensidades de precipitación, son causa de que la cobertura del campo deportivo del estadio de la I. E. glorioso San Carlos – Puno, se encuentre en malas condiciones.

1.5.2 Hipótesis específicos.

- El deficiente planteamiento del diseño del sistema de drenaje de un campo deportivo causa que la base granular se deforme con el tiempo.
- Debido al inadecuado diseño y conformación de la base granular drenante hace posible se observe desniveles en el campo deportivo pudiendo causar prácticas deportivas inadecuadas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 MARCO CONCEPTUAL.

2.1.1 Investigación necesaria para drenaje subterráneo.

Según Villón B. (2004) menciona que se debe tener cuidado de que además de evacuar el exceso de agua en forma adecuada, esta se haga en forma económica para ello es necesario obtener información que permita concluir en un diseño adecuado del sistema de drenaje. En toda investigación de drenaje se debe intentar responder a las siguientes preguntas: ¿Existe o podrán existir excesos de agua? ¿Es adecuada la salida para eliminar los excesos de agua? ¿Cuál es la fuente del exceso de agua? ¿El suelo puede ser adecuadamente drenado? ¿Cuánta agua deberá ser recogida? ¿Qué tipo de drenaje dará los mejores resultados? las respuestas a estas preguntas darán una idea clara del problema

2.1.2 Investigación en drenaje subterráneo.

Según Luthin J. (1989) conceptúa el sub drenaje como la evacuación del exceso de agua, acumulados en el perfil estratigráfico del suelo, a través de conductos abiertos o cerrados, con el fin de reducir el contenido de humedad de los estratos superiores, con lo que se logra deprimir el nivel freático hasta una altura determinada. En la realización de lo definido Luthin, menciona a cuatro elementos básicos que deben investigarse en

un estudio de subdrenaje y son: topográfica, suelo, subsuelo, nivel freático y origen del problema así mismo.

Según *Rojas R. (1976)* diferencia que las investigaciones de drenaje subsuperficial además de los anunciados para drenaje superficial, requieren un mayor detalle en la información del suelo, subsuelo y condiciones de agua subterránea, como se detalla a continuación:

- ✓ Estudios topográficos.
- ✓ Investigaciones de suelos.
- ✓ Estudios de mapas de suelo.
- ✓ Datos de salinidad y alcalinidad.
- ✓ Exploración subsuperficial.
- ✓ Materiales constituyentes del suelo y subsuelo.
- ✓ Medida de la conductibilidad hidráulica.
- ✓ Posición relativa de la tabla de agua para el terreno superficial.
- ✓ Fluctuaciones de los niveles de la tabla de agua.
- ✓ Calidad de agua subterránea.
- ✓ Procedencia del agua de abastecimiento.
- ✓ Investigación en sistemas de drenaje subsuperficial existente.

2.1.3 Estudios topográficos.

Según *Luthin J. (1989)* aconseja lo primero que debe meditar en cualquier problema de drenaje es la topografía, que consiste en revisar y recopilar informaciones apropiadas, referentes planos catastrales, mapas y/o hojas de restitución y fotografías aéreas de la región; en segundo paso, consiste en realizar levantamientos topográficos del área de estudio, en donde se debe fijar y establecer un sistema de bancos de nivel con los cuales se puede construir un plano topográfico altimétrico, es en ella donde

debe proporcionar todas las mediciones físicas y detalles necesarios para fijar la configuración superficial del área de investigación.

2.1.4 Estudio de suelos.

Según Luthin J. (1989); Afirma que, la inspección y levantamiento de la estratificación son quizá el plano técnico aislado más importante en una investigación de drenaje subsuperficial, extensión y las características físicas de las diversas capas de suelo subyacentes del suelo, ningún sistema de drenaje se puede diseñar adecuadamente sin el conocimiento del perfil del suelo y de las características de los estratos sub-superficiales. Del mismo modo plantea que, los puntos por considerar en el levantamiento de los estratos son:

- ✓ Qué tipo de suelos está presente en la zona del problema.
- ✓ Que espesor tienen los diferentes estratos.
- ✓ Los estratos son continuos o discontinuos y están interconectados.
- ✓Cuál es la posición vertical de los estratos con respecto a la superficie del terreno y de unos con otros.

CUADRO 1: DENSIDAD DE MUESTREOS EN ESTUDIOS DE SUELOS

AREA DE ESTUDIO	NIVEL DE ESTUDIO	DISTANCIA PUNTOS DE MUESTREO (mts.)	SUPERFICIE REPRESENTADA POR PUNTO DE MUESTREO (ha)
REGION	Reconocimiento	2000 – 3000	400 – 900
	Semi – detallado	1000 – 2000	100 – 400
	Detallado	500 - 1000	25 – 100
PARCELA	Reconocimiento	> 300	> 9
	Semi - detallado	200 – 300	4 – 9
	Detallado	< 200	< 4

Fuente: Luthin (1989)

2.1.5 Estudio hidrológico.

Según Molina G. M. 1975) señala que el conocimiento de la hidrología de superficie es de vital importancia puesto que nos permite estudiar los ciclos más rápidos de circulación del agua donde se mueven grandes volúmenes anuales que se deben aprovechar al máximo tratando de mejorar técnicas para lograrlo; aunque la mayoría de los factores que interviene en ella son de carácter aleatorio, por lo que muchos de los métodos de estudio apelan a las probabilidades y estadísticas de donde se deduce que la hidrología de superficie descansa sobre los datos proporcionados por una red de estaciones de observación. Un estudio hidrológico compone de los siguientes elementos: precipitación, evaporación, infiltración y escorrentía.

2.1.5.1 Precipitación.

Se define a la precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garuas, y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. Para tener los estudios hidrológicos de una localidad dada se requieren usualmente las siguientes informaciones:

- ✓ Medida de precipitación mensual.
- ✓ Medida de precipitación anual.
- ✓ Tormentas (intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones máximas).

2.1.5.2 Método de cálculo de precipitación media en una cuenca.

Según Molina G.M. (1975) señala que el análisis de las lluvias caídas sobre una cuenca, es necesario para determinar el volumen total de agua caída, que puede

servir para diseñar obras de drenaje. El objetivo final es calcular la lámina o altura de agua que cae en promedio durante un año en una cuenca.

Método media aritmética.

Consiste en calcular el promedio aritmético de las precipitaciones observadas en los diferentes puntos de la cuenca. Es el método más simple pero que da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Dónde:

P_1, P_2, \dots, P_n = Precipitaciones anuales observadas

n = Número de años de observación.

2.1.5.3 Precipitación anual.

Viene a constituir el total de agua caída durante todo el año en una región determinada, este volumen de agua es variable para cada año. Es esta razón por la que adquiere una mayor importancia relativa, salvo que haya tomado datos de precipitaciones durante varios años. La precipitación total durante un año, sirve para hacer una clasificación de las regiones en:

- ✓ Zonas húmedas, con una precipitación mayor de 1000 mm. por año.
- ✓ Zonas sub húmedas, con una precipitación mayor de 100- 1000 mm. por año.
- ✓ Zonas desérticas, con una precipitación menos de 400 mm. por año.

2.2 CAUSAS DEL PROBLEMA DE DRENAJE.

Según *Rojas R. (1976)* hace conocer que el exceso de agua sobre los terrenos puede ser ocasionado por cuatro causas principales: precipitación, inundaciones, limitaciones topográficas y limitaciones edáficas; de donde señala que la precipitación es la principal fuente de exceso de agua; las inundaciones son consecuencia de la precipitación y las limitaciones topográficas y edáficas contribuyen a agravar la acción de las causas anteriores.

2.2.1 Métodos de drenaje.

Según *Vásquez A.* Indica que los métodos usados en drenaje de tierras se pueden clasificar en dos grandes categorías; drenaje superficial y drenaje subterráneo, dependiendo de cómo el exceso de agua es eliminado. El drenaje superficial, generalmente es una parte del sistema de riego en suelos de baja permeabilidad o en áreas de precipitaciones muy intensas. En el drenaje superficial la superficie del suelo puede ser modificada del tal manera de eliminar el encharcamiento de los suelos y establecer las pendientes necesarias para que el flujo por gravedad se produzca sin problemas, hacia los puntos de salida, el drenaje superficial puede dividirse en trabajos que permitan la remoción directa del agua de la superficie del suelo, o excavando zanjas o derivando el agua hacia drenes abiertos. En el drenaje subterráneo, las zanjas o los drenes enterrados son construidos para coleccionar y conducir el exceso de agua subterránea hacia una salida por gravedad o por bombeo.

2.3. DISEÑO DE SUBDRENES

Según *The Armco International Corporation (325)* existen dos clases importantes en la humedad del suelo; el agua libre y el agua capilar. Un poco de humedad puede ayudar a aglutinar las partículas del suelo, haciéndolo más compacto; sin embargo el

exceso de humedad es nocivo porque reduce la capacidad del suelo para soportar cargas y si el agua se congela, trae como resultados levantamientos perjudiciales, los terraplenes, pavimentos, bases y sub bases, vías, etc. se ven privados de una base de sustentación adecuada, por lo cual se destruyen prematuramente o requieren conservación excesiva.

El drenaje subterráneo o subdrenaje, continúa siendo un misterio para muchos ingenieros proyectistas, de construcción y de conservación. Por consiguiente, en muchos casos la tendencia es tratar de corregir el efecto, sin eliminar las causas la solución es muy simple: elíjanse los mejores suelos y dréñese el agua permanentemente; un suelo seco proporciona la mejor cimentación.

2.3.1 Esgurrimiento subterráneo y drenaje.

El agua subterránea puede consistir en un depósito bajo tierra, o puede correr en un manto delgado entre capas impermeables, o un manto grueso de material permeable, puede concentrarse hasta formar un manantial. La cantidad de escurrimiento subterráneo es generalmente igual a la cantidad que se aplica a la superficie, menos a la que se pierde por evaporación, la que corre antes de infiltrarse y la usada por las plantas. La naturaleza del terreno, su tamaño, forma y pendiente, así como el carácter y pendiente de las capas subterráneas, son factores que contribuyen a alterar la cantidad total.

2.4 SISTEMAS Y TIPOS DE DRENAJE.

2.4.1 Sistemas de drenaje.

Según *Pizarro (1978)* señala que en un sentido amplio se considera parte del sistema de drenaje cualquier obra o instalación que extrae agua del terreno. Para tratar de ser más específicos los sistemas pueden clasificarse en la forma siguiente:

- ✓ Sistemas abiertos: tanto los drenes como los colectores son zanjas abiertas.
- ✓ Sistema subterráneo. Tanto los drenes como los colectores consisten en tuberías subterráneas.
- ✓ Sistemas mixtos: los drenes son tuberías subterráneas y los colectores zanjas abiertas.

2.5 TIPOS DE DRENES.

En general los drenes por su construcción, se pueden agrupar en dos clases.

2.5.1 Zanjas Abiertas.

Controlan el drenaje subterráneo y superficial. En el drenaje subterráneo, por lo general las zanjas abiertas quedan sobre diseñadas para el caudal a evacuar, porque el dren se debe profundizar, a un valor mucho mayor que el tirante requerido, a fin de controlar el nivel freático.

2.5.2 Tuberías enterradas.

Dejan pasar el agua a través de perforaciones o por las uniones de cada dos drenes. En todos los cálculos de las formulas, se supondrá que el tirante de agua en las tuberías es de 50% del diámetro, es decir, que el agua llena la mitad de la tubería.

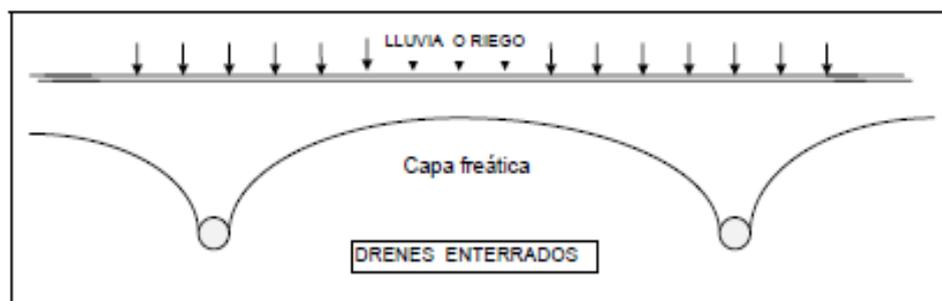
En el drenaje subterráneo, es necesario conocer textura, pendiente, permeabilidad, existencia de estratos, principalmente. Sistema de drenaje de zanjas abiertas

FIGURA 1: SISTEMA DE DRENAJE DE ZANJAS ABIERTAS



Fuente: Villón Béjar (2001) Drenaje

FIGURA 2: SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRÁNEO



Fuente: Villón Béjar (2001) Drenaje

Por otra parte, se considera que el drenaje superficial es muy utilizado en regiones húmedas o tropicales por la alta precipitación que se da, mientras que en zonas áridas y/o zonas de riego es más utilizado por efectos de la sobre-irrigación.

2.6 METODOS Y TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE PARA CAMPOS

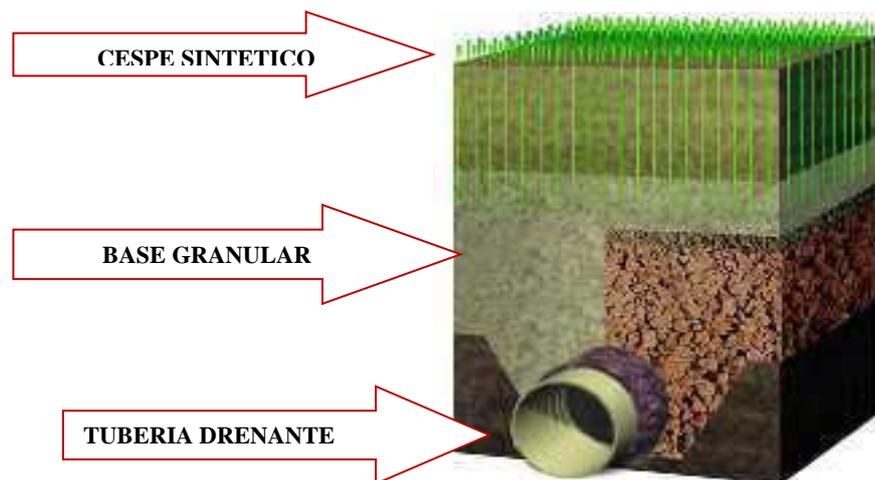
DEPORTIVOS

El método de drenaje empleado en campos deportivos especialmente en canchas de fútbol, es el subterráneo porque permite el aprovechamiento de toda el área de juego, la red estructural yace por debajo de la superficie del terreno sin afectar las actividades deportivas ni la integridad física de los jugadores.

El sistema de drenaje utilizado en estos escenarios, es el compuesto por una red de líneas laterales de tuberías perforadas que se encuentran distribuidas las cuales se encargaran de descargar el agua captada hacia una línea de canales o tubos colectores que a su vez descargan en una tubería principal, la disposición de los tubos del sistema compuesto de drenaje dependerá de la topografía y de estructuras existentes actualmente y de la conexión de los laterales con el colector, los elementos que hacen parte de la red de drenaje compuesto son: Laterales, colectores y principal, que trabajan en conjunto con una serie de estructuras auxiliares como cámaras de inspección, manjolas y salidas.

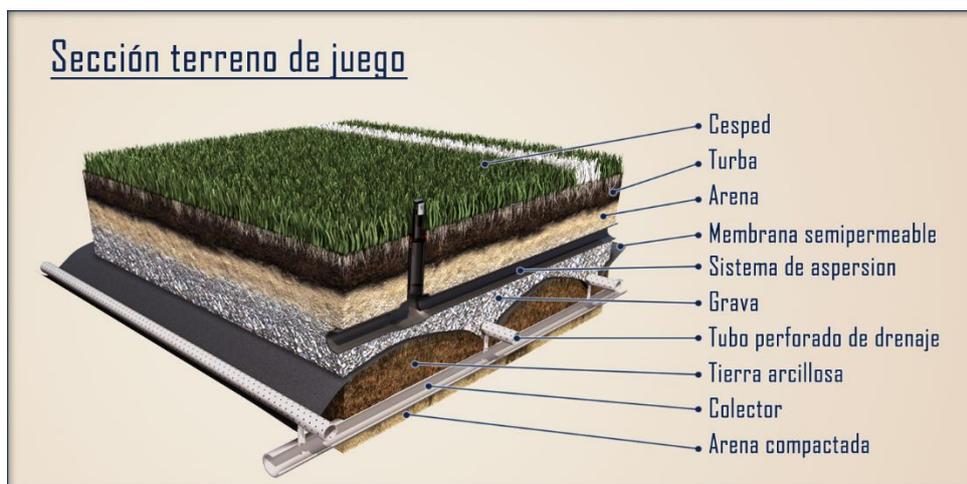
La disposición de los tubos de un sistema compuesto depende de la topografía del terreno y de la conexión de los laterales con el colector, las cuales pueden ser de tipo paralelo o rejilla y del tipo espina de pescado.

FIGURA 3: ESQUEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE CON CÉSPED SINTÉTICO



Fuente: www.rainbird.com

FIGURA 4: ESQUEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE CON CÉSPED NATURAL



Fuente: www.rainbird.com

FIGURA 5: ESQUEMA DE CONFORMACIÓN DE LA COBERTURA DE CÉSPED SINTÉTICO



Fuente: www.rainbird.com

2.7 TRAZOS DE LOS DRENES DE CAMPO.

Según *Cisneros A. (2)* indica que en un sistema simple cada línea de laterales tiene su salida hacia una zanja abierta, en un sistema compuesto los laterales descargan a un dren colector entubado, algunas veces varios colectores pueden descargar a un dren entubado de orden superior, así sucesivamente. El trazo de un sistema compuesto

puede ser del tipo enmallado, donde los laterales desembocan perpendicularmente hacia los colectores o del tipo espina de pescado, en donde los laterales hacia los colectores forman un cierto ángulo. Estos son sistemas regulares ya que hay una disposición regular de drenes a través de toda la superficie estudiada, estos sistemas son apropiados en campos más o menos homogéneos.

La selección de los sistemas de drenaje dependen muchas veces de las circunstancias locales, sin embargo es bueno considerar los siguientes factores:

- ✓ El espaciamiento y la profundidad de los drenes. Estos son los factores principales en el control de la profundidad de la tabla de agua.
- ✓ El diámetro y la pendiente de los drenes, tanto laterales como de colectores.
- ✓ El trazo de los laterales y los colectores.

2.7.1 Trazo del drenaje subterráneo en campo.

Los drenaje subterráneos pueden tener un trazo distinto en el campo de acuerdo a las condiciones del mismo, en las que puede variar la topografía principalmente o bien la localización del problema. La forma del trazo más común es:

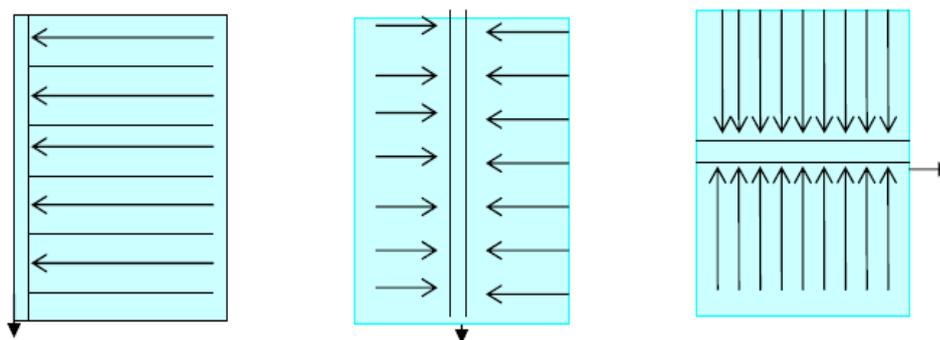
- ✓ En peine o parrilla.
- ✓ Espina de pescado.
- ✓ Al azar o localizado.

Cada uno tiene sus ventajas y distintas condiciones para ser utilizados, el factor que más predomina es la topografía y el nivel freático del terreno.

2.7.2 Tipo paralelo o rejilla.

Los laterales son dispuestos perpendicularmente al colector.

FIGURA 6: DRENAJE TIPO PARALELO O REJILLA

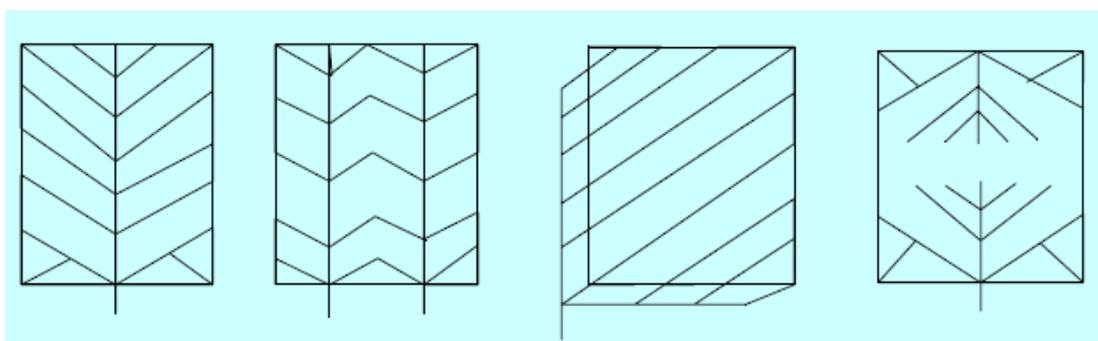


Fuente: Arias Fernández.

2.7.3 Tipo espina de pescado.

Es uno de los más utilizados, cuya disposición de los drenes laterales, forman ángulos agudos con el dren colector principal.

FIGURA 7: DRENAJE TIPO ESPINA DE PESCADO



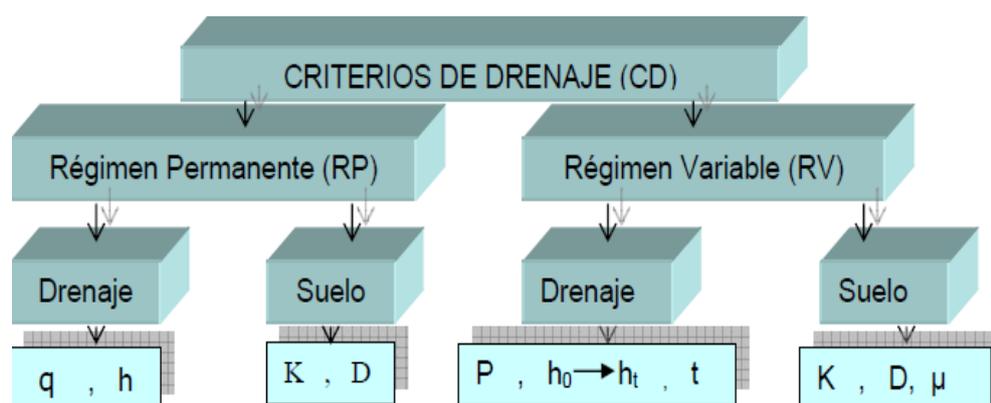
Fuente: Documentos INDER Medellín (2001)

2.8 DRENAJE INTERNO O SUBTERRANEO

El drenaje interno, se fundamenta en la determinación del espaciamiento que permite el drenaje del subsuelo y en el dimensionamiento de la red a través de fórmulas y nomogramas que obedecen a dos clases de régimen; Permanente y Variable, que a su vez dependen de Normas de Drenaje (ND) y Criterios de Drenaje (CD), como: mínima profundidad permisible del nivel freático (pmnf) y la descarga (q) o lluvia crítica (p), el cual depende del cultivo y el tiempo permisible (t) para evacuar o estabilizar en una altura (h) el agua gravitacional (ND).

Se debe considerar para el caso de Régimen Permanente (RP) datos del suelo como: conductividad hidráulica (K) y profundidad de la capa impermeable (CI) o hidro apoyo. Para el caso de Régimen Variable (RV) se debe conocer adicionalmente el valor de la porosidad drenable (μ).

FIGURA 8: CRITERIOS DE DRENAJE PARA RÉGIMEN PERMANENTE VARIABLE



Fuente: Arias Fernández (1194)

2.8.1 Criterios de drenaje.

Según Villon Béjar (2004) indica que los criterios de drenaje comprenden a las reglas que se requiere tener en cuenta para analizar el problema, diagnosticarlo y emprender su solución.

2.8.2 Régimen de flujo.

El punto de partida para establecer los criterios de drenaje es el conocimiento del régimen de flujo, el cual dependiendo de la velocidad de recarga y descarga, puede ser permanente o no permanente. Aun cuando ambos puedan existir, el régimen es en esencia no permanente, ya que para cierta capacidad de descarga existe una recarga que de hecho es variable.

2.8.3 Descarga normativa.

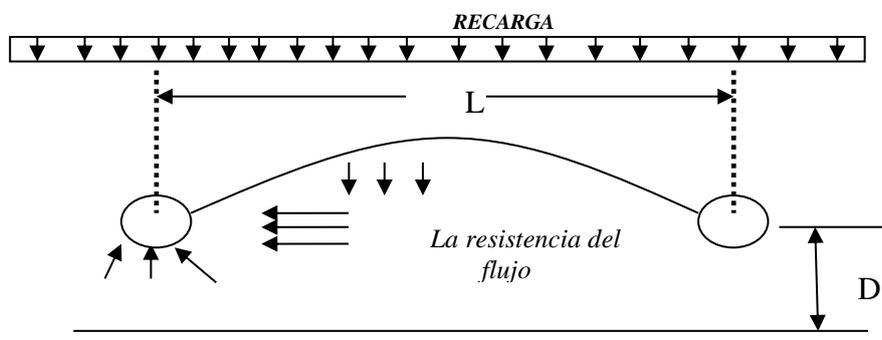
La descarga normativa o específica Q , también denominada coeficiente de drenaje, es el exceso de agua que un sistema de drenaje artificial debe extraer, adicionalmente a la salida natural de agua, para asegurar un nivel de tabla de agua, se expresa en mm/día.

La descarga normativa o específica Q , es un dato incierto cuando se diseña un sistema de drenaje. En general puede expresarse que el único camino para lograr valores verdaderos, es mediante la experiencia directa en proyectos.

2.8.4 Tipos de flujos.

En los sistemas de drenaje el flujo de agua se descompone en tres tipos: flujo horizontal, flujo vertical y flujo radial.

FIGURA 9: TIPOS DE FLUJOS DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO



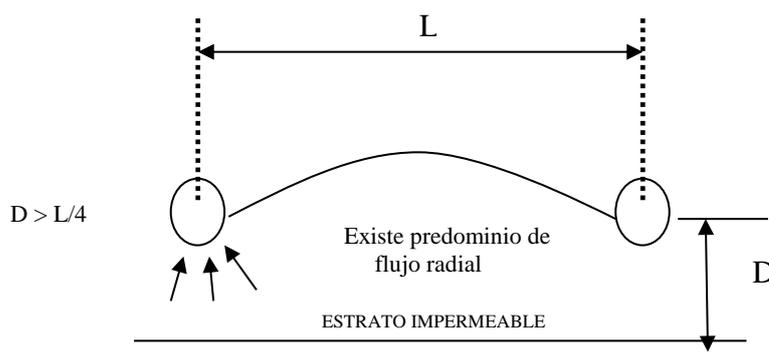
Fuente: Villón Béjar (2001) Drenaje

La predominancia de un flujo sobre otro, depende de la profundidad a la cual se encuentra la capa impermeable, con respecto al nivel de drenes, el flujo vertical es despreciable con respecto a los otros flujos. Teniendo en cuenta la profundidad a la cual se encuentra la capa impermeable, existen tres casos:

Drenes apoyados en la capa impermeable, ó esta se encuentra a pequeña profundidad por debajo del nivel de drenes.

En este caso existe una predominancia de flujo horizontal, el flujo radial puede ser considerado despreciable por no existir una suficiente distancia por debajo de los drenes, para que este flujo ocurra la capa impermeable se encuentra a gran profundidad con respecto a los drenes ($D > L/4$).

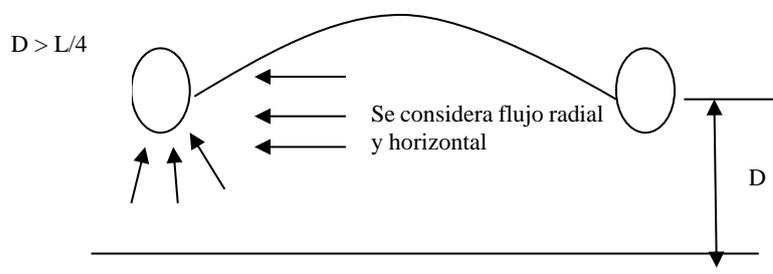
FIGURA 10: ESQUEMA DE FLUJO RADIAL



Fuente: Villón Béjar (2001) Drenaje

En esta situación existe una predominancia de flujo radial, la capa impermeable se encuentra a una profundidad $D \leq L/4$, siendo un caso intermedio de las dos condiciones anteriores. En este caso se considera un sistema combinado de flujo horizontal y flujo radial.

Figura 11: ESQUEMAS DEL FLUJO RADIAL Y HORIZONTAL



Fuente: Villón Béjar (2001) Drenaje

2.8.5 Cálculos para el drenaje subterráneo.

Según Darcy y Dupuit en el siglo XIX, fueron los primeros en formular las ecuaciones básicas para el flujo subsuperficial de agua a través de medios porosos y aplicarla en pozos. Rothe a principios del siglo XX, aplicó estas ecuaciones a flujo subsuperficial hacia los drenes, deduciendo así la primera fórmula de drenaje. Hooghoudt, en los años treinta dio un estímulo real a un análisis racional del problema del drenaje, estudiándola en el contexto del sistema agua-suelo-planta. Desde ese entonces, científicos de todo el mundo como Childs en Inglaterra, Donnan, Luthin y Kirkham en los Estados Unidos y Ernst y Wesseling en Holanda, han contribuido hacia un perfeccionamiento adicional de este análisis racional.

Los factores anteriormente mencionados, se interrelacionan por ecuaciones de drenaje que se basan en dos suposiciones: Flujo bidimensional, es decir el flujo es el mismo en cualquier sección transversal perpendicular a los drenes. Distribución uniforme de la recarga permanente o variable, sobre el área comprendida entre los drenes.

Las fórmulas de drenaje, se pueden agrupar en las dos clases siguientes:

- ✓ Fórmulas de régimen permanente
- ✓ Fórmulas de régimen variable o transitorio

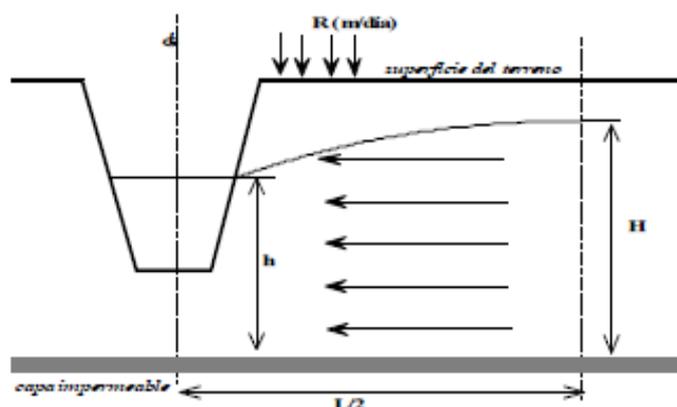
Las fórmulas para régimen permanente, se deducen basándose en la suposición de que la intensidad de la recarga es igual al caudal de descarga de los drenes y que consecuentemente, la capa de agua freática permanece en la misma posición. Las ecuaciones de drenaje para régimen variable, consideran las fluctuaciones de la capa de agua con el tiempo, bajo la influencia de una recarga variable.

2.8.6 Ecuaciones de drenaje para régimen permanente

2.8.6.1 Cálculo del espaciamiento entre drenes.

Según Razuri, R. L. (1978) citado por Balboa, M. Indica que para calcular la separación adecuada entre los drenes existentes una serie de ecuaciones planteadas, así tenemos la *Ecuación de Donnan*, que considera solamente el flujo horizontal no teniendo en cuenta el flujo radial, el suelo es más o menos homogéneo en toda su profundidad hasta la capa impermeable, el flujo de los drenes es permanente, la recarga es uniformemente distribuida, la ecuación es:

FIGURA 12: PARÁMETROS DE FORMULA DONNAN



Fuente: J. Goicochea R. Flujo de aguas subterráneas hacia drenes.

$$R = q = \frac{4K(H^2 - h^2)}{L^2}$$

Dónde:

q = descarga de los drenes por unidad de superficie, m/día

R = recarga por unidad de superficie, m/día

L = espaciamiento de drenes, m

K = conductividad hidráulica del suelo, m/día

H = distancia de la napa freática en el punto medio entre los drenes hasta la capa impermeable, m

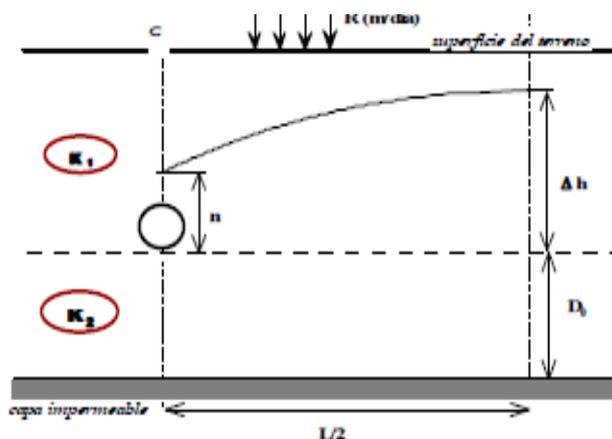
h = distancia desde la superficie del agua en la zanja o el tubo de drenaje hasta la capa impermeable, m.

Como se comprende, la fórmula más sencilla para el cálculo del espaciamiento de drenes es la de Donnan cuyos puntos de partida son:

- ✓ El flujo hacia los drenes es permanente. Esto quiere decir que la cantidad de agua que alimenta la napa freática en forma constante, es la misma que fluye hacia los drenes y sale por ellos sin variaciones en el tiempo.
- ✓ El flujo solamente es horizontal.
- ✓ El suelo es homogéneo hasta la capa impermeable.
- ✓ Hay un sistema de drenes paralelos infinito en ambas direcciones.
- ✓ La recarga es homogéneamente distribuida.

Ecuación de Hooghoudt, considera solamente el flujo horizontal y sobre la capa impermeable existen dos estratos y los drenes estén ubicados en la interface con los parámetros que se muestran en el gráfico que se presenta a continuación, la fórmula de Hooghoudt que combina el flujo horizontal y el radial, se expresa de la siguiente manera:

FIGURA 13: PARÁMETROS DE LA FÓRMULA DE HOOGHOUTD



Fuente: J. Goicochea R. Flujo de aguas subterráneas hacia drenes.

$$L^2 = \frac{8K_2d(\Delta h - n) + 4K_1(\Delta h^2 - n^2)}{R}$$

Dónde:

L = espaciamiento de los drenes, m

Δh = distancia vertical entre la horizontal que pasa a nivel del fondo de los drenes y la napa freática en el punto medio entre los drenes, m

n = distancia vertical entre el fondo del dren y la napa freática sobre el dren, m

K1 = conductividad hidráulica de la capa del suelo encima del nivel de drenes, m/día

K2 = conductividad hidráulica de la capa del suelo por debajo del nivel de drenes, m/día

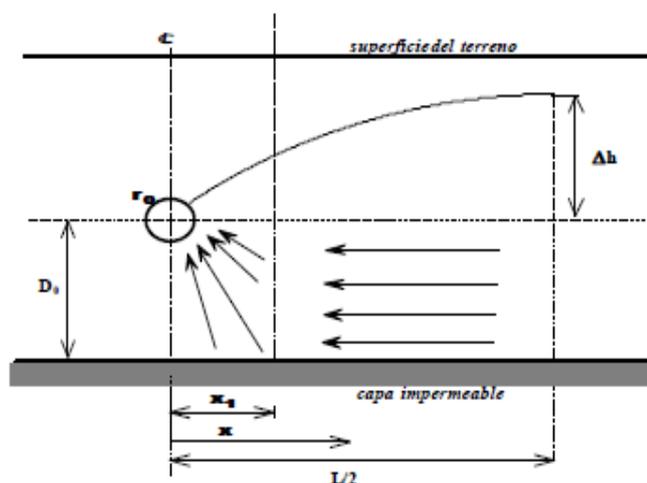
d = espesor del estrato equivalente, m

R = cantidad de agua que hay que drenar, m/día

Cálculo del estrato equivalente (d): Hooghoudt asume que los dos tipos de flujo, el horizontal y el radial, pueden ser considerados asumiendo, ver figura N° 2.14:

- ✓ El flujo en la región: $r_0 < x < x_1$ es radial
- ✓ El flujo en la región: $x_1 < x < L/2$ es horizontal.

FIGURA 14: ESQUEMAS DE FLUJO PARCIALMENTE RADIAL Y HORIZONTAL SEGÚN HOOGHOUTD



Fuente: J. Goicochea R. Flujo de aguas subterráneas hacia drenes.

Hooghoudt demostró que:

$$x_1 = \frac{1}{2} \sqrt{2D_0} \approx 0.7D_0$$

Entonces en la región $(r_0 - 0.7D_0)$ el flujo es considerado radial y la pérdida de altura de carga en esta región Δh_r se debe calcular con una fórmula para flujo radial. En la región $0.7D_0 - L/2$ el flujo es considerado horizontal y la pérdida de altura de carga en esta región Δh_h se debe calcular con una fórmula de flujo horizontal.

La idea básica es por lo tanto, considerar dos regiones de flujo específicamente delimitadas y resolverlas separadamente, para después sumar las parciales pérdidas

de carga horizontal (Dhh) y radial (Dhr). Así se podría obtener la diferencia de potencial Dh de la fórmula de Hooghoudt:

$$\Delta h = D_{hh} + D_{hr}$$

Hooghoudt sin embargo, usó un artificio para simplificar estos cálculos considerablemente. En la fórmula para flujo horizontal, reemplazó la profundidad de la capa impermeable D_0 por un factor "d", que es función de D_0 , L y ro.

Para calcular el estrato equivalente "d", se puede emplear la relación que a continuación se presenta, aunque es menos exacta, no necesita de tablas para su cálculo:

$$d = \frac{D_0}{2.55 \frac{D_0}{L} \ln \frac{D_0}{P} + 1}$$

2.8.7 Formulas para el régimen no permanente.

En zonas regables y en aquellas en que las precipitaciones son de gran intensidad, no se justifica la suposición de una recarga constante. Para resolver el problema de flujo en estas condiciones, se debe utilizar soluciones para el régimen no permanente.

2.8.7.1 *Formula de Glover Dumm.*

Plantea una fórmula para el régimen no permanente, con las siguientes consideraciones:

- ✓ El suelo es homogéneo.
- ✓ El flujo es horizontal y radial, haciendo uso del estrato equivalente de Hooghoudt.
- ✓ La fórmula se basa en la solución de la llamada ecuación del flujo de calor.

- ✓ Se considera que una recarga instantánea genera una superficie freática, de forma de una parábola de cuarto grado.
- ✓ La solución de la ecuación contempla el descenso, de la capa freática, en función del tiempo, del espaciamiento entre drenes y de las propiedades del suelo.

$$L = \sqrt{\frac{\pi^2 K \left(d + \frac{h_0}{h_t} \right) t}{\phi L n \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right)}}$$

$$D_h = d + \frac{h_0 + h_t}{4}$$

$$d = \frac{D}{\frac{8}{\pi} \times \frac{D}{L} L n \left(\frac{D}{p} \right) + 1}$$

Dónde:

L = espaciamiento de drenes, m.

K = conductividad hidráulica, m/día.

D_h = espesor del estrato donde ocurre el flujo horizontal, m.

d = estrato equivalente de Hooghoudt.

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

H₀ = altura inicial sobre el nivel de los drenes, producido por la recarga instantánea, m.

H_t = altura sobre el nivel de los drenes, al cabo de un tiempo t, m.

t = tiempo necesario, para que el agua baje de una posición h_0 , a la posición h_t , días.

\emptyset = espacio poroso drenable, porosidad drenable, porosidad efectiva, coeficiente de almacenamiento.

p = perímetro mojado del dren, m

2.8.7.2 *Formula de Jenab.*

Plantea una fórmula para el régimen no permanente o variado, con las siguientes consideraciones:

El suelo es homogéneo.

- ✓ El flujo es horizontal y radial, haciendo uso del estrato equivalente de Hooghoudt.
- ✓ La fórmula se basa en la solución de la llamada ecuación del flujo de calor.
- ✓ La solución de la ecuación contempla el descenso, de la capa freática, en función del tiempo, del espaciamiento entre drenes y las propiedades del suelo.

$$L = \frac{1}{C} \sqrt{\frac{4tKD_h}{\phi}}$$

$$D(Un) = \frac{h_t}{h_0}$$

$$D_h = d + \frac{h_0 + h_t}{4}$$

$$p = b + 4r$$

$$d = \frac{D}{\frac{8}{\pi} \times \frac{D}{L} \operatorname{Ln}\left(\frac{D}{p}\right) + 1}$$

Dónde:

L = espaciamiento de drenes, m.

K = conductividad hidráulica, m/día.

Dh= espesor del estrato donde ocurre el flujo horizontal, m.

d = estrato equivalente de Hooghoudt.

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

ho= altura inicial sobre el nivel de los drenes, producido por la recarga instantánea, m.

ht= altura sobre el nivel de los drenes, al cabo de un tiempo t, m.

t = tiempo necesario, para que el agua baje de una posición ho, a la posición ht, días.

Ø= espacio poroso drenable, porosidad drenable, porosidad efectiva, coeficiente de almacenamiento.

D (Un) = función de drenaje.

p = perímetro mojado del dren, m.

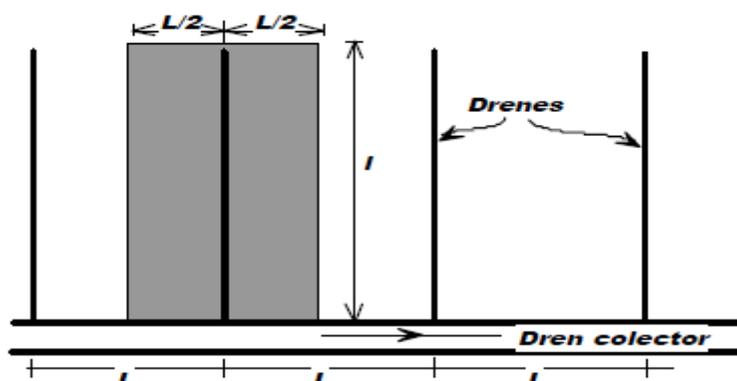
2.9 CAUDAL A ELIMINAR POR LOS DRENES EN REGIMEN PERMANENTE

Una vez determinados el espaciamiento y la profundidad de los drenes, es preciso conocer el caudal que han de transportar, con el objeto de dimensionar las características hidráulicas de estos.

2.10 DESCARGA MÁXIMA DE DISEÑO

Según *Villon Béjar, M. (2004)*, señala que el primer paso para el diseño hidráulico de un lateral es calcular el caudal que ha de descargar, mediante la siguiente fórmula:

FIGURA 15: ÁREA TRIBUTARIA PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL EN DRENES LATERALES



Fuente: J. Goicochea R. Flujo de aguas subterráneas hacia drenes.

$$Q = q \times A$$

Dónde:

q = descarga específica máxima, m/día

L = espaciamiento entre drenes, m

L_D = longitud máxima del dren, m

$A = L \times I$, área drenada por cada lateral, m^2 .

Q = caudal máximo de diseño, $m^3/día$

Para flujo uniforme: $q = R$

Según Darcy – Weisbach (1947); citado por Balboa, M. (1), plantea la siguiente ecuación para calcular la descarga de un dren:

$$Q = 1000 \times Cd \times Z \times L$$

Dónde:

Q = descarga total del dren, Lts/seg

Cd = coeficiente de drenaje, m/día

Z = distancia entre los drenes, m

L = longitud del dren lateral, m

2.11. DIAMETRO Y PENDIENTES (DISEÑO HIDRÁULICO).

Al considerar el diseño hidráulico de un sistema de drenes enterrados hay que enfrentarse a cuestiones tales como:

- ✓ Qué área puede ser drenada con una línea de tubería de un diámetro dado, con cierta pendiente, suponiendo una cierta descarga específica.
- ✓ Que diámetro de tubería es necesario para una línea de drenes colocados con una cierta pendiente, con espaciamiento y descarga específica.

CUADRO 2: PENDIENTES MÍNIMAS PARA DRENES TUBULARES

TAMAÑO DEL TUBO		PENDIENTES MÍNIMAS	VELOCIDAD A FLUJO COMPLETO
mm.	Pulg.	(%)	(m/seg.)
75	3	0.2	0.29
100	4	0.1	0.25
125	5	0.17	0.24
150	6 o >	0.05	0.23 o >

Fuente: Glenn O. S. (1990) “Ingeniería y conservación de suelos y aguas”

Razuri, R. L., citado por Balboa, indica que las dimensiones del dren para tubos lisos de PVC es la siguiente:

$$d = 0.2557 \times Q^{0.375} \times S^{1/2.71}$$

Del mismo modo Darcy Weisbach recomienda la siguiente ecuación:

$$d = \left(\frac{Q}{89 \times i^{0.57}} \right)^{1/2.71}$$

Dónde:

d = diámetro interno del tubo, m

Q = descarga parcial del dren lateral, m³/seg

S = i = gradiente hidráulico sobre la longitud total del dren (m/m).

Así mismo indica que la pendiente mínima es de 0.30% para tubos y la máxima de 8%.

2.12 CAUDAL Y DIAMETRO DE LOS COLECTORES.

Según *Lunthin J. N. (1986)* indica que la evacuación de aguas subsuperficial puede ser evaluada a través de la ecuación generalizada por Manning, combinando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad, la expresión que se obtiene es:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Dónde:

Q = Caudal, m³/seg

n = Coeficiente de rugosidad.

$A = \text{Área, m}^2$

$R = \text{Radio hidráulico, m}$

$S = \text{Pendiente del terreno, m/m}$

Según Villon Béjar M. (1985) indica que las dimensiones del colector será:

$$D = \frac{Q \times n}{0.332 \times S^{0.5}}$$

Del mismo modo Darcy Weisbach recomienda la siguiente ecuación:

$$D = \left(\frac{Q}{50 \times i^{0.57}} \right)^{1/2.71}$$

Dónde:

$D = \text{diámetro interno del colector, m}$

$Q = \text{descarga parcial del colector, m}^3/\text{seg.}$

$S = i = \text{gradiente promedio del colector, m/m}$

$n = \text{rugosidad.}$

2.13 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA BASE GRANULAR

En el suelo, podemos distinguir diferentes propiedades interactuando entre sí originando a su vez una diversidad de tipos de suelos, en función de la incidencia de cada una de ellas. Las principales propiedades del suelo son: físicas, químicas y biológicas. En el presente capítulo abordaremos la primera. Mencionaremos las propiedades físicas más importantes del suelo: textura, estructura, densidad aparente, densidad real, porosidad, distribución de poros por el tamaño, consistencia, infiltración, permeabilidad, conductividad hidráulica, percolación y color. A continuación se explicará cada una de ellas.

2.13.1. Textura.

La textura en todos los sentidos, es una de las propiedades más importantes del suelo y que incide en muchas otras características o propiedades de los suelos. En el riego y el drenaje, la textura juega un papel fundamental, en el cálculo de láminas de riego, de lavado, en el proyecto y diseño de sistemas de riego y de drenaje. Por esta razón haremos una descripción amplia de la misma. La textura se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, de limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro. Si las partículas mayores de 2 mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agregará el adjetivo de gravoso o pedregoso según sea el caso.

Se han propuesto muchas escalas granulométricas, pero dos de ellas son las más usadas en la edafología: El Sistema Internacional, propuesto por Atterberg, y el sistema usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.), que en parte es coincidente con el primero, aunque establece más separaciones. Los análisis mecánicos de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se reportan generalmente en ambos sistemas. En nuestro país, se ha extendido el sistema del U.S.D.A. Enseguida se presentan ambos:

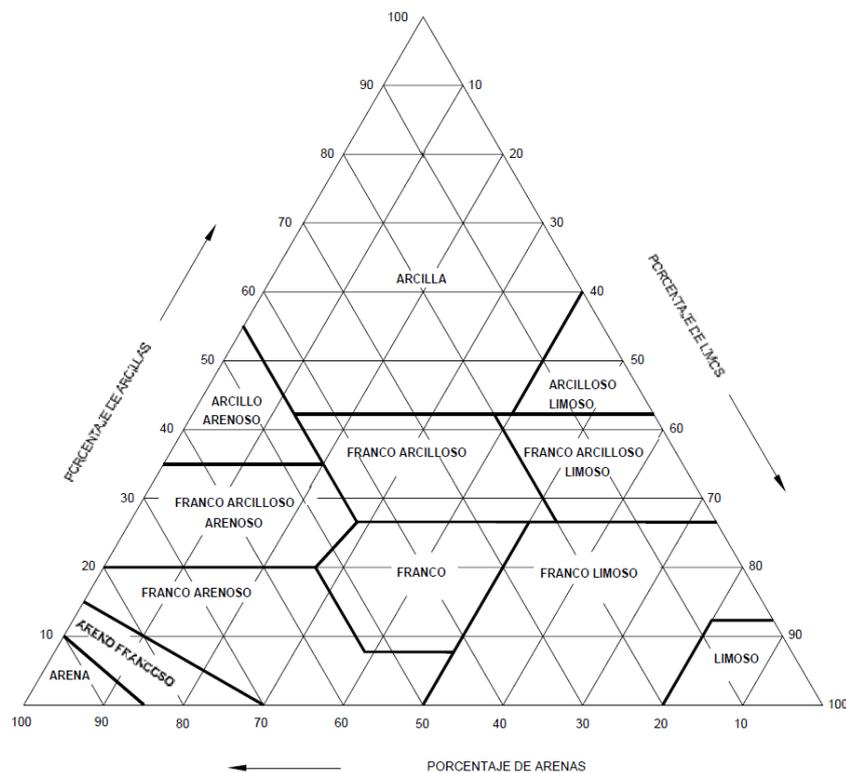
CUADRO 3: LA TEXTURA Y SU VARIACIÓN EN DIÁMETRO

FRACCIONES	LIMITES DE LOS DIAMETROS (mm)	
	SISTEMA USDA	SISTEMA INTERNACIONAL (Atterberg)
ARENA MUY GRUESA	2.0-1.0	
ARENA GRUESA	1.0-0.5	2.0-0.20
ARENA MEDIA	0.5-0.25	
ARENA FINA	0.25-0.10	0.20-0.02
ARENA MUY FINA	0.10-0.05	
LIMO	0.05-0.002	0.02-0.002
ARCILLA	< 0.002	< 0.002

Fuente: Cisneros (2003)

Rara vez una muestra de suelo estará constituida totalmente por una sola fracción. Por ello, las clases de textura están basadas sobre distintas combinaciones de arena, limo y arcilla. La textura del suelo y las posibles combinaciones de ellas se presentan gráficamente en el triángulo de las texturas como el que se muestra a continuación:

FIGURA 16: TRIÁNGULO DE TEXTURAS.



Fuente: Cisneros Almazán. (2003)

Como se observa en el triángulo de texturas, los nombres de las clases de suelos básicamente se apoyan en los términos: arena, limo, arcilla y migajón o franco, usados ya sea como nombres o adjetivos o ambos. Las clases que llevan el término "areno" o "arenoso" se suelen modificar además con los términos "muy fino", "fino", "grueso" y "muy grueso".

En relación con la fertilidad y absorción de agua, podemos mencionar que en los suelos de textura fina donde predomina la arcilla se tiene una mayor capacidad de

absorción de nutrientes, usualmente son más fértiles. En los suelos arenosos se tienen poros grandes y permiten una más rápida infiltración del agua. Sin embargo, los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención de agua debido a su mayor área superficial; tienen un volumen de vacío total, mayor que los suelos arenosos.

Resumiendo el triángulo de las texturas y lo que hemos mencionado en relación con el porcentaje de partículas y el tipo de suelos, presentamos el siguiente cuadro:

CUADRO 4: RANGOS DE PARTÍCULAS CORRESPONDIENTES A LAS
DISTINTAS CLASES TEXTURALES

CLASIFICACION TEXTURAL	% ARENAS	% LIMOS	% ARCILLA	TIPO
ARENAS	85 - 100	0 - 18	0 - 10	LIGERO
ARENA MIGAJON	70 - 90	0 - 30	0 - 15	LIGERO
MIGAJON ARENOSO	52 - 82	0 - 48	0 - 20	LIGERO
MIGAJON ARCILLO ARENOSO	45 - 80	0 - 28	20 - 35	MEDIO
MIGAJON ARCILLO LIMOSO	0 - 20	20 - 72	28 - 40	MEDIO
FRANCO	24 - 52	28 - 50	29 - 40	MEDIO
MIGAJON LIMOSO	0 - 50	50 - 80	0 - 28	MEDIO
MIGAJON ARCILLOSO	20 - 45	15 - 52	28 - 40	MEDIO
LIMO	0 - 20	80 - 100	0 - 12	MEDIO
ARCILLA ARENOSA	45 - 65	0 - 20	35 - 55	PESADO
ARCILLA	0 - 45	0 - 40	40 - 100	PESADO
ARCILLA LIMOSA	0 - 20	40 - 60	40 - 60	PESADO

Fuente: Cisneros Almazán (2003).

2.13.2 Estructura.

Desde el punto de vista morfológico, es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo, se asocian entre sí, formando en forma natural grupos unidos sin la intervención del hombre.

Los agregados son unidades secundarias o gránulos de muchas partículas de suelo enlazadas o cementadas por sustancias orgánicas, óxidos de hierro, carbonatos, arcillas o sílice. Los agregados naturales se denominan peds (granos) y varían su estabilidad en el agua; los terrones son masas coherentes de suelo, de cualquier forma, que se han quebrado por un medio artificial como la labranza. La

estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidades de la labranza.

CUADRO 5: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU ESTRUCTURA

ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICA
a. Granular. Relativamente no porosos; agregados pequeños (tamaño menor de 2 cm de diámetro), esferoidales, no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".	
b. Migajosa. Relativamente porosos; agregados pequeños y esferoidales no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".	
c. Laminar. Agregados similares a placas; las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son menores que sus dimensiones horizontales. Las placas a menudo se superponen e impiden la permeabilidad. Se encuentran generalmente en el horizonte "A2", en suelos de bosques y estratos arcillosos.	
d. Bloques angulares. Bloques limitados por otros agregados cuyas caras angulares bien definidas, forman el molde de estos. Los agregados a menudo se rompen en bloques más pequeños. Se localizan generalmente en el horizonte "B".	
e. Bloques subangulares. Gránulos similares a bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares redondeadas forman el molde del gránulo. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
f. Prismática. Agregados similares a columnas con las partes superiores no redondeadas. Otros agregados forman el molde del ped. Algunos agregados prismáticos se rompen en pedos de bloques más pequeños. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
g. Columnar. Se caracteriza porque las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son mayores que sus dimensiones horizontales. Las columnas están separadas por grietas verticales y generalmente quebradas por grietas horizontales. Las cabezas de las columnas son redondeadas y se encuentran muy a menudo en el horizonte "B" en suelos alcalinos (sódicos).	

Fuente: Cisneros Almazán (2003).

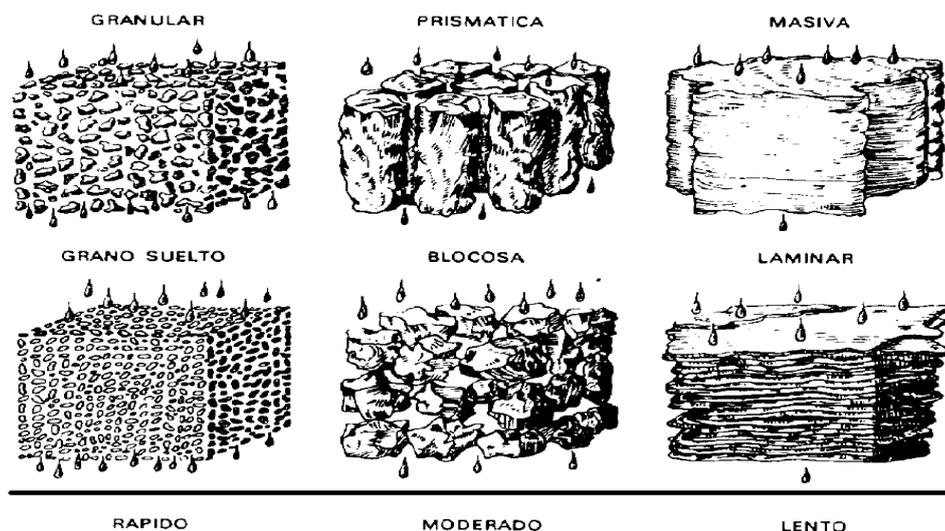
De acuerdo con la estructura presente en un suelo se presentan características específicas en relación con otras propiedades físicas del suelo, entre las más importantes se encuentra la infiltración (Propiedad muy importante en aspectos de riego y drenaje). La siguiente figura describe la relación que tiene la estructura con la infiltración.

CUADRO 6: RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

TIPOS DE ESTRUCTURAS	VELOCIDAD DE INFILTRACION
Granular	Rápida
Migajosa	Rápida
Laminar	Lenta
Bloques angulares	Lenta
Bloques subangulares	Moderada
Prismáticos	Moderada
Columnar	Moderada

Fuente: Cisneros (2003).

FIGURA 17: EFECTOS DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO SOBRE LA INFILTRACIÓN



Fuente: Cisneros Almazan (2003)

Los suelos granulares (esferoidal) y los de grano simple (sin estructura) tienen una rápida infiltración, los bloques y los prismáticos tienen velocidades moderadas y suelos laminares y masivos tienen baja velocidad de infiltración.

2.13.3 Densidad aparente.

La densidad aparente de un suelo, se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros.

Usualmente se expresa en gr/cm^3 . Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que la gravedad específica, peso específico o peso volumétrico.

$$Da = PssVt$$

Dónde:

Da = densidad aparente, gr/cm^3

Pss = peso del suelo seco, gr.

Vt = volumen total, cm^3

Los valores de la densidad aparente, varían en función de las propiedades de los suelos fundamentalmente con la textura y el contenido de materia orgánica. Sin embargo como valores medios se tienen los siguientes:

CUADRO 7: VALORES MEDIOS DE DENSIDAD APARENTE EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO

TEXTURA DEL SUELO	DENSIDAD APARENTE (gr/cm^3)
ARENA	1.6 - 1.7
FRANCO	1.3 - 1.4
ARCILLA	1.0 - 1.2
SUELO ORGANICO	0.7 - 1.0

Fuente: Cisneros Almazán (2003).

La determinación de la densidad aparente puede hacerse por diferentes métodos; con muestras alteradas e inalteradas. Entre ellos se pueden mencionar:

- Método de campo utilizando plástico.
- Utilizando barrenas o cilindros de volumen conocido (método de campo).
- Método del terrón o parafina (método de laboratorio).
- Método del petróleo (método de laboratorio).

2.13.4 Densidad real.

La densidad real de un suelo, es la relación que existe entre el peso de éste, en seco (P_{ss}) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas (V_p). Usualmente se expresa en gr/cm^3 .

$$D_r = P_{ss}V_p$$

Dónde:

D_r = densidad real, gr/cm^3

P_{ss} = peso del suelo seco, gr

V_p = volumen de las partículas, cm^3

La densidad real se puede considerar casi constante debido a que varía de 2.60 a 2.75 gr/cm^3 .

2.13.5 Porosidad.

La porosidad se define como el porcentaje del volumen total de suelo que está ocupado por los poros:

$$P_t = V_v \times 100 / V_t$$

Dónde:

P_t = porosidad, %

V_v = volumen de vacíos, cm^3

V_t = volumen total, cm^3

El espacio poroso es la porción de suelo no ocupado por partículas sólidas (minerales u orgánicas). Los espacios porosos están ocupados por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la cantidad de espacio poroso,

la relación de la textura con la porosidad es alta; en suelos arenosos, se tienen poros grandes y continuos, en suelos arcillosos, se tienen poros muy pequeños pero más abundantes, por lo mismo, los suelos arcillosos tienen una mayor porosidad total.

En suelos arcillosos el escaso intercambio de aire puede ser inadecuado para las raíces de las plantas. El movimiento más rápido de agua y de aire está en las arenas y suelos de agregados fuertes, cuyos agregados actúan como granos y paquetes para formar poros grandes.

Los poros pueden dividirse en cuatro grupos de acuerdo al tamaño: macro poros (0.2 mm), poros medios (0.2 a 0.02 mm), poros finos (0.02 a 0.002 mm), poros muy finos (menores a 2 micrones).

Para el crecimiento adecuado de las plantas es más importante el tamaño de los poros que el espacio poroso total, esto es, debido al tamaño de raíces (8 a 12 micrones) las cuales en poros grandes se desarrollarán mejor.

El mejor balance de retención de agua (micro poros) más el adecuado movimiento de aire y agua (macro poros) está en suelos de textura media como los francos.

Los valores de la porosidad fluctúan alrededor de los porcentajes siguientes:

CUADRO 8: VALORES MEDIOS DE POROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO

TEXTURA DEL SUELO	% DE POROSIDAD
ARENA	30
FRANCO	50
ARCILLA	65

Fuente: Cisneros Almazán (2003).

2.14 PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL MEDIO POROSO.

Según *Yap, S. H. (1974)*; sostiene que, es necesario enfatizar la importancia que tiene el enfoque hidrogeológico en el contexto de la distinción adecuada del medio, para resolver el problema drenaje.

Donde la caracterización de las propiedades hidráulicas del medio poroso están definidas por las llamadas “constantes hidrogeológicas” que constituyen de mayor importancia son: la conductividad hidráulica y el espacio poroso drenable y como secundarios componen la transmisibilidad, la resistencia vertical y el factor de fuga.

2.14.1 Conductividad hidráulica.

Según *Yap, S. H. (1974)*; define a la conductividad hidráulica, como la constante que nos define la capacidad del medio poroso para transmitir el agua a través del mismo, por lo que también se llama constante de transmisión; cuantitativamente se puede definir como la cantidad de flujo por unidad de área de sección, bajo la influencia de un gradiente unitario, pero no debe ser confundida con velocidad. Lo que es dependiente de las características del fluido y del medio poroso en conjunto.

Según *Rojas, R. (1976)*; esclarece que los estudios de conductividad hidráulica, es una de las constantes básicas del suelo que deberá ser determinada en todo estudio de drenaje, es a través del cual, el agua se mueve con mayor o menor facilidad en un suelo determinado.

La conductividad hidráulica del suelo no es un valor constante debido a que en ella influyen muchos factores, por lo que no puede llegar a determinar un valor exacto de esta pero si un valor estimado que refleja las condiciones reales del movimiento del agua en el suelo; he aquí unos factores más importantes:

- ✓ Tamaño de las partículas.

- ✓ La porosidad del suelo.
- ✓ El contenido de arcilla y su distribución.
- ✓ El contenido del aire del sistema.
- ✓ Los microorganismos de suelo.

Según *Cisneros, R*; indica que la conductividad hidráulica es la facilidad con que el suelo permite el flujo del agua, según el gradiente. En este flujo es determinante el tipo de suelo. Esta conductividad hidráulica, representa el coeficiente k en la ley de Darcy, en la que:

$$V = ki$$

Dónde:

V = velocidad del flujo efectivo, cm/hr.

i = gradiente hidráulico, m/m

El coeficiente k tiene las mismas dimensiones que una velocidad. Los edafólogos suelen medirla en cm/hr o mm/hr; los hidrólogos prefieren el empleo de las unidades cm/día o m/día. En cálculos de drenaje se prefiere utilizar estas últimas.

CUADRO 9: VALORES DE K SEGÚN TIPO DE SUELOS.

CLASE	K (m/día)
Muy baja	menos de 0.05
Baja	0.05 - 0.3
Media	0.3 - 1.0
Alta	1.0 - 5.0
Muy alta	más de 5.0

Fuente: Cisneros (2003).

Es necesario mencionar, que la conductividad hidráulica o la permeabilidad y sus valores, tienen numerosas aplicaciones en el proyecto de canales, presas y explotación de acuíferos; estos parámetros son utilizados principalmente en el diseño de sistemas de drenaje, en la

cuantificación del flujo subterráneo que entra en una determinada área, proyectar la red de drenaje (espaciamiento, profundidad y diámetro de los drenes, etc.)

CUADRO 10: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, SEGÚN SU RAPIDEZ DE MOVIMIENTO

	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (cm/h)	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/día)
Muy lenta	< 0.1	< 0.03
Lenta	0.1 - 0.5	0.03 - 0.12
Moderadamente lenta	0.5 - 2	0.12 - 0.5
Moderada	2 - 6	0.5 - 1.5
Moderadamente Rápida	6 - 12	1.5 - 3.0
Rápida	12 - 18	3.0 - 4.5
Muy rápida	> 18	> 4.5

Fuente: Cisneros Almazán (2003).

CUADRO 11: CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SEGÚN TEXTURA Y LA ESTRUCTURA DEL SUELO

TEXTURA Y ESTRUCTURA	K (m/día)
Arena gruesa con grava	10 - 50
Franco arenoso; arena fina	1 - 5
Franco, franco arcilloso bien estructurado	1 - 3
Franco arenoso muy fino	0.5 - 2
Arcilla con grietas	0.5 - 2
Arena muy fina	0.2 - 0.5
Franco arcilloso, arcilloso mal estructurado	0.02 - 0.2
Arcilla compacta	< 0.002

Fuente: Cisneros (2003).

2.14.2 Determinación de la conductividad hidráulica (K).

Según *Yap, S. (1974)*; explica que los métodos para determinar el factor de proporcionalidad o de la conductividad hidráulica pueden ser divididos en tres grupos:

- ✓ Método para ser usado por encima de la tabla de agua.
- ✓ Métodos para ser usado por debajo de la tabla de agua pero a profundidades superficiales.
- ✓ Métodos para ser usado por debajo de la tabla de agua pero a grandes profundidades.

El método perteneciente al segundo grupo puede ser usado en cualquier reconocimiento de drenaje; los métodos pertenecientes al grupo primero y tercero solamente cuando es establecida una necesidad de ellos. Los cuales pueden ser calculados mediante el uso de los siguientes métodos.

1. Método de laboratorio.
2. Método del agujero de barrera (auger hole).
3. Método del piezómetro.
4. Método de descarga de la tabla de agua subterránea.
5. Métodos indirectos (conductividad hidráulica determinada basándose en relaciones empíricas.
 - Calculado a partir de la composición granular
 - Calculada con base en la distribución de los tamaños de los poros.

2.14.3 Infiltración.

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego y lluvia en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua

en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min. La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él. Según Ortiz y Ortiz (1980), mencionan que los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:

1. Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.
2. Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.
3. Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.
4. Profundidad del suelo a una capa endurecida “hardpan”, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.
5. Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.
6. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.

CUADRO 12: CLASIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE INFILTRACIÓN

CLASIFICACION	MAGNITUD (cm/hr)	CARACTERISITCAS
MUY LENTA	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla
LENTA	0.25 - 1.75	Suelos con un alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados
MEDIA	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos
RAPIDA	> 2.5	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación

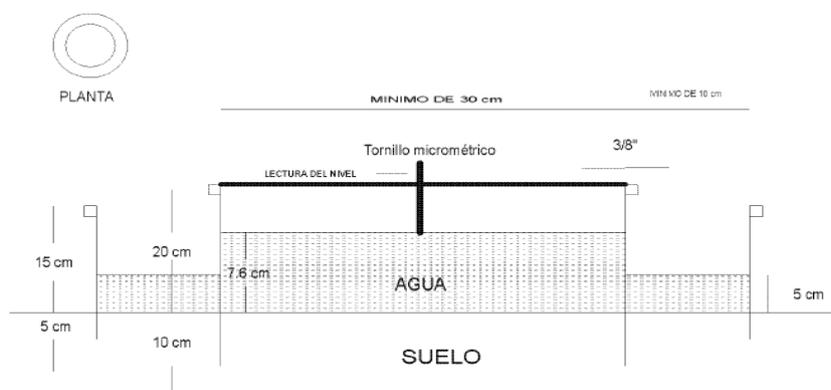
Fuente: Cisneros (2003).

La determinación de la infiltración puede efectuarse en el campo, o siguiendo algunos de los métodos de laboratorio sobre muestras alteradas y/o inalteradas. Dentro de los métodos de campo existentes, uno de los más comunes por su facilidad es el método del infiltrómetro de doble cilindro.

2.14.3.1 Método del infiltrómetro de doble cilindro.

El método consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc., dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medidas aproximadas de 40 cm de alto, de 30 y 45 cm de diámetro respectivamente, según se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 18: INFILTRÓMETRO DE DOBLE CILINDRO



Se coloca una placa de acero sobre ellos y se golpea hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm. Los cilindros deben estar a nivel y una vez instalados, se llena de agua el anillo exterior, se cubre el anillo interior con un plástico lo más adherido a las paredes posible, se vierte agua y se mide el tirante con ayuda de un tornillo micrométrico o de una regla.

Entonces empieza la prueba quitando el plástico rápidamente midiendo el tirante nuevamente y tomando el tiempo. Las lecturas se hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo agregar agua cuando se requiera (al hacer esto, al tiempo se le denomina tiempo muerto). Después de una a tres horas, cuando el nivel del agua varíe muy poco o nada, la prueba habrá terminado

La explicación de usar dos anillos, es la de que el anillo exterior cuando se le vierte agua va a impedir que el agua del anillo interior fluya en sentido horizontal, esto causaría errores en la determinación de la infiltración en la cual se supone el flujo del agua es en sentido vertical.

2.15 GEO SINTETICOS O GEO TEXTILES.

El Geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación ó filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización.

Existe una gran variedad de Geotextiles; los mismos se eligen según sea su destino y en base al estudio y definición de las propiedades mecánicas e hidráulicas del terreno en cuestión. Ello permite deducir los factores de seguridad mínimos de la obra.

2.15.1 Geotextiles según su forma de fabricación tejidos.

La malla está tejida con fibras en dos direcciones, (trama y urdimbre). Pueden ser: tejidos planos y tricotados.

No Tejidos: fibras entrelazadas en forma aleatoria ligadas mediante procesos mecánicos, térmicos o químicos con filamento continuo pueden ser: agujados y termosoldados.

Mixtos: la malla se compone de fibras cortadas y pueden ser: agujados y agujados y Termosellados.

2.15.2 Tipos de geotextiles.

Los Geotextiles agujados de fibra cortada no sometidos al proceso de termofusión son materiales con mínima resistencia mecánica, ya que al no haber unión entre sus elementos y no estar ligados entre sí, pueden ser perforados con facilidad ante la aplicación de una fuerza perpendicular porque se abren sus fibras sin ofrecer resistencia, al mismo tiempo los esfuerzos de tracción las separa desenlazándolas.

Los Geotextiles agujados de filamento continuo, o agujados y termo soldados, poseen alta resistencia mecánica para evitar la rotura, también poseen espesores adecuados para cumplir con su función de drenaje y función de protección de las geomembranas y funciona con efecto colchón.

2.15.3 Propiedades de los geotextiles.

El geotextil, es una malla compuesta por fibras sintéticas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante. Sirven en la construcción de sub-bases de carreteras y ferrocarriles, en presas, evitan posibles erosiones realizan funciones de drenaje en canales, muros de contención, etc.

Los geotextiles, sirven para separar tierras de diferente granulometría estabilizando el terreno, para protección de láminas impermeabilizantes.

A continuación vemos las funciones que desempeñan los geotextiles.

2.15.3.1 Separación.

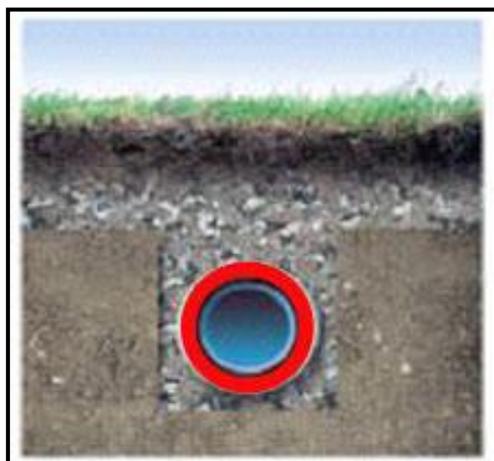
La Separación impide el contacto entre dos superficies de distintas propiedades físicas, lo cual evita su mezcla y contaminación aunque permite el flujo libre de líquidos filtrándolos a través del geotextil, puede ser entre dos capas diferentes: por ejemplo de suelo aportado o entre suelo natural y de aporte. Para evitar la mezcla de materiales debe soportar las cargas estáticas y dinámicas del material de aporte y del tráfico durante su colocación, así como también la retención de finos. El polipropileno lo mantiene estable ante la alcalinidad del cemento e inerte frente a los diversos elementos químicos presentes en el terreno. En la función de Separación deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Resistencia a la tracción.
- ✓ Resistencia al punzonamiento.
- ✓ Abertura de poros eficaz.
- ✓ Espesor del geotextil.

2.15.3.2 Filtración.

La Filtración es la propiedad de retención de un material de ciertas partículas sometidas a fuerzas hidrodinámicas al tiempo que permite el pasaje de fluidos. La función de filtro debe garantizar su estabilidad hidráulica. En esta función de Filtración deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros: permeabilidad, abertura eficaz de los poros y espesor del geotextil.

FIGURA 19: COBERTURA DE LA TUBERÍA DE DRENAJE CON GEOTEXTIL.



Fuente. Rozas Ovando (2009) Proyecto Multicancha

2.15.3.3 Drenaje.

El Drenaje es el proceso mediante el cual se realiza el pasaje de un lugar a otro de un fluido (líquido o gas), evacuándolo. De esta manera se efectúa la eliminación por evacuación en el espesor del geotextil sin producir el lavado de finos. En esta función de Drenaje deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros: Permeabilidad en el plano del geotextil y espesor del geotextil.

2.15.3.4 Refuerzo.

El Refuerzo del geotextil se consigue por las propiedades que poseen ciertos geotextiles, mejorando sus propiedades mecánicas y disminuyendo el nivel de

cargas sobre el terreno porque realiza un trabajo de homogeneizar las cargas sobre una superficie extensa. Consideramos dos tipos de refuerzos:

1. Refuerzo en la tracción, eliminando las fuerzas de vuelco. Por ejemplo en muros de contención, por intercalación del geotextil hacia el interior del muro.
2. Estabilización del suelo mediante confinamiento de partículas evacuando por supresión el agua contenida.

En esta función de Refuerzo deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

- Curva de deformación.
- Resistencia mecánica a la tracción, punzonamiento y desgarró.
- Fluencia, fatiga y fricción contra el terreno.

2.15.3.5 Protección

La función de Protección permite que el sistema geotécnico no se deteriore. El geotextil actúa protegiendo geomembranas impermeables; de modo que impide que se produzcan daños mecánicos de abrasión o punzonamiento. En esta función de Protección deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros: Resistencia al punzonamiento, perforación dinámica por caída libre de cono y espesor (efecto colchón para protección de la geomembranas).

2.15.4 Campos de aplicación de los geotextiles.

Los geotextiles tienen aplicación en diferentes tipos de obras. A continuación se expresan en una tabla las aplicaciones y funciones de los geotextiles en cada caso.

CUADRO 13: CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS GEOTEXTILES

CAMPO DE APLICACIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL	FUNCIONES SECUNDARIAS
Carreteras	Separación	Filtración; Protección; Drenaje
Ferrocarriles	Separación; Filtración
Obras Hidráulicas	Filtración	Separación.
Drenajes	Filtración	Separación; Drenaje.
Taludes	Refuerzo	Drenaje.
Túneles	Protección; Drenaje
Vertederos	Protección	Drenaje; Refuerzo.

Fuente: Editorial MACRO (2011) Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje

2.15.5 Funciones de los geo sintéticos.

CUADRO 14: FUNCIONES DE LOS GEOSINTÉTICOS

	GEO TEXTILES	GEO COMPUESTOS	GEO MEMBRANAS	GEO MALLAS
SEPARACION	X			
FILTRACION	X	X		
REFUERZO	X			X
DRENAJE	X	X		
PROTECCION	X			
BARRERA	X		X	

Fuente: Editorial MACRO (2011) Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje

2.15.6 Método de diseño para materiales geosinteticos.

Los métodos de diseño que se emplean con más frecuencia para materiales geo sintéticos en aplicaciones geotécnicas son en el empírico (diseñado por experiencia), especificación y métodos racionales (diseño por función).

CUADRO 15: APLICACIONES DE DISEÑO PARA MATERIALES
GEOSINTÉTICOS

APLICACION	FUNCION	GEOSINTETICO
Estabilización de capa de asiento.	Refuerzo, separación y filtración.	Getextil o geocuadrícula
Estabilización de cama de vía de ferrocarril.	Drenaje, separación, filtración.	Geotextil
Cerca de limo para control de sedimentos.	Retención, filtración, separación de sedimentos.	Geotextil
Capa de asfalto	Capa para aliviar esfuerzos e impermeabilización.	Geotextil
Refuerzo de suelo:		
Terraplenes.	Refuerzo.	Geotextil o geocuadrículas
Pendientes agudas.	Refuerzo.	Geotextil o geocuadrículas
Muros de retención.	Refuerzo.	Geotextil o geocuadrículas
Control de erosión:		
Refuerzo.	Refuerzo y separación.	Geocompuesto
Pedriscal.	Filtración y separación.	Geotextil
Losa continua	Filtración y separación.	Geotextil
Filtro para drenar subsuelo.	Filtración	Geotextil
Protección con geomembrana.	Protección y cojín.	Geotextil
Drenaje del subsuelo.	Transmisión y filtración de fluidos.	Compuesto prefabricado para drenaje

Fuente: Editorial MACRO (2011) Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje

2.15.7 Material conformante para la base granular.

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o río, también se diferenciara si se utiliza como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y porcentajes de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la base granular para el sistema de drenaje.

2.15.7.1 Macadram granular.

El macadram granular es la capa obtenida por compactación de agregados gruesos distribuidos de manera uniforme, cuyos vacíos son rellenados con material de granulometría más fina, primero en seco después con ayuda de agua.

El agregado para la base debe presentar las granulometrías siguientes:

CUADRO 16: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR

TAMIZ IMPERIAL	TAMIZ MÉTRICO	% de colado	
		Capa de base	Capa de acabado
2"		100	
1 ½ "		90 – 100	
1"		75 – 100	
¾ "		65 – 95	
½ "	12,5 mm	55 – 85	100
3/8 "	9,50 mm	40 – 75	85 – 100
¼ "	6,25 mm	25 – 65	75 – 100
N° 4	4,75 mm	15 – 60	60 – 90
N° 8	2,36 mm	0 – 40	35 – 75
n ° 16	1,18 mm	0 – 20	10 – 55
N ° 30	0,6 mm	0 – 7	0 – 40
N° 50 – 60	0,3 – 0,25 mm	0 – 5	0 – 15
N ° 100	0,15 mm	0 – 3	0 – 8
N ° 200	0,075 mm	0 – 2	0 – 2

Fuente: Basado en Manual de Carreteras (1997)

Aparte de los requerimientos granulométricos, la cama de asiento debe estar formada por fragmentos duros, limpios, durables, libres de excesos de partículas laminares o alargadas de fácil desintegración cuando al ser sometidos a las pruebas de durabilidad con solución de sulfato de sodio presenta pérdidas inferiores al 18%.

2.15.7.2 Arena y suelos gruesos.

El comportamiento esfuerzo – deformación de una arena suelta y una arena compactada difieren radicalmente, pero gradualmente, según su conocimiento general; las arenas fuertemente compactadas muestran comportamientos netamente frágiles, en tanto que el mismo material suelto ostenta comportamientos claramente

plásticos, estas diferencias en comportamiento pueden explicarse en términos de estructuración, pues en las arenas compactadas cualquier esfuerzo tangencial a vencer no solo a la resistencia friccionante entre los granos, sino obligarlos a girar y moverse, rodando uno sobre otros. Al vencer los dos efectos combinados se tiene resistencia máxima, pero una vez vencido el segundo efecto se facilita mucho el movimiento relativo y la resistencia disminuye mucho con rapidez en la arena muy suelta, la estructuración inicial es inestable y es fácil comenzar el movimiento relativo a bajo esfuerzo cortante aplicado, pero los movimientos inducidos van densificando el conjunto, produciendo estructuras más cerradas

2.15.7.3 Compactación de arena y grava

La necesidad de compactar o hacer que el suelo sea más resistente a las cargas aplicadas en ellas, apareció no hace muchos años debido a la urgencia de utilizar en las obras inmediatamente las maquinarias. Por tanto, los sistemas de compactación se han ido desarrollando paralelamente a la mecanización de las obras.

El problema se presenta por que la energía de compactación necesaria en cada caso no es solamente diferente, sino que también lo es el modo como dicha energía debe ser transmitida al terreno, esta es la razón de que existan hoy día en el mercado diferentes tipos de máquinas compactadoras y como consecuencia el problema más importante en la compactación es elegir la maquina más adecuada para cada trabajo. Los factores principales que influyen en la capacidad de compactación de los suelos, son la composición granular y el contenido de humedad, dentro de la composición granular, lo más importante es el tamaño de grano, mucho más incluso que la compactación del mismo. El contenido de humedad es el otro factor más importante en la compactación.

2.15.7.4 Alternativa césped artificial.

Lluvias intensas, largas sequías, nieve, hielo. Un campo de hierba natural siempre se ve afectado por los cambios climáticos. En cambio el césped artificial no sufre deterioro por este aspecto: el campo sintético drena bien en climas lluviosos, se eliminara las lesiones por las posibles zonas levantadas o “chuletas” que se producen en el campo, ya que el césped está literalmente sujeto al suelo.

Resumiendo, las competiciones pueden celebrarse siempre sobre césped artificial, el calendario de encuentros ya no se ve afectado y no hay necesidad de cancelar sesiones de entrenamiento. Todas estas ventajas hacen del césped artificial un aliado de confianza.

2.16 INFLUENCIA DEL SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS TUBERIAS

2.16.1 Comportamiento estructural de las tuberías de PVC enterradas.

Las tuberías durante su vida útil se encuentran sometidas a distintos estados de carga: presiones verticales y horizontales del terreno, peso propio, presión interna, cargas superficiales estáticas o dinámicas, y esfuerzos sísmicos.

La magnitud de las cargas que deberá soportar una tubería dependerá de la rigidez relativa entre la tubería y el suelo circundante. Debido a ello, los métodos de cálculos de tuberías difieren según se trate de tuberías rígidas o flexibles.

Para el cálculo de las mismas se realizan verificaciones de deformaciones o deflexiones, tensiones, inestabilidad o pandeo y fisuración. En todos los casos, se verifica que el nivel de tensiones durante la vida útil sea inferior a las tensiones de rotura con un determinado nivel de seguridad, y que las deformaciones sean inferiores a las máximas admisibles.

2.16.2 Deflexión de tuberías.

Cuando un tubo se encuentra instalado bajo tierra, queda sometido a un régimen de cargas que afectan su comportamiento mecánico de acuerdo a las propiedades físicas del mismo, las dimensiones de las zanjas, el tipo de suelo y el método de instalación de tuberías. El comportamiento de la tubería bajo dichas cargas será diferente dependiendo si es rígida o flexible. En caso de ser rígida, las cargas aplicadas son absorbidas completamente por el tubo, mientras que en las tuberías flexibles parte de la carga es absorbida por el tubo al mismo tiempo que este se deforma, transmitiendo así las cargas restantes al terreno que se encuentra a su alrededor. Las tuberías flexibles fallan por deflexión más que por ruptura en la pared del tubo como es el caso de las tuberías rígidas.

2.16.3 Tuberías flexibles.

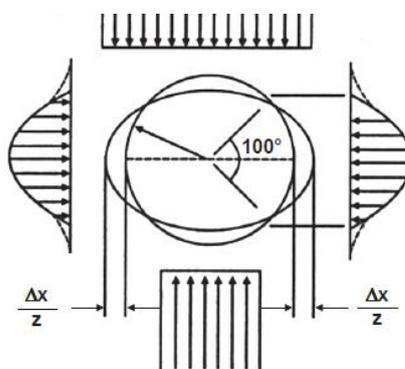
Son aquellas que permiten una deformaciones transversal de más 3% sin que se fisure o rompa, por lo que los tubos de PVC se encuentran catalogados dentro de este grupo.

2.16.4 Deflexión en tuberías flexibles.

Al estar una tubería de PVC enterrada a cierta profundidad y por tanto encontrarse sometida a una acción de cargas externas, esta tendera a deformarse dependiendo del tipo de material de relleno y su grado de compactación y rigidez de la tubería. La deformación ocasiona una disminución del diámetro vertical y la sección transversal decrece. En el punto de falla inminente, la parte superior de la tubería llega a ser prácticamente horizontal y un diferencial adicional de carga puede originar una inversión de la curvatura con lo que la tubería colapsa.

Podemos apreciar que una deformación vertical diametral hasta el 20% no es significativa ya que genera una reducción del orden del 4% en el área de flujo del círculo perfecto. Además de ello, debemos tener en cuenta que de acuerdo a nuestro Reglamento Nacional de Construcciones, el tirante máximo de flujo es de 0.75 de diámetro interno de la tubería. De otro lado, de las normas ASTM y UNIBELL, recomiendan valores de deflexión máximos de 7.5% del diámetro del tubo con la cual se ha probado que las tuberías trabajan en forma apropiada.

FIGURA 20: DEFLEXIÓN EN LA TUBERÍA



Fuente: Koplast (2012) Criterios de Diseño e instalación de tubos de PVC

2.16.5 Cálculo de deflexión por cargas externas.

El siguiente procedimiento de cálculo estimativo de la deflexión de la tubería PVC, originado por cargas externas, es un método abreviado de cálculo no riguroso que nos permitirá obtener en forma breve una aproximación de la deflexión. El procedimiento abreviado implica el cálculo inicial de la carga total externa, el mismo que incluye las estimaciones de las cargas vivas y las cargas muertas y seguidamente pasar a calcular la deflexión como resultado de las cargas externas.

2.16.5.1 Determinación de cargas muertas.

Para el efecto se utiliza la llamada Ecuación del Prisma (expresión más conservadora que la fórmula de Marston):

$$C_m = P \times H \times D$$

Dónde:

C_m = carga muerta, kg/m.

P = peso específico del material de Relleno, kg/cm³

H = profundidad sobre la clave del Tubo, m.

D = diámetro exterior del tubo, m.

2.16.5.2 Determinación de cargas vivas.

De acuerdo al método recomendado por JAPAN SEWAGE WORKS ASSOCIATION, el procedimiento de cálculo es el siguiente:

A) si H se encuentra entre: $0.30\text{m} < H < 0.60\text{m}$

$$C_v = \frac{P(1 + I_m)}{A}$$

$$A = 3.14H^2 + 1.4H + 0.10$$

B) si H se encuentra entre: $0.60\text{ m} < H < 3.0\text{m}$

$$C_v = \frac{2P(1 + I_m)}{A}$$

C) Si H es mayor a 3.0 m.

$$A = 2.75(2H + 0.20)$$

$$Cv = 1.0T / m^2$$

Donde.

P = carga concentrada aplicada por la rueda, Kg.

H = profundidad hasta la clave del tubo, m.

A = área donde es distribuida la Cv, m².

Im = factor de Impacto

Cv = carga viva, Kg/m².

2.16.5.3 Cálculo de la deflexión máxima.

Para el efecto, se utilizara la fórmula de IOWA, expresión ampliamente reconocida.

$$Dm = \frac{0.1(Cm + Cv)}{Et \left(\frac{e^3}{12r^3} \right) + 0.061E'}$$

Dónde:

Dm = máxima deformación transversal, cm².

Cm = carga Muerta, kg/cm².

Cv = carga Viva por unidad de longitud de la tubería (kg/cm).

r = radio promedio del tubo (D-e)/2, cm.

Et = módulo de Elasticidad del tubo, kg/cm².

E = espesor de la tubería, cm.

E' = módulo de la reacción del Suelo.

CUADRO 2.17: VALORES DE E' PARA LA FÓRMULA DE IOWA BUREAU OF RECLAMATION

VALORES DE E' PARA FORMULA DE IOWA BUREAU OF RECLAMATION					
Tipo de suelo según ASTM 2321	Suelo según United Classification System (1)	COMPACTACIÓN			
		Suelto	Sin Compactación <85 % Proctor <40 % den. rel.	Moderada 85-95 % Proctor 40-70 % den. rel.	Alta >95 % Proctor >70 % den. rel.
V	Suelos Finos. Límite Líquido > 50. Suelos con media a alta plasticidad CH, MH, CH-MH	NO EXISTE INFORMACIÓN CONSULTE UN MECÁNICO DE SUELOS O USE E' = 0			
IVa	Suelos Finos. Límite Líquido > 50. Plasticidad media a sin plasticidad CL, ML, MI-CL con menos de 25% de partículas gruesas	3,5	14	28	70
IVb	Idem anterior con más de 25% de partículas gruesas.	7	28	70	140
III	Suelos gruesos con más de 12% finos GM-GC, SM, SC3				
II	Gruesos con menos del 12% de finos GW, GP, SW, SP3	14	70	140	210
I	Chancado	70	210	210	210

Fuente: Koplast (2012) Criterios de Diseño e instalación de tubos de PVC

2.16 MARCO CONCEPTUAL

2.16.1 Drenaje.

Los manuales para educación agropecuaria, indican que el drenaje sirve para evacuar los excesos de agua de la zona de absorción con el fin de evitar la saturación del suelo. El drenaje en la mayoría de los casos, forma una parte integrante del sistema de riego. Los drenes se dividen en drenes para evacuar el agua de escurrimiento o superficial (drenaje superficial) y drenes para la intercepción de excesos de agua en el subsuelo (drenaje subterráneo). Los últimos, sirven

principalmente para mantener el nivel freático lo suficientemente bajo, funciona adecuadamente solo en suelos con un subsuelo bastante permeable y es a través de tubos enterrados que la profundidad de los drenes de agua del subsuelo se determina de acuerdo con la profundidad deseada del nivel freático.

2.16.2 Drenaje Subsuperficial.

Como ya se ha mencionado, el drenaje subsuperficial o subterráneo es una técnica de evacuación del exceso de agua y/o de sales a través de tuberías que se encuentran a una cierta profundidad en el suelo. Algunas veces son utilizados junto con el sistema otros dispositivos para evacuar el agua, como por ejemplo, los pozos de bombeo. La técnica ha evolucionado considerablemente en los últimos años, utilizando tubería más económica y más eficiente. Recordemos que con respecto a la tubería, al principio eran utilizados tubos de barro y que paulatinamente han sido desplazados por tubos de PVC generalmente anillado, mejorando con ello la eficiencia en captación y conducción, manejo, resistencia, flexibilidad, más ligero y más fácil de instalar. La maquinaria utilizada para la instalación de tubos de drenaje también ha evolucionado positivamente, realizando instalaciones más rápidas y más precisas a un menor costo.

2.16.3 Precipitación.

Según Castany, G. (1971), conceptúa a la precipitación como la cantidad de agua meteórica total, líquida o sólida que cae sobre la superficie del suelo, alimentando de esta forma a las aguas subterráneas. Según ROJAS, R. (1976), señala que la precipitación en las zonas húmedas, son superiores a la evaporación y como resultado existe un periodo de exceso de agua, durante este tiempo, los suelos se encuentran bastante saturados de agua y al ocurrir lluvias de altas intensidades, se

producen una gran escorrentía superficial que fluye hacia las zonas bajas de los terrenos, provocando de esta manera los problemas de drenaje.

2.16.4 Nivel freático.

Según Rojas, R. (1976); conceptué el nivel freático, como el espejo de agua presente en la parte superior de la zona de saturación; por lo que su estudio es indispensable tomar en cuenta los niveles de superficie de agua que están en conexión libre con el agua subterránea, cuyas observaciones deben ser hechas a través de:

- ✓ Pozos de observación.
- ✓ Pozos existentes / abandonados.
- ✓ Piezómetros.
- ✓ Superficies de agua (logos, drenes, canales, arroyos, zanjas, manantiales, etc.).

2.16.5 Infiltración.

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en (cm/hr o cm/min).

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él.

2.16.6 Geosintéticos o geotextiles.

Según *ASTM D4439: Geosintético*; es un producto plano fabricado a partir de materiales poliméricos, para ser usados con suelo, roca, tierra o cualquier otro material geotécnico, como parte integral de un proyecto, estructura o sistema realizado por el hombre.

Se da inicio a los GEOSINTETICOS, “GEO” por aplicación directa a suelos y rocas y “SINTETICO”, por ser fabricado exclusivamente de productos no naturales. Para aclarar el tema es necesario explicar su origen, el nombre geotextil surge del uso exclusivo de la tecnología textil para su fabricación, y porque su empleo más importante está relacionado con el suelo.

2.16.7 Compactación.

Es la densificación del suelo por medios mecánicos, el objetivo es mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación de la masa.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR

3.1 GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación del área en estudio.

El diseño y las pruebas de campo del presente trabajo de investigación titulado “Diseño e Instalación del Sistema de Drenaje y Base Granular del Estadio I.E. Glorioso San Carlos – Puno”, se desarrolló en el local de la Institución Educativa Glorioso San Carlos el que se ubica en la parte central de la Ciudad de Puno, el local del anexo de la Institución educativa ocupa actualmente un terreno de forma irregular; ubicado entre la Av. El Sol y Jr. Talara; Este local alberga a los Alumnos del Nivel inicial, primario y secundario.

Ubicación Política del C.E. Glorioso San Carlos.

Distrito	:	Puno
Provincia	:	Puno
Departamento	:	Puno.

Geográficamente delimita entre las siguientes coordenadas.

Latitud Sur	:	15°49'27" – 15°49'55"
Longitud Oeste	:	70°00'41" – 70°01'32"
Altitud	:	3809.50 m.s.n.m.

3.1.2 Extensión superficial.

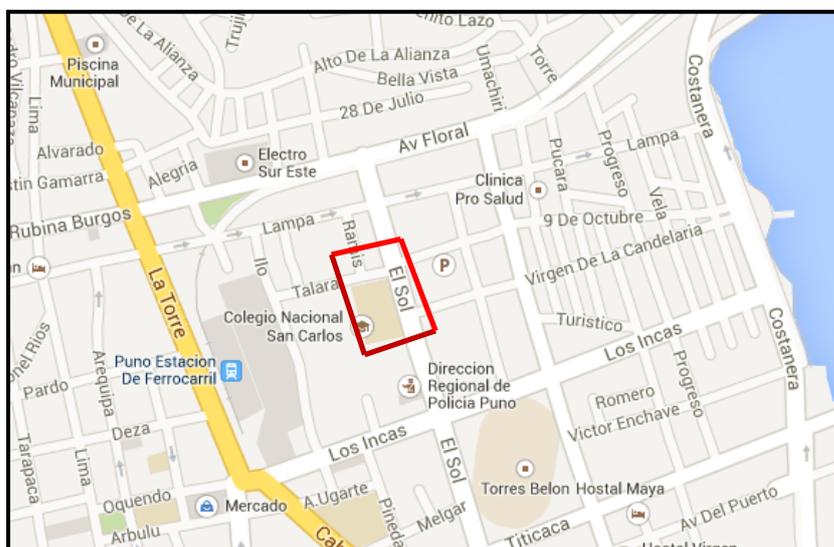
La extensión según el levantamiento topográfico de la I.E Glorioso San Carlos indica una área de 17,203.82 m², con un perímetro de 546.62 m. El Campo Deportivo en estudio cuenta con un área neta de 4515.00 m² y un perímetro de 280.61 ml.

3.1.3 Terreno

El terreno presenta una superficie poco accidentada con relieve ligeramente plano y pendiente mínima, su perímetro es de forma irregular, el 83.99% que corresponde a 14,450.583 m² de área construida con las siguientes unidades arquitectónicas: Pabellones existentes (aulas de construcción reforzada, plataforma deportiva, patio de honor), pabellones por sustitución (módulo de administración, aulas inicial y patio), obras nuevas (talleres, laboratorios, auditorio, plataforma deportiva y estadio deportivo de césped sintético).

El área correspondiente al estadio deportivo de la I.E. Glorioso San Carlos motivo del trabajo de investigación comprende un área de 4515.00 m², que corresponde a un 26.25% del área perteneciente a la I.E. Glorioso San Carlos – Puno y un 31.25% del área edificada.

FIGURA 21: UBICACIÓN PROYECTO DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADIO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Clima e hidrología.

3.1.4.1 Clima.

Las condiciones climáticas en el ámbito geográfico que abarca el presente estudio, corresponde al tipo semi-seco y frío en su generalidad. Durante el año las estaciones climáticas son prácticamente dos: Una húmeda caracterizado por sus precipitaciones pluviales (noviembre a marzo) época apropiada y recomendable para la construcción de estructuras de concreto; y la otra época seca caracterizado por la ausencia de lluvias y baja temperatura nocturna. La información proviene de la estación meteorológica CP-708, Puno perteneciente al SENAMHI – Puno, y muestra las siguientes características climáticas:

- a. **Temperaturas.** Las temperaturas medias oscilan entre 5.8 °C en el mes de junio a 10.3 °C en el mes de diciembre, teniendo un promedio anual de 8.5 °C.

- b. Humedad relativa.** Varía desde 37.9% en el mes de junio a 60.5% en febrero alcanzando un valor medio anual de 47.51%.
- c. Precipitación.** La precipitación pluvial media varía entre 4.22 mm en Junio y 167.89 mm en Enero, con precipitaciones máximas en 24 horas hasta 55.7mm. La precipitación ocurre durante todos los meses del año, siendo los más secos los meses de junio y julio.
- d.** También de acuerdo a los datos del SENAMHI – PUNO, y banco de datos hidrometeorológicos de PELT – PERU los niveles medio del lago Titicaca tienen un máximo de 3811.98 m.s.n.m. registrados en 1986 y un mínimo de 3806.51 m.s.n.m. registrados en 1943.
- e. Evaporación.** Los valores mayores se producen en los meses de octubre, noviembre y diciembre con 210.2mm, 208.6mm y 195.9mm respectivamente, y los valores mínimos en los meses de junio y julio con 129.9mm y 141.0mm respectivamente, teniendo un valor total anual de 2007mm.

3.1.5 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.

3.1.5.1 Geomorfología.

La evaluación geológica efectuada en el área de estudio y su entorno se presenta según los aspectos geológico-geotécnicos. Se tiene las siguientes características:

Desde el punto de vista estratigráfico a las zonas bajas de la bahía del lago Titicaca, indica como una unidad estratigráfica, de formación base de los siguientes materiales:

Aluvial: (Litológicamente están compuestos de gravas angulares, gravas arcillosas y arenas arcillosas).

Residual: (Materiales altamente arcillosas).

Lacustre: (Son acumulaciones especialmente arcillosas con abundante material vegetal), que son producto del intemperismo y erosión de holoceno (cuaternario reciente)

Localmente, está enmarcado sobre una geoforma de plenillanura, que pertenece a la zona baja del micro cuenca y bahía circundante de topografía plana, donde los lechos de drenaje desembocan hacia la bahía lacustre.

3.1.5.2 Geología Local.

En la zona se distingue suelos aluviales (Q-al) ubicadas hacia el Nor Oeste a Norte del área en estudio, constituido de arenas y arcillas limosas de color marrón a gris oscuro, seguidamente se observan los suelos Fluvio-lacustres (Q-fl/la) cubiertos por turba que predominan superficialmente en gran extensión, caracterizado por materiales arcillosos de mediana y alta plasticidad en condición blanda, de color gris oscuro.

Hacia la orilla del lago se describen suelos lacustres (Q-la), está constituido por turbas y otros restos orgánicos que están constantemente inundados por aguas estancadas; a su vez se caracteriza una zona de suelos fluvio-lacustres saturados por aguas de escorrentía superficial de poca pendiente, lo cual ha generado bofedales que presentan arcillas orgánicas de color gris oscuro (Referencia: Carta Geológica por INGEMMET – Cuadrángulo de Puno).

3.1.6 Investigación de campo.

Para la investigación de suelos de Campo Deportivo motivo del trabajo de investigación del área de estudio, se tomó referencias del trabajo realizado “Estudio de Mecánica de suelos con fines de cimentación” por el Ing. Máximo E, Coyla Quiza, en el cual se tiene los siguientes estudios.

Exploración del sub-suelo: En los referidos lugares a fin de obtener la información necesaria, se dispuso la apertura de calicatas, distribuido en forma conveniente en las áreas de estudio y de acuerdo al croquis en el anexo.

En el local de la Av. El Sol: se realizaron 07 calicatas el sistema empleado permitió examinar los diferentes estratos y evaluar las características de los materiales que conforman el sub-suelo en las zonas de estudio.

- **Ensayos in-situ.** Con la finalidad de determinar las características del sub-suelo de fundación, así como los parámetros de comportamiento mecánico, se realizaron ensayos de densidad natural y sondajes con el Penetró metro Dinámico de Cono.
- **Muestreo.** Se tomaron las muestras más representativas de los diferentes estratos de las calicatas excavadas, tomando muestras inalteradas como disturbadas, para los correspondientes ensayos de laboratorio.

3.1.6.1 Ensayos de laboratorio.

Con las diferentes muestras de suelo, se ejecutaron los siguientes ensayos de laboratorio, siguiendo las normas de la ASTM:

CUADRO 17: ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS	ASTM
Contenido de humedad	D-2216
Análisis granulométrico	D-422
Límite líquido	D-4318
Índice de plasticidad	D-4318
S.U.C.S.	D-2487
Corte directo	D-3080

Fuente: Coyla (2011). Informe de estudio de suelos I.E San Carlos.

3.1.6.2 Perfil estratigráfico.

El perfil estratigráfico del área en estudio, así como los espesores de los estratos se tiene determinado específicamente para cada punto de estudio, es decir de cada calicata excavada, los mismos que se adjuntan en el anexo. Grafico N° 01 Se resume una breve descripción generalizada, en la siguiente forma: Superficialmente en todas se encuentra un suelo fino, con ciertas partículas de grava y contaminado con sustancias orgánicas principalmente raíces, además en algunos puntos de estudio se tiene rellenos con materiales diversos.

En las partes más profundas en su generalidad constituyen suelos finos con ciertas partículas de grava, principalmente arcilla, de consistencias media y plasticidades de media a alta.

3.1.6.3 Clasificación y caracterización de suelos

De acuerdo a los ensayos estándar de laboratorio, las muestras obtenidas en el estudio, corresponde según el SUCS, a los que se señalan en el cuadro siguiente:

CUADRO 18: CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA
I.E. GLORIOSO SAN CARLOS

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	Retiene Malla N° 4	Pasa malla 200 (%)	SUCS
C-1	M-1	0.60 – 2.40	62.5	36.08	1.47	81.49	CH
	M-2	2.40 – 3.00	48.3	22.22	3.14	80.83	CL
C-2	M-1	0.60 – 2.30	60.65	33.1	2.95	81.69	CH
	M-2	2.30 – 3.00	70.6	40.04	2.81	80.76	CH
C-3	M-1	0.70 – 2.20	62.6	31.16	14.63	66.31	CH
	M-2	2.20 – 3.00	54.45	26.23	26.65	56.06	CH
C-4	M-1	0.90 – 2.20	65.3	35.06	1.42	84.71	CH
	M-2	2.20 – 3.00	44.6	18.32	47.16	14.72	GC
C-5	M-1	1.00 – 2.20	56.6	28.34	2.67	82.01	CH
	M-2	2.20 – 3.00	36.5	9.15	25.09	21.21	SM
C-6	M-1	1.00 – 2.40	53.52	27.84	1.45	82.27	CH
	M-2	2.40 – 3.00	38.6	14.38	35.38	32.2	GC
C-7	M-1	1.40 – 3.00	50.6	23.27	3.13	79.56	CH

Fuente: Coyla (2011). Informe de estudio de suelos I.E San Carlos.

Como se observa en el cuadro, la estratigrafía del área en estudio a nivel de cimentación, corresponde en su generalidad a suelos finos, principalmente arcilla de acuerdo a la caracterización y clasificación de suelos, se tienen las siguientes características geotécnicas de los suelos más representativos de la estratigrafía local:

CUADRO 19: CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA
I.E. GLORIOSO SAN CARLOS

SUCS	Resistencia Corte	Efecto a heladas	Contracción	Drenaje
CH	Deficiente	Media	Alta	Impermeable
CL	Regular a malo	Media a alta	Media	Impermeable
SM	Buena	Ligera a alta	Muy poco a media	Regular a impermeable
GC	Buena a Regular	Ligera a media	Muy poco	Pobre a impermeable
ML	Regular	Media a muy alta	Muy poco a media	Regular a pobre

Fuente: Coyla (2011). Informe de estudio de suelos I.E San Carlos

3.2 MATERIALES

3.2.1 Información cartográfica.

La información cartográfica de la construcción de la I.E. Glorioso San Carlos, fue recabada de la oficina de ingeniería de la constructora ICOSAC (INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.C.). A escalas definidas en los planos topográficos.

3.2.2 Información hidrológica e hidrométrica.

Para la evaluación hidrológica superficial de la zona de estudio, se utilizó datos de registros meteorológicos de la Oficina de Servicio de Meteorología e Hidrología SENAMHI, CP – 708 PUNO, de un promedio de 14 años.

- Precipitaciones totales mensuales anuales.

3.2.3 Estudios de aguas subterráneas.

El estudio de aguas subterráneas de la zona de proyecto se efectuara en base al Estudio y Diseño del Sistema de Drenaje de la Ciudad Universitaria UNA – PUNO, el que cuenta con datos de fluctuación de niveles freáticos realizados en un periodo de 01 año, así mismo la zona en la que se plantea la Propuesta de Diseño del Sistema de drenaje de la I.E Glorioso San Carlos presenta similares características y propiedades físicas del suelo a las de la UNA - PUNO.

3.2.4 Estudio de prueba hidrogeológica.

Para realizar esta prueba experimental de campo se recurrirá a la prueba de infiltración a través de los cilindros Infiltrómetro el cual requiere los siguientes materiales: Dos juegos de cilindros Infiltrómetro cuyas dimensiones son: cilindro exterior 40cm de diámetro, cilindro interior 30 cm y 40 cm de altura respectivamente, combo de 06 libras, cronómetro, escalímetro graduado de 30 cm, dos bolsas de

polietileno de 1 m², dos baldes de agua de 18 litros de capacidad, libreta de campo y otros.

3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

3.3.1 Análisis y planteamiento del diseño e instalación del sistema de drenaje y base granular del estadio I.E. Glorioso San Carlos – Puno

Se puede observar Fig. 22, que la principal fuente de exceso de agua que se manifiesta en el área de estudio es a causa de las precipitaciones, las lluvias de altas intensidades en los meses de enero, febrero, marzo y parte del mes de abril, ocasionan un problema local de drenaje.

FIGURA 22: LÁMINAS DE AGUA POR PRECIPITACIÓN EN ÁREA DE JUEGO ESTADIO GLORIOSO SAN CARLOS



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 23: PROBLEMAS DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO GLORIOSO
SAN CARLOS – PUNO.



Fuente: Elaboracion propia

Frente a estas situaciones eventuales que se muestran en las fig. 22 y 23; que se presentan en el área de ubicación de proyecto, se plantea buscar una propuesta de diseño para el sistema de drenaje.

Así mismo estos problemas de drenaje causan un efecto de desestabilidad de los suelos de la base granular como muestran las fig. 24, en los cuales se presenta las deformaciones que sufre la superficie de los campos deportivos de estadios ejecutados a la fecha, el presente trabajo de investigación se busca como objetivos plantear un diseño del sistema de drenaje y base granular adecuado para el campo deportivo del estadio de la Institución Educativa “Glorioso San Carlos”; que dé solución en la evacuación de aguas pluviales, consistentes en drenes colectores de capacidad suficiente, por lo que su diseño está en función de los resultados del estudio hidrológico y de mecánica de suelos que se plantea.

FIGURA 24: PRESENCIA DE DEFORMACIONES DEL CAMPO DEPORTIVO



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Estudio hidrológico y meteorológico.

La información de datos, hidrométricos y meteorológicos proporcionados por el Servicio de Meteorología e Hidrología SENAMHI – 708 - PUNO, son procesados y analizados con el fin de estimar las fluctuaciones que se presentan en las instalaciones de la Institución Educativa lugar donde se efectúa el presente diseño Consistente en precipitación, temperatura, evaporación entre otros.

3.3.2.1 Precipitación anual.

Para determinar la precipitación media anual, de altura de agua caída en la zona del estudio, se determinó por medio del promedio aritmético, debido a la gran cercanía de la estación del Servicio nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI – 708 – PUNO, para cuyo efecto se toma 14 años de registros hidrológicos (2000 – 2013).

La ecuación que nos permitirá estimar, la precipitación media anual será:

$$PPA = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad \dots(3.01)$$

Dónde:

PPA = Precipitación promedio anual, mm.

P1, P2,.. Pn = Precipitaciones anuales observadas en una estación meteorológica, mm.

n = Número de precipitaciones anuales observadas.

3.3.2.3 *Calculo del caudal de escurrimiento.*

Para estimar el caudal de agua deslizada por efecto de escurrimiento superficial, en su totalidad de su superficie receptora ubicada en el perímetro del área donde se realiza la propuesta de sistema de drenaje del estadio de la I.E Glorioso San Carlos, se determinó mediante la aplicación del método racional, donde el área de drenaje, está compuesto de sub áreas o sub cuencas de diferentes características, el caudal pico proporcionado por el método racional viene expresado por la siguiente formula:

$$Q = 0.278 \sum_{j=1}^m C_j \times I \times A_j \quad \dots\dots(3.02)$$

Dónde:

Q = caudal pico, m³/seg.

I = intensidad de lluvia de diseño, mm/hora.

C_j = coeficiente de escorrentía para la subcuenca.

A = área de drenaje de la subcuenca, km².

3.3.2.4 *Coefficiente de escorrentía (C).*

La selección del coeficiente de escorrentía se sustentara en considerar los efectos de: Características de la superficie, tipo de área urbana, intensidad de lluvia (teniendo en cuenta su tiempo de retorno) y pendiente del terreno

CUADRO 20: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PROMEDIO PARA ÁREAS URBANAS PARA 5 Y 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Calles	
Pavimentos Asfálticos	0.70 a 0.95
Pavimento de Concreto	0.80 a 0.95
Pavimento de adoquines.	0.70 a 0.85
Veredas	0.70 a 0.85
Techos y Azoteas.	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 – 2%) Pendiente	0.05 a 0.10
Promedio (2-7%) Pendiente	0.10 a 0.15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 – 2%) Pendiente	0.13 a 0.17
Promedio (2-7%) Pendiente	0.18 a 0.22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0.25 a 0.35
Praderas	0.20

Fuente: Ediciones MIANO (2005) Obras de Instalaciones Sanitarias

3.3.2.5 Intensidad máxima de precipitación (I).

El cálculo de la intensidad máxima nos permite conocer los caudales de drenaje para el diseño de estructuras hidráulicas a construirse en este caso será el de un dren colector. La intensidad de lluvia de diseño se determinará considerando las precipitaciones Máximas Diarias Anuales de la Estación Pluviométrica de Puno (datos de SENAMHI) considerando el periodo (2000-2013).

A su vez para determinar la intensidad máxima de precipitación que se presenta en el área del proyecto se considera el obtenido en el trabajo de investigación del proyecto PRORRIDRE para la microcuenca Salcedo - Puno, con un periodo de registro de 10 años a una altura de 3825 m.s.n.m. el que consideraremos para nuestra

Propuesta del Sistema de Drenaje y Base Granular de la I.E Glorioso San Carlos por ser de características similares.

CUADRO 21: RELACIÓN ENTRE INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/hr), FRECUENCIA (F), TIEMPO DE RETORNO (Tr), INTERVALO DE DURACIÓN (min).

N°	(f)	(Tr) AÑOS	INTERVALO DE DURACION EN MINUTOS					
			5'	15'	30'	60'	120'	240'
1	1/11	11	52	52	40.2	33.6	17.95	12.03
2	1/5.5	5.5	49.2	34.75	34.75	25	15.5	8.32
3	1/3.7	3.7	45.6	31.2	28.5	20.9	13.02	7.95
4	1/2.8	2.8	36.6	28.5	25	20.76	12.5	7.51
5	1/2.2	2.2	32.4	25	20.76	19.03	11.95	6.98
6	1/1.8	1.8	31.2	23.52	20.11	18	8.64	5.53
7	1/1.6	1.6	23.52	20.76	18	12.45	7.97	4.45
8	1/1.4	1.4	22.5	19.5	17	11.75	7.35	3.65
9	1/1.2	1.2	21	18	15.4	11.57	6.84	3.47
10	1/1.1	1.1	18	16.2	13.21	10	5.87	2.94

Fuente: “Análisis de Precipitaciones máximas de 24 horas”. Proyecto PRORRIDRE Puno – Perú.

3.3.3 Método de estudio del problema de drenaje.

3.3.3.1 Estudio topográfico.

En los diferentes trabajos de ingeniería la aplicación de la topografía de campo y gabinete, es de suma importancia, pues permite proporcionar una información básica para múltiples diseños de infraestructuras, en el presente estudio se recopiló los planos topográficos existentes en la oficina de ingenierías de la empresa constructora ICOSAC, el cual realiza la construcción de la infraestructura educativa del Colegio Glorioso San Carlos – Puno. Y para mayor detalle del área afecto a drenaje.

3.3.3.2 Determinación de las propiedades físicas de la base granular.

El conocimiento de las propiedades físicas del suelo en los que se ejecuta un proyecto de ingeniería, es de suma importancia la identificación de suelos ya sea de origen orgánico y de rocas meteorizadas. Para describir los suelos con gran facilidad, existe un patrón llamado “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” en criterios de granulometría, por el cual se clasifican los suelos en categorías o grupos con propiedades definidas. El estudio de las propiedades del suelo que compone la base granular y subsuelo de la Institución educativa Glorioso San Carlos para la propuesta de diseño del sistema de drenaje y base granular para el estadio del colegio San Carlos – Puno se realiza sobre una superficie de 4515.00 m², área que se dispondrá a diseñar su drenaje y la conformación granulométrica de la base granular drenante; en los resultados del presente trabajo de investigación experimental, se optó en dos fases:

1. Fase campo:

Consistió en la obtención de muestras de suelos los que servirán como componente de la base granular drenante, destinados como soporte del campo deportivo en estudio.

2. Fase laboratorio:

Comprende la determinación textural según su agrupación y especificaciones de graduación de la base granular drenante, además de realizar los ensayos de campo y laboratorio de la base granular, con el fin de determinar sus propiedades como terreno deportivo los cuales se describen en el presente cuadro N° 22.

CUADRO 22: ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS FISICOS EDAFICOS Y MECANICOS	
PROPIEDAD	METODO
Granulometría	Mecánica e hidrométrica
Densidad aparente (Da). Densidad real (Dr).	
Porcentaje de humedad	Gravimétrico
Porcentaje de absorción. Porosidad total	
Clasificación de suelos	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
Infiltración	Anillos infiltrometros
Control de compactación	Proctor modificado
Resistencia al desgaste	Abrasión los ángeles
ENSAYOS QUIMICOS	
Resistencia a inalterabilidad	Método de Sulfato de sodio

Fuente: Elaboración Propia en base a pruebas de laboratorio a realizar.

3.3.3.3 Determinación textural.

La textura del suelo, es la característica morfológica más esencial que se debe determinar en todo estudio de suelos, pues nos indica la proporción que existe entre las diferentes fracciones granulométricas como: arena, limo y arcilla.

El empleo de diversos métodos, para la determinación de la distribución de las partículas de un suelo, está en función de sus características físicas del suelo, de ser grano fino o grueso, que muchas veces para mayor seguridad en los diversos estudios es determinado a través del uso de los siguientes métodos:

- Análisis por tamizado.
- Análisis al tacto.

Para determinar la clase textural del suelo que debe componer la base granular para el campo deportivo, se realizó con muestras traídas de la cantera del río

Cutimbo que posteriormente los resultados de la distribución de las partículas fueron obtenidas en el laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, mediante el Análisis al Tacto y el análisis granulométrico por tamizado previo lavado.

De donde el primer método, en forma generalizada se utilizó en el campo durante el sondeo, la segunda se utilizó para suelos ligeros con presencia de suelos finos, cuyo procedimiento consiste en dejar secar la muestra durante 24 horas a una temperatura promedio 110°C, luego es pesada la muestra en un promedio de 500 gr. El cual es sometido a un lavado simple, vertiendo el agua turbia, haciéndola pasar por el tamiz N° 200, luego es añadida agua limpia y es repetido este proceso de lavado hasta que el agua de lavar permanezca limpia, finalmente la muestra es secado y pesado con el fin de realizar el ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado, la diferencia en pesos, entre la muestra original y la muestra lavada en seco, es añadido al peso del material retenido en la cazoleta, para determinar el peso del suelo que pasa por el tamiz N° 200. Los resultados se interpretaron a través de las tablas del “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” SUCS.

3.4 GRANULOMETRIA EN SUELOS

A comienzos de la investigación de las propiedades de los suelos se creyó que las propiedades mecánicas dependían directamente de la distribución de las partículas constituyentes según su tamaño; por ello era preocupación especial de los ingenieros la búsqueda de métodos adecuados para obtener tal distribución.

Solamente en suelos gruesos, cuya granulometría puede determinarse por mallas, la distribución por tamaños puede revelar algo de lo referente a las propiedades físicas del material; en efecto, la experiencia indica que los suelos gruesos bien graduados, o sea con amplia gama de tamaños, tiene comportamiento

ingenieril más favorable, en lo que atañe a algunas propiedades importantes, que los suelos de granulometría muy uniforme; en capítulos posteriores, habrá ocasión de resaltar este punto.

En suelos finos en estado inalterado, las propiedades mecánicas e hidráulicas dependen de su estructuración e historia geológica, el conocimiento de su granulometría, resulta totalmente inútil, sin embargo el ingeniero interesado en suelos debe estar suficientemente familiarizado con los criterios técnicos basados en la distribución granulométrica y con los métodos más importantes para su determinación, pues estos temas ocupan aun un espacio apreciable dentro de la literatura técnica y se hace necesario al ingeniero moderno estar más informado sobre esta materia que aquellos que, sin la conveniente meditación de sus ideas, aplican normas simplistas, conducentes a conclusiones inaceptables.

3.4.1 Clasificación e identificación de suelos.

CUADRO 23: CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO

CLASIFICACION DE SUELOS Y MEZCLA DE SUELO - AGREGADO							
Clasificación general	Materiales Granulares (35%, o menos, pasa el tamiz N° 200)			Materiales limo - arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
Grupos	A - 1	A - 3*	A - 2	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10(2.00 mm)	50 max.	51 max.					
N° 40(0.425mm)	25 max.	10 max.	35 max.	36 mix.	36 mix.	36 mix.	36 mix.
N° 200(0.075mm)							
Características del material que pasa el tamiz N° 40(0.425mm): límite líquido índice de plasticidad	6 max.	N.P.		40 max. 10 max.	41 max. 10 max.	40 max. 11 max.	41 max. 11 max.
Índice de Grupo	0	0	4 max.	8 max.	12 max.	16 max.	20 max.
Terreno de Fundación	Excelente a bueno			Regular a malo			

*La colocación de A-3 antes de A-2, se hace únicamente por razones de ordenamiento

Fuente: AASHTO

3.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos.

Según se dijo, este sistema está basado en el aeropuerto, hasta el grado que pueda decirse que es el mismo con ligeras modificaciones.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

3.4.3 Suelos gruesos.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado se especifica abajo.

- a. arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (sand).
- b. Gravas y suelos en que predominen estas. Símbolo genérico G (gravel).

Las gravas y las arenas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en malla 200) no pasa la malla N° 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

1. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW Y SW.
2. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SW.

3. Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay).
prácticamente limpio de finos, mal graduado. En combinación con los
símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW Y SW.
4. Símbolo W (well graded). bien graduado. Símbolo P (poorly graded). En
combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC Y SC.

3.4.4 Suelos finos.

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a. Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del seco mo y mjala).
- b. Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay).
- c. limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic).

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade el símbolo genérico la letra L (low compressibility), obteniéndose por estas combinaciones los grupos ML, CL, y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH, y OH.

Ha de notarse que las letras L y H, no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (LL e I_p), mientras que en el caso actual solo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es

una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más comprensible a mayor límite líquido.

También es preciso tener en cuenta que el termino comprensibilidad tal como aquí se trata, se refiere a la pendiente del tramo virgen de la curva de comprensibilidad y no a la condición actual del suelo inalterado, pues este puede estar seco parcialmente o preconsolidado.

3.4.5 Identificación de suelos.

El problema de la identificación de suelos es de importancia fundamental en la ingeniería; identificar un suelo es, en rigor, encasillarlo dentro de un sistema previo de clasificación. En el caso concreto de este trabajo, es colocarlo en alguno de los grupos mencionados dentro del sistema unificado de clasificación de suelos; obviamente en el grupo que le corresponde según sus características. La identificación permite conocer, en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndole las del grupo en que se situó; naturalmente, según ya se dijo, la experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda sacar de la clasificación. En el sistema unificado hay criterios para clasificación de suelos en el laboratorio; estos criterios de tipo granulométrico y de investigación de características de plasticidad. Estos criterios, simples y expeditos, se detallan a continuación.

3.4.6 Identificación en campo de suelos gruesos.

Los materiales constituidos por partículas gruesas se identifican en el campo sobre una base prácticamente visual. Extendiendo una muestra seca del suelo sobre una superficie plana puede juzgarse, en forma aproximada, de su graduación, tamaño partículas, forma y composición mineralógica. Para distinguir las gravas de

las arenas puede usarse el tamaño ½ cm., como equivalente a la malla N° 4, y para la estimación del contenido de finos basta considerar que las partículas de tamaño correspondiente a la malla N° 200 son aproximadamente las más pequeñas que pueden distinguirse a simple vista. En lo referente a la graduación del material, se requiere bastante experiencia para diferenciar, en examen visual, los suelos bien graduados de los mal graduados. Esta experiencia se obtiene comparando graduaciones estimadas, con las obtenidas en laboratorio, en todos los casos en que se tenga oportunidad. Para examinar la fracción fina contenida en el suelo, deberán ejecutarse las pruebas de identificación de campo de suelos finos que se detallaran adelante, sobre la parte que pase la malla Nª 40; si no se dispone de esta malla, el cribado puede sustituirse por una separación manual equivalente.

En ocasiones puede ser importante juzgar la integridad de las partículas constituyentes de los suelos, en cuyo caso será preciso un examen especialmente cuidadoso. Las partículas procedentes de rocas ígneas sanas se identifican fácilmente; las partículas intemperizadas se reconocen por las decoloraciones y la relativa facilidad con que se desintegran.

FIGURA 25: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN PORCENTAJE RETENIDO

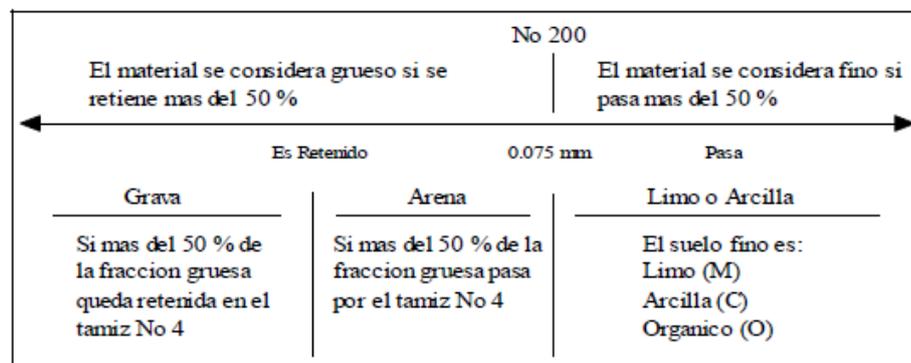
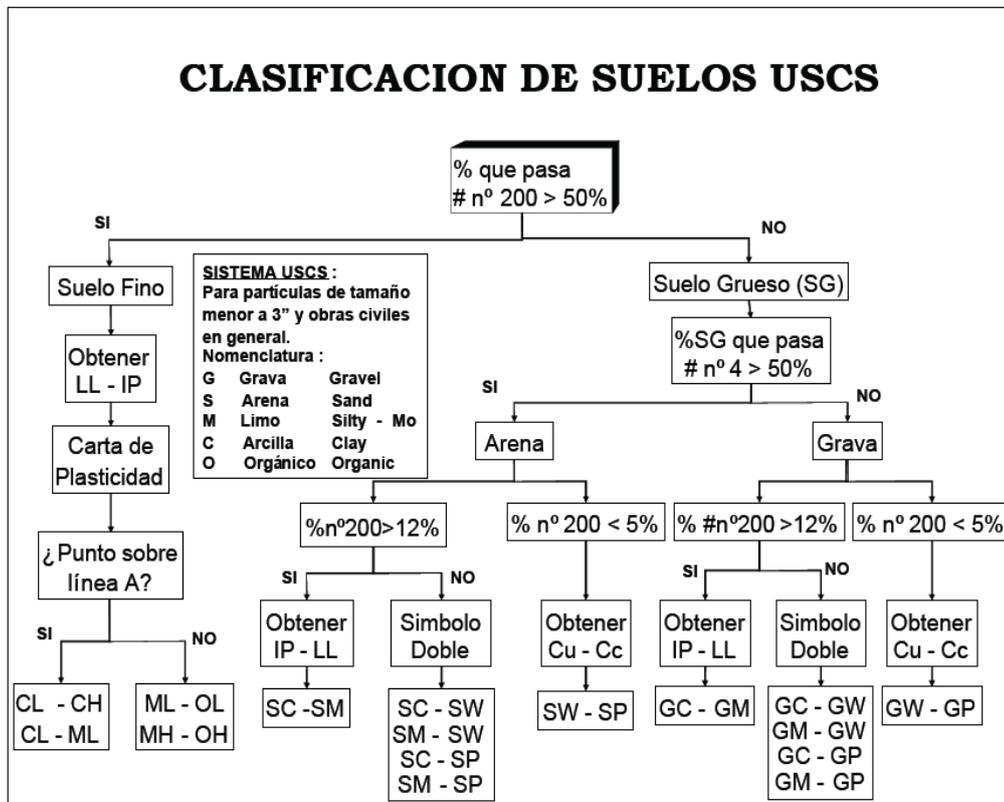


FIGURA 26: CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS – SELECCIÓN DEL TIPO DE MAQUINA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO.



SELECCIÓN DEL TIPO DE MÁQUINA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN AASHTO (Dujisin y Rutland, 1974)

	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Rodillo Liso	1	2	2	1	1	1	2	2	3	3	4
Rodillo Neumático	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3
Rodillo Pata de Cabra	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1
Pisón impacto	2	2	1	2	2	2	4	4	4	4	4
Rodillo vibratorio	1	1	1	1	1	3	4	3	3	5	5

Clasificación del comportamiento del equipo :

1 Excelente

2 Bueno

3 Regular

4 Deficiente

5 Inadecuado

3.5 ESTUDIO Y COMPORTAMIENTO DEL ACUIFERO SUPERFICIAL.

3.5.1 Evaluación del nivel freático y flujo subterráneo.

Las medidas de fluctuación del nivel freático, fueron evaluados mediante la ubicación y excavación de calicatas de observación que se realizaron en el estudio de suelos con fines de cimentación por el Ing. Daniel Coila Quizá para la ejecución de la infraestructura de la Institución Educativa Glorioso San Carlos – Puno; en los cuales se observa la ubicación del nivel freático a diferentes profundidades.

Así mismo para determinar la fluctuación del nivel freático se procedió a realizar los cálculos mediante un traslado de cotas debido a que el área donde se ubica el estadio Glorioso San Carlos, cuenta con similares características de las propiedades físicas del suelo comparadas con el área de la Universidad Nacional del altiplano donde se tiene un estudio de ubicación y fluctuación de los niveles freáticos y de esta manera poder tener conocimiento de las variaciones del nivel freático en el área de ubicación de la I.E. Glorioso San Carlos donde se desarrolla el planteamiento del diseño del sistema de drenaje y base granular.

3.5.2 Identificación de constantes hidráulicas de la base granular.

A. Determinación de la conductividad hidráulica y porosidad.

Para determinar la conductividad hidráulica (K) y porosidad del suelo de la base granular, se realizara según las tablas existentes que clasifican la conductividad hidráulica de acuerdo a las características de textura y estructura del suelo y según la rapidez del movimiento del agua en el suelo.

CUADRO 24: INTERVALOS DE MAGNITUD DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

TEXTURA Y ESTRUCTURA	K (m/d)
Arena gruesa con grava	10 - 50
Franco Arenoso; arena fina	1 - 5
Franco, Franco arcilloso bien estructurado	1 - 3
Franco Arenoso muy fino	0.5 - 2
Arcilla con grietas	0.5 - 2
Arena muy fina	0.2 - 0.5
Franco arcilloso, arcilloso mal estructurado	0.02 - 0.2
Arcilla compacta	< 0.002

Fuente: Billón Béjar (2004). “Drenaje”

CUADRO 25: CLASIFICACIÓN DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, SEGÚN SU RAPIDEZ DE MOVIMIENTO

	Conductividad Hidráulica (cm/h)	Conductividad Hidráulica (m/día)
Muy lenta	< 0.1	< 0.03
Lenta	0.1 - 0.5	0.03 - 0.12
Moderadamente lenta	0.5 - 2	0.12 - 0.5
Moderada	02 - 06	0.5 - 1.5
Moderadamente rápida	06 - 12	1.5 - 3.0
Rápida	12 - 18	3.0 - 4.5
Muy rápida	> 18	> 4.5

Fuente: Billón Béjar (2004). “Drenaje”

CUADRO 26: VALORES APROXIMADOS DE LA PERMEABILIDAD (K) EN DISTINTOS MATERIALES

TIPO DE TERRENO	K(m/día)	CLASIFICACION	CAPACIDAD DE DRENAJE
Grava limpia	> 1000	Buen acuíferos	Buen drenaje
Arena limpia mezclada de grava y arena	1000 - 10	Buen acuíferos	Buen drenaje
Mezcla de arenas medias y finas	10 – 5	Buen acuíferos	Buen drenaje
Arena fina con limos.	5 – 1	Buen acuíferos	Buen drenaje
Mezcla de arena fina limo y arcillas.	1 – 0.1	Acuíferos pobres	Buen drenaje
Limos.	0.1 – 0.001	Acuíferos pobres	Regular drenaje
Arcillas no meteorizadas.	< 0.001	Impermeable	Mal drenaje

Fuente: Billón Béjar (2004). “Drenaje”

CUADRO 27: INTERVALOS DE POROSIDAD REPRESENTATIVOS PARA MATERIALES

MATERIA	POROSIDAD
Suelos	50 – 60
Arcillas	45 - 55
Limo	40 - 50
Arena uniforme	30 - 40
Grava	30 - 40
Grava y arena	20 - 35
Arenisca	10 - 20
Pizarra	1 - 10
Caliza	1 - 10

Fuente: Billón Béjar (2004). “Drenaje”

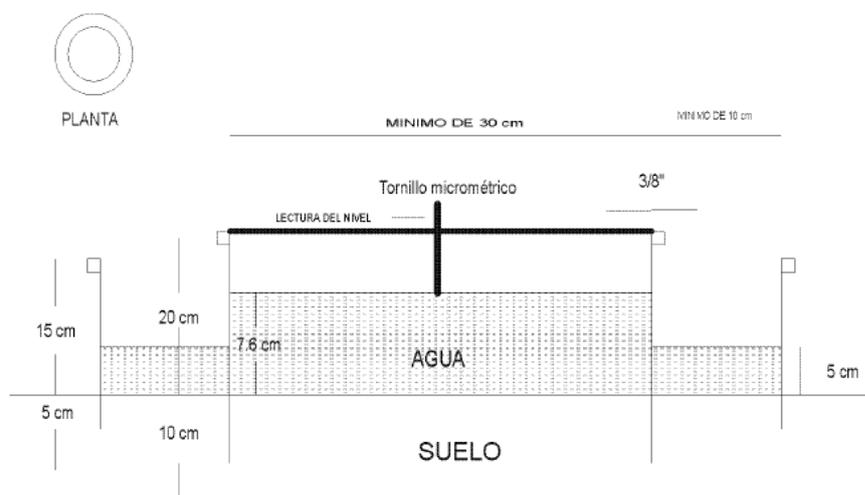
B. Pruebas de infiltración.

En un diseño del sistema de drenaje, su principal interés es de cuantificar la velocidad del agua de lluvia, en que esta se infiltra en un suelo, una infiltración lenta o rápida, permitirá simular la recarga superficial que será provocada, por una lámina de lluvia, en un tiempo dado.

En épocas de lluvia donde la precipitación pluvial es bastante significativa, constituye uno de los factores de recarga de gran importancia; esta ha sido evaluada en el área del campo deportivo de la I.E Glorioso San Carlos – Puno, a través del método de cilindros infiltrómetros, en un número de 02 pruebas, ejecutándose en lugar donde el estrato de la base granular es mayor, cuya instalación consistió en los siguientes pasos:

1. Instalación y operación de cilindros infiltrómetros, consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc., dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medidas aproximadas de 40 cm de alto, de 30 y 45 cm de diámetro respectivamente, según se muestra en la figura siguiente:

CUADRO 28: INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CILINDROS
INFILTROMETROS



Se coloca una placa de acero sobre ellos y se golpea hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm. Los cilindros deben estar a nivel. Una vez instalados, se llena de agua el anillo exterior, se cubre el anillo interior con un plástico lo más adherido a las paredes posible, se vierte agua y se mide el tirante con ayuda de un tornillo micrométrico o de una regla. Entonces empieza la prueba quitando el plástico rápidamente midiendo el tirante nuevamente y tomando el tiempo. Las lecturas se hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo a agregar agua cuando se requiera (al hacer esto, al tiempo se le denomina tiempo muerto). Después de una a tres horas, cuando el nivel del agua varíe muy poco o nada, la prueba habrá terminado.

La explicación de usar dos anillos, es la de que el anillo exterior cuando se le vierte agua va a impedir que el agua del anillo interior fluya en sentido horizontal, esto causaría errores en la determinación de la infiltración en la cual se supone el flujo del agua es en sentido vertical.

2. Cálculo y registro de datos.

3. Los resultados de los parámetros de infiltración se procedieron a calcular por el método de regresión simple y son interpretados a través de los valores propuestos por:

CUADRO 29: RELACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

TIPO DE ESTRUCTURA	VELOCIDAD DE INFILTRACION
Granular	Rápida
Migajosa	Rápida
Laminar	Lenta
Bloques angulares	Lenta
Bloques subangulares	Moderada
Prismática	Moderada
Columnar	Moderada

Fuente: Cisneros Almazán R. (2003). “Riego y Drenaje”

CLASIFICACION	MAGNITUD (cm/hr)	CARACTERISTICAS
MUY LENTA	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla
LENTA	0.25 - 1.75	Suelos con un alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados
MEDIA	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos
RAPIDA	> 2.50	Suelo arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación

Fuente: Cisneros Almazán R. (2003). “Riego y Drenaje”

Para la determinación y obtención de resultados de la velocidad de infiltración se realizó por la ecuación propuesta por Kostiakov – Lewis.

$$I = kt^n \dots\dots\dots (3.03)$$

Dónde:

I = Velocidad de Infiltración, cm/hr.

t = Tiempo, min.

k = Parámetro que representa la velocidad de infiltración.

n = Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo ($-1.0 < n < 0$).

Para obtener los valores de k y n del modelo de Kostiakov – Lewis, se utilizó el método de regresión lineal simple por ser el más preciso.

4. Aplicación del método de regresión lineal simple, necesitamos linealizar la ecuación aplicando logaritmos a ambos términos, de esta forma se obtiene:

$$\log I = \log k + \log t \dots\dots\dots(3.04)$$

Que correspondería a una ecuación del tipo de una recta:

$$Y = b_0 + b_1 X \dots\dots\dots (3.05)$$

Dónde:

$$Y = \log I$$

$$b_0 = \log k$$

$$b_1 = n$$

$$X = \log t$$

Además:

Y = Velocidad de infiltración.

X = Tiempo.

b_1 = Se calcula como:

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (3.06)$$

$$\bar{Y} = b_0 + b_1 \bar{X} \qquad b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

Ahora considerando la ecuación linealizada

$$\log I = \log k + \log t \dots\dots\dots(3.07)$$

$$b_0 = \log k$$

Por tanto: $k = \text{anti log } b_0$

Además: $b_1 = n$

Finalmente el modelo Kostiakov – Lewis será:

$$I = kt^n \dots\dots\dots (3.08)$$

Coefficiente de correlación de confiabilidad (r), del modelo obtenido.

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sqrt{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}} \dots\dots\dots(3.09)$$

3.5.3. Drenaje interno o subterráneo.

El drenaje interno, se fundamenta en la determinación del espaciamiento que permite el drenaje del subsuelo y en el dimensionamiento de la red a través de fórmulas y monogramas que obedecen a dos clases de régimen; permanente y variable, que a su vez depende de Normas de Drenaje y Criterios de Drenaje

3.5.4 Cálculos hidráulicos.

Los parámetros básicos que se deben tomar en cuenta para el diseño de una red de drenajes son: profundidad de los drenes, espaciamiento entre drenes, dimensiones de las zanjas (diámetro de los tubos); los demás parámetros de diseño son elementos locales, tales como: coeficiente de drenaje; conductividad hidráulica; tiempo máximo que se debe drenar en función de la jornada de juego;

micro porosidad del suelo; y sentido de flujo del nivel freático. Su cálculo debe incluir drenajes primarios o colectores, secundarios, para después agregar los drenajes terciarios y los cuaternarios. Su construcción se debe hacer en base a un estudio detallado y no siguiendo tradiciones de la zona o tratando de copiar sistemas.

3.5.5 Profundidad de los drenes.

El sistema de drenaje planteado en el presente estudio fue el subterráneo, consistente en la construcción de drenes interceptores o drenes laterales con la finalidad de captar el flujo sub superficial y de esta forma lograr drenar los estratos o capas saturadas.

La profundidad de ubicación de los drenes laterales se realizó de acuerdo a consideraciones de la topografía o consideraciones existentes de infraestructura, en el presente trabajo de investigación la profundidad de ubicación de los drenes será con respecto a infraestructuras de drenaje existentes en la institución educativa Glorioso San Carlos.

3.5.6 Calculo del espaciamiento entre drenes.

En el diseño de un sistema de drenaje subterráneo, se debe conocer cuál debe ser la separación más adecuada entre los drenes de campo, los cuales se instalan generalmente en forma paralela.

Existen métodos analíticos, gráficos para su determinación, por lo que son necesarios ciertos parámetros fundamentales del flujo, tales como: La conductividad hidráulica del medio, geometría limitante del flujo, intensidad de la recarga; quienes deben ser considerados con bastante atención en su determinación.

En el presente trabajo, para estimar el espaciamiento entre drenes subterráneos, se optó por utilizar ecuaciones propuestas:

3.5.7 Formulas para el regimen no permanente.

3.5.7.1 Método de Glover – Dumm.

$$L^2 = \frac{\pi^2 Kdt}{\mu L n \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right)} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$h_t = 1.16 h_0 \sum_{n=1-3\dots}^{i=\infty} \frac{1}{n} e^{-(n^2 t / j)} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$t = j L n \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \dots\dots\dots (3.14)$$

$$h_0 = \frac{P}{\mu} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$j = \frac{\mu_1 L^2}{\pi^2 \left[K_1 \left(\frac{h_0 + h_t}{2} \right) + K_2 D_2 \right]} \dots\dots\dots (3.16)$$

Dónde:

L = Espaciamiento o separación entre drenes, m.

P = Lluvia crítica de diseño (aquella que es igualada o superada 5 veces en el año), m.

h₀ = Altura máxima alcanzada capa freática al finalizar la lluvia en m.

h_t = Posición final capa freática un tiempo después de finalizada la lluvia, h₀ debe ser mayor a la permitida por las Normas de Drenaje, m.

t = Tiempo de evacuación del perfil del suelo después de finalizada la lluvia en días.

m = Porosidad drenable en % o en fracción.

K = Conductividad hidráulica o permeabilidad, m/día.

D = Espesor de máxima resistencia al flujo del agua hacia los drenes, m.

j = Coeficiente de almacenamiento, día.

n = $-1^{(N-1)} \cdot (2N-1)$, serie.

Nota: Para suelos estratificados el problema se reduce al cálculo de “j” en función del estrato en que se encuentre el nivel freático para luego aplicar la ecuación como si se tratase de un suelo homogéneo.

3.5.7.2 Método de Jenab.

$$L = \frac{1}{C} \sqrt{\frac{4tKD_h}{\phi}} \dots\dots\dots (3.17)$$

$$D_h = d + \frac{h_0 + h_t}{4} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$d = \frac{D}{\frac{8}{\pi} \times \frac{D}{L} \ln\left(\frac{D}{p}\right) + 1} \dots\dots\dots (3.19)$$

$$D(Un) = \frac{h_t}{h_0} \dots\dots\dots (3.20)$$

$$p = b + 4r \dots\dots\dots (3.21)$$

Dónde:

L = Espaciamiento de drenes, m.

K = Conductividad Hidráulica, m/día.

d = Estrato equivalente de Hooghoudt, m.

D = Profundidad del estrato equivalente, m.

h_0 = Altura inicial sobre el nivel de los drenes m.

h_t = Altura sobre el nivel de los drenes, al cabo de un tiempo t , m.

C = Valor que se obtiene del monograma que se indica en el anexo grafico N° 08; expresado en función de $h_t/h_0=D(U_n)$, que a su vez representa la función de drenaje.

t = Tiempo necesario, para que el agua baje de una posición h_0 , a la posición h_t , días.

p = Perímetro mojado del dren, m.

\emptyset = Espacio poroso drenable, m/m.

3.5.7.3 Método de Hooghoudt:

$$L = \sqrt{\frac{8K_2hd}{R} + \frac{4K_1h^2}{R}} \dots\dots\dots (3.22)$$

$$D_h = d + \frac{h_0 + h_t}{4} \dots\dots\dots (3.23)$$

$$d = \frac{D}{\frac{8}{\pi} \times \frac{D}{L} \ln\left(\frac{D}{p}\right) + 1} \dots\dots\dots (3.24)$$

$$P = b + 4r \dots\dots\dots (3.25)$$

Dónde:

L = Espaciamiento de los drenes, m.

h = Carga hidráulica en el punto medio entre drenes, m.

D_h = Estrato donde se da el flujo horizontal, m.

K₁, K₂ = Conductividad hidráulica de la capa del suelo encima del nivel de drenes, m/día.

d = Espesor del estrato equivalente de Hooghoudt, m.

R = Cantidad de agua que hay que drenar o descarga normativa, m/día.

3.5.9 Determinación de la carga hidráulica.

3.5.9.1 Método de Dagan.

$$H = \frac{RL}{K_2} \times \frac{1}{1 - \frac{R}{K_1}} F_0 \dots\dots\dots (3.26)$$

$$F_0 = \frac{1}{4} \left(\frac{L}{2D} - \beta \right) \dots\dots\dots (3.27)$$

$$\beta = \frac{2}{\pi} \ln \left(2 \cosh \frac{\pi r}{D} - 2 \right) \dots\dots\dots (3.28)$$

Dónde:

H = Carga hidráulica en el punto medio entre drenes, m.

R = Cantidad de agua que hay que drenar o descarga normativa, m/día.

L = Espaciamiento de los drenes, m.

K₁, K₂ = Conductividad hidráulica de la capa del suelo encima del nivel de drenes, m/día.

Fo = Función de Dagan.

r = Radio de la tubería del dren, para el caso de drenes abiertos:

$$r = p/\pi.$$

3.5.9.2 Método de Ernts.

$$h = R \left[\frac{2D_1}{K_1} + \frac{h-2D_1}{K_2} \right] + R \frac{L^2}{8(K_1D_1 + K_2D_2)} + R \frac{L}{\pi K_2} \ln \frac{Dr}{p} \dots\dots\dots (3.29)$$

$$h_v = R \left[\frac{2D_1}{K_1} + \frac{h-2D_1}{K_2} \right] \dots\dots\dots (3.29a)$$

$$h_h = R \left[\frac{L^2}{8(K_1D_1 + K_2D_2)} \right] \dots\dots\dots (3.29b)$$

$$h_i = R \left[\frac{L}{\pi K_2} \ln \frac{Dr}{p} \right] \dots\dots\dots (3.29c)$$

Dónde:

h = Altura de tabla de agua en el punto medio entre dos drenes, m.

R = Recarga por unidad de área superficial, m/día.

D₁=Mitad del espesor de la tabla de agua del estrato superior, m.

D₂ =Espesor del estrato inferior, m.

D_r = Espesor del estrato donde se realiza el flujo radial, m.

K₁, K₂ = Conductividad hidráulica de la capa del suelo encima del nivel de drenes, m/día.

P= Perímetro mojado del dren, m.

3.6 CALCULO HIDRAULICO DE LOS DRENES CON TUBERIAS.

3.6.1 Calculo del caudal en drenes laterales.

La descarga total a eliminarse por los drenes laterales, es determinado mediante el empleo de la ecuación planteada por: Darcy – Weisbach

3.6.1.1 Caudal a Descargar

$$Q = 1000 \times q \times L \times Ld$$

$$Q = 1000 \times q \times A \dots\dots\dots (3.30)$$

Dónde:

Q = Descarga total del dren, Lts/seg

q = Descarga especifica máxima, m/día.

L = Distancia entre los drenes, m.

Ld = Longitud del dren lateral, m.

A = Área de Influencia o tributaria, m².

✓ **Calculo del Área Corregida Ac para tuberías lisas.**

$$Ac = \frac{A}{\% \text{ Red. } d.} \dots\dots\dots (3.31)$$

Dónde:

Ac = Área Corregida, m².

%Red. = Reducción de la capacidad de la tubería (tuberías laterales 60%).

A = Área a drenar, m².

✓ **Calculo de caudal ficticio (Qf).**

$$Qf = \frac{q \times A}{86400 \times 10^3} \dots\dots\dots (3.32)$$

3.6.1.2 Cálculo y Dimensionamiento de los Drenes

Una vez conocido el caudal a eliminar por los drenes, el paso siguiente es el cálculo del diámetro y la determinación de la longitud de los drenes del campo deportivo. La estimación de los diámetros adecuados, de las tuberías de drenaje se determinó a través de las siguientes ecuaciones:

3.6.1.3 Drenes Corrugados y Lisos.

✓ Drenes corrugados

$$d = 0.2557Q^{0.375}S^{-0.187} \dots\dots\dots (3.33)$$

$$Q = 38d^{2.667}S^{0.5} \dots\dots\dots (3.34)$$

✓ Drenes lisos.

$$d = 0.193Q^{0.368}S^{-0.211} \dots\dots\dots (3.35)$$

Así mismo se indica que la pendiente mínima es de 0.30% y la máxima de 8%.

Para tuberías.

Dónde:

D=Diámetro interior del dren, m.

Q= Caudal a eliminar, m³/seg.

S = Gradiente hidráulico, sin dimensiones.

3.6.1.4 Pendiente de las Líneas de Drenaje.

En una línea de diseño de tubos de drenaje, debe tenerse presente una gradiente mínima y máxima, con el objeto de que los drenes no acumulen sedimentos, esta gradiente mínima no deben ser menor a 1°/oo. Por lo que se recomienda para el diseño lo indicado en el siguiente cuadro:

CUADRO 30: PENDIENTES MÍNIMAS PARA DRENES TUBULARES

TAMAÑO DEL TUBO		PENDIENTES MÍNIMAS	VELOCIDAD A FLUJO COMPLETO
<i>mm.</i>	<i>Pulg.</i>	(%)	(<i>m/seg.</i>)
75	3	0.2	0.29
100	4	0.1	0.25
125	5	0.17	0.24
150	6 o >	0.05	0.23 o >

Fuente: Glenn O. S. (1990) “Ingeniería y conservación de suelos y aguas”

En el diseño del presente trabajo de investigación, se optó por utilizar las recomendaciones indicadas anteriormente.

3.6.1.5 Calculo del Caudal y Diámetro de los Colectores.

El cálculo del caudal y diámetro de los colectores se determinó a partir de las ecuaciones planteadas por Manning,

Según *Lunthin, J. N. (1986)*, citado por Balboa, M. (1), indica que la evacuación de aguas subsuperficial puede ser evaluada a través de la ecuación generalizada por Manning, combinando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad, la expresión que se obtiene es:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (3.36)$$

Dónde:

Q = Caudal, m³/seg.

n= Coeficiente de rugosidad.

A= Área, m².

R = Radio hidráulico, m.

S = Pendiente del terreno.

3.6.1.6 Determinación del Tipo de Geotextil Filtrante

Para la selección del tipo de geo textil filtrante, se consideró que debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo y cumplir con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente de la misma forma se tuvo consideración de las propiedades de resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad.

3.6.1.7 Criterio de Retención.

El geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TTA \leq D_{85} \times B \quad \dots\dots\dots (3.37)$$

Dónde:

TTA = Tamaño de abertura dato suministrado por el fabricante, mm.

D85 = Tamaño de partículas en (mm), cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de este. Este dato se obtiene de la curva granulométrica en consideración.

B = Coeficiente que varía entre 1 – 3, depende del tipo de suelo a drenar, de las condiciones de flujo y tipo de geotextil.

Para arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos del 50% que pasa el tamiz N° 200), B es función del coeficiente de uniformidad Cu, de la siguiente manera.

$$Cu \leq 2 \text{ o } \geq 8: \text{ Usar } B = 1 \quad \dots\dots\dots (3.38)$$

$$2 \leq Cu \leq 4: \text{ Usar } B = 0.5 * Cu \quad \dots\dots\dots (3.39)$$

$$4 < Cu < 8; \text{ Usar } B = 8/Cu \quad \dots\dots\dots (3.40)$$

$$Cu = D_{60} / D_{10}. \quad \dots\dots\dots (3.41)$$

Dónde:

- ✓ En suelos arenosos mal graduados usaremos B entre 1.5 y 2.
- ✓ Para suelos finos, (más de 50% pasa tamiz N° 200) B es función del tipo de geotextil.
- ✓ Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas usaremos B = 3.
- ✓ Se recomienda que los geotextiles mínimo deben cumplir:

$$TAA < 0.3 \text{ mm.}$$

3.6.1.8 Criterio de Permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio del cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo; para revisar la permeabilidad de geotextil tendremos en cuenta lo siguiente.

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985).

$$K_g \geq 10 * K_s \quad \dots\dots\dots (3.42)$$

Para aplicaciones no críticas:

$$K_g \geq K_s \quad \dots\dots\dots (3.43)$$

Dónde:

K_g = Permeabilidad del geotextil.

K_s = Permeabilidad del suelo.

3.6.1.9 Calculo de la Resistencia a la Deflexión o Rotura de la Tubería de Drenaje.

Para el caso de las tuberías enterradas consideraremos el cálculo de las cargas que deben soportar durante su vida útil.

3.6.1.10 Calculo de Cargas Muertas

$$Cm = \rho \times H \times D \dots\dots\dots (3.44)$$

Dónde:

ρ = Peso específico del material, kg/m³.

H = Profundidad sobre la clave del tubo, m.

D = Diámetro exterior del tubo, m

3.6.1.11 Calculo de las Cargas Vivas.

Si H se encuentra entre: 0.3 m y 0.6 m

$$Cv = \frac{P(1 + Im)}{A} T/m^2 \dots\dots\dots (3.45)$$

$$A = 3.14 H^2 + 1.4H + 0.1 \dots\dots\dots (3.46)$$

Si H es mayor que 0.6m hasta 3.0m

$$Cv = \frac{2P(1 + Im)}{A} T/m^2 \dots\dots\dots (3.47)$$

Si H es mayor a 3.0m

$$Cv = 1.0 T/m^2 \dots\dots\dots (3.48)$$

Dónde:

Cm = Carga viva, kg/m².

P = Carga concentrada aplicada por el rodillo liso, Kg.

H = Profundidad hasta la clave del tubo, m.

A = Area donde es distribuida de la Cv.

Im = Factor de Impacto.

El factor de impacto (Im) se puede calcular dependiendo:

- Si se trata de caminos y autopistas:

$$Im = \frac{0.3}{H} \dots\dots\dots (3.49)$$

3.6.1.12 Calculo de la Deflexión Máxima:

$$Dm = \frac{0.1(Cm + Cv)}{Et \left(\frac{e^3}{12r^3} \right) + 0.061Es} \dots\dots\dots (3.50)$$

$$r = \frac{D - e}{2} \dots\dots\dots (3.51)$$

Dónde:

Cm = Carga muerta, kg/cm²

Cv = Carga viva, kg/cm²

Et = Módulo de elasticidad del tubo, kg/cm².

Es = Módulo de reacción del suelo

D = Diámetro exterior del tubo de PVC, cm.

e = Espesor del tubo. cm.

r = Radio promedio del tubo, cm.

Dm = Deflexión máxima, cm.

3.7. METODO DE INSTALACION DEL CAMPO DEPORTIVO DEL ESTADIO

I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.

A continuación se detalla las etapas y forma de instalación de las diferentes partidas involucradas en una cancha de césped sintético.

- ❖ Preparación de sub base.
- ❖ Construcción del sistema de drenaje.
- ❖ Colocación de base granular permeable.
- ❖ Colocación de cobertura de césped sintético.

3.7.1. Preparación de sub base.

Esta etapa está conformada por una serie de actividades que van desde el tomar el terreno en forma natural, hasta lograr una superficie apta de juego.

3.7.2. Construcción del sistema de drenaje.

Drenaje, es cualquier medio por el cual el agua contenida en una zona fluye a través de la superficie o se infiltra en el terreno que sería en el caso de las canchas de futbol. En este tipo de obras es de vital importancia un perfecto sistema de evacuación de agua pluvial para que permita la ocupación del terreno de juego independiente de las condiciones climáticas.

El sistema de drenaje será con tuberías apaneladas ADVAN EDGE, que son las de más reciente desarrollo en drenaje superficial, consistente en un núcleo plástico (resina de polietileno de alta densidad que cumpla con los requerimientos de calidad estructural y resistencia química)

3.7.3. Colocación de la base granular drenante.

La base es la superficie que está en contacto directo con el césped sintético, por lo que debe cumplir con las especificaciones que el fabricante indique, el que brinda el soporte adecuado y tiene la capacidad de dejar pasar el agua hacia el sistema de drenaje.

3.7.4. Colocación de la cobertura de césped sintético.

Existen varias alternativas en pasto sintético, los que tienen leves diferencias según el fabricante, pero en general el proceso de funcionamiento e instalación es muy parecido, para todas las marcas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 DEL ESTUDIO HIDROLOGICO.

4.1.1 Precipitación.

En el estudio hidrológico y climatológico, se ha contado con la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMI CP – 708 PUNO. Sobre esta base de la información general de las precipitaciones medias mensuales entre los años 2,000 al 2,013, cuadro 32, Se resume en el cuadro 31, de donde se llega a las siguientes conclusiones.

CUADRO 31: RESUMEN DE DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm).

MES	Prec. Prom. (2000 - 2013)	Prec. Total (2013)
Enero	162.99	153
Febrero	157.61	175.8
Marzo	141.83	100
Abril	50.37	14.5
Mayo	9.49	22.4
Junio	3.18	12.5
Julio	3.66	1.5
Agosto	9.56	4.5
Septiembre	21.98	11.6
Octubre	46.46	32.9
Noviembre	46.9	61.4
Diciembre	107.81	117.4
TOTAL	761.84	707.5

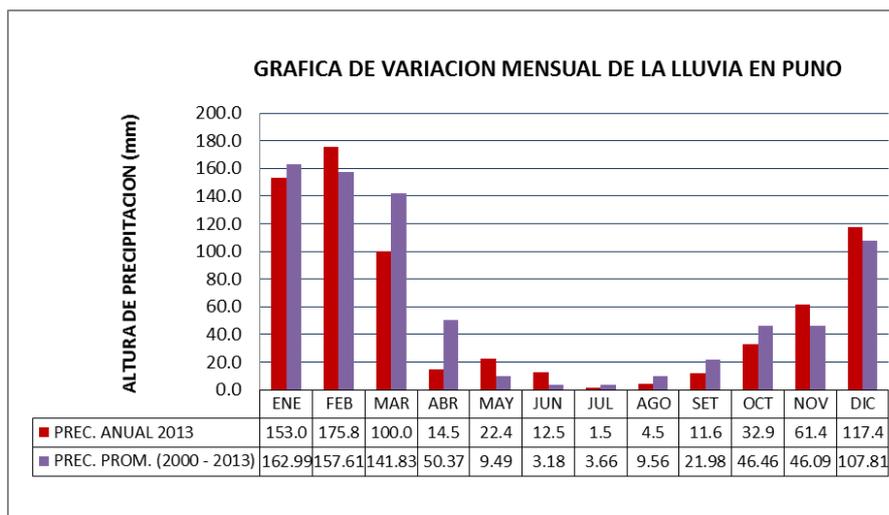
Fuente: Elaboración propia

Del resultado de 14 años hidrológicos expresados en el cuadro 31 y figura 27.

Se aprecia que la época de lluvias se inicia con mayor frecuencia desde el mes de

enero y se prolonga hasta el mes de abril. Alcanzando una mayor intensidad en los meses de Enero y Febrero con 162.99mm. Y 157.61mm. Respectivamente, produciéndose los valores más bajos en los meses de junio y julio con 3.18mm y 3.66mm.

FIGURA 27: GRAFICO DE VARIACIÓN MENSUAL DE LA LLUVIA EN PUNO



Fuente: Elaborado en base a la información meteorológica de la Estación CP – 708, Puno

Del mismo modo según el análisis del cuadro 33. Se observa que el promedio de precipitación total anual de caída en el ámbito de la I.E Glorioso San Carlos de Puno es de 761.03mm, registrándose los años más lluviosos 2001 con (1006.8mm.); y 2002 con (908.8mm.) y lluvias mínimas menores de lo normal se registró en el año Hidrológico del 2010 con (581.9mm).

CUADRO 32: DATOS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL, AÑO
HIDROLÓGICO (2000 – 2013)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO

DEPARTAMENTO: PUNO PROVINCIA: PUNO DISTRITO: PUNO INFORMACION: PRECIPITACION TOTAL
ESTACION: COD. 120708 LAT: 15°49'39.5" LONG: 70°00'43.5" ALT. 3820 m.s.n.m.
PUNO

AÑOS	ENER.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL (mm)
2000	167.1	210.0	105.1	40.3	0.4	2.3	4.2	17.9	14.6	95.8	13.9	69.0	740.6
2001	248.7	214.6	224.1	69.8	12.2	2.2	0.0	12.5	27.1	68.4	46.2	81.0	1006.8
2002	129.6	180.0	170.6	105.3	15.4	21.1	22.7	30.6	11.6	65.9	43.8	112.2	908.8
2003	174.5	114.4	113.4	46.1	36.7	4.8	0.2	9.6	42.9	25.4	14.3	131.8	714.1
2004	208.9	125.2	115.5	29.2	6.2	0.0	10.2	43.0	34.3	5.6	41.2	59.1	678.4
2005	103.3	157.9	134.6	45.7	0.4	0.0	0.0	0.0	11.8	39.5	80.5	100.8	674.5
2006	291.1	64.3	159.6	44.6	0.9	0.0	0.0	0.6	21.2	37.4	53.8	101.5	775.0
2007	84.8	171.0	236.7	49.7	10.6	0.0	3.3	1.5	61.3	77.0	44.2	74.1	814.2
2008	209.7	85.8	95.0	8.4	6.8	1.4	0.2	0.8	2.4	79.4	27.2	144.2	661.3
2009	154.0	136.1	148.3	133.0	0.0	0.0	2.5	0.0	16.4	56.4	88.9	62.5	798.1
2010	99.3	192.8	56.3	12.3	16.1	0.0	0.0	7.1	2.9	33.4	15.0	146.7	581.9
2011	122.4	202.9	116.5	46.8	4.8	0.0	6.4	0.2	45.8	25.7	45.3	151.3	768.1
2012	135.4	175.8	209.9	59.5	0.0	0.2	0.0	5.6	3.8	7.6	69.5	157.8	825.1
2013	153.0	175.8	100.0	14.5	22.4	12.5	1.5	4.5	11.6	32.9	61.4	117.4	707.5
PROM	162.99	157.61	141.83	50.37	9.49	3.18	3.66	9.56	21.98	46.46	46.09	107.81	761.03
MAXIMA	291.10	214.60	236.70	133.00	36.70	21.10	22.70	43.00	61.30	95.80	88.90	157.80	1006.8
MINIMA	84.80	64.30	56.30	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	5.60	13.90	59.10	581.9

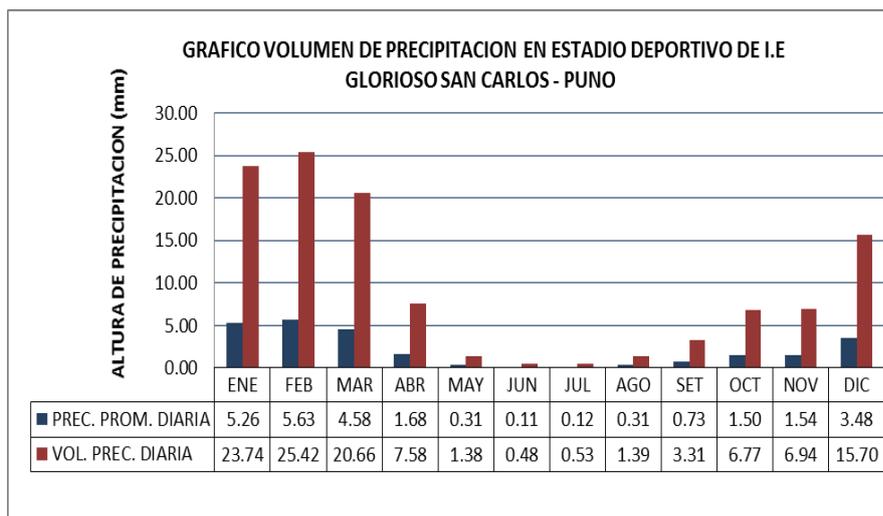
Fuente: SENAMHI CP - 708 - Puno; n= 14 años.

CUADRO 33: VOLUMEN DE PRECIPITACIÓN EN ÁREA DE ESTUDIO
(ESTADIO DE I.E. GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO)

MES	Promedio (mm/mes)	Promedio (mm/día)	Área (m ²)	Precipitación (m ³)
Enero	162.99	5.26	4515.00	23.75
Febrero	157.61	5.63	4515.00	25.42
Marzo	141.83	4.58	4515.00	20.68
Abril	50.37	1.68	4515.00	7.59
Mayo	9.49	0.31	4515.00	1.40
Junio	3.18	0.11	4515.00	0.50
Julio	3.66	0.12	4515.00	0.54
Agosto	9.56	0.31	4515.00	1.40
Septiembre	21.98	0.73	4515.00	3.30
Octubre	46.46	1.5	4515.00	6.77
Noviembre	46.9	1.54	4515.00	6.95
Diciembre	107.81	3.48	4515.00	15.71
TOTAL	761.84	25.22	114.00

Fuente: Elaborado en base a la información meteorológica de la Estación CP – 708, Puno

CUADRO 34: GRAFICO DE VOLUMEN DE PRECIPITACION EN ESTADIO GLORIOSOS SAN CARLOS – PUNO



Fuente: Elaborado en base a la información meteorológica de la Estación CP – 708, Puno

El presente cuadro es estimado en base a los datos de precipitación media mensual de un promedio de 14 años, registrándose valores altos. En el cuadro 33 y figura 34, se especifica el volumen de precipitación en el área de estudio del presente trabajo de investigación, correspondiente al Área del campo deportivo de la I.E.C.N Gloriosos San Carlos – Puno; el cual indica que durante los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Diciembre se tiene un alto volumen de precipitación en 23.74m^3 , 25.42m^3 , 20.66m^3 , 7.58m^3 y 15.70m^3 por día correspondientemente con un valor acumulado de 93.09m^3 , que representa el 81.74% de un volumen de precipitación total anual de 113.89m^3 por día, expresado en lámina de agua en el área del campo deportivo de 4515.00 m^2 es de 25.22mm de altura de agua.

4.2 RESULTADOS DEL PROBLEMA DE DRENAJE “ESTADIO DEPORTIVO DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO”.

4.2.1 Del estudio de suelos de la base granular drenante.

Para el reconocimiento del material base adecuado, se tuvo como concepto de que el tipo de suelo que debe conformar la base granular drenante debe cumplir con

características adecuadas de resistencia, compresibilidad y permeabilidad, los suelos grueso cuya granulometría pueden determinarse por mallas y su distribución de tamaños nos revela las propiedades físicas del material; en efecto, la experiencia indica que los suelos gruesos bien graduados, o sea con amplia gama de tamaños, tiene comportamiento ingenieril más favorable.

En el diseño de la base granular en el presente trabajo de investigación se considera 03 estratos, el primero un estrato superior de acabado con espesor $e = 0.05$ m suelo A, el segundo considerado como el material base con características de resistencia, compresibilidad y permeabilidad con un espesor de $e = 0.19$ suelo B y el ultimo de piedra chancada de $\frac{1}{4}$ " de pulgada de diámetro cumpliendo la función de encamado y colchón de almacenamiento de agua el cual rodea la tubería de drenaje y es denominado suelo C.

FIGURA 28: TEXTURA DEL SUELO "C" QUE RODEA LA TUBERÍA DE DRENAJE.



Fuente: elaboracion propia

FIGURA 29: SECADO DE LOS SUELOS A, B Y C. COMPONENTES DE LA
BASE GRANULAR DRENANTE



Fuente: Elaboracion propia

4.2.1.1 Análisis granulométrico por tamizado.

Este método consistió en utilizar tamices de serie Americana, se utilizó en la agrupación de 04 series de suelo, 02 corresponde al estrato de acabado suelo A y los otros 02 corresponde al estrato Base drenante suelo B, los resultados de tamices se presentan en los Anexos cuadros (01, 02, 03 y 04), de los que se realiza el análisis de los puntos siguientes.

Textura. El suelo **A**, ubicado en el estrato superior de acabado, es clasificado según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S.; como una arena bien graduada (SW) cuya composición granulométrica es de un 87.02% de arena gruesa y 12.98% de grava, con un coeficiente de uniformidad (Cu) de 6.91 y el coeficiente de curvatura (Cc) de 0.79, dichas características de composición corresponden a una arena bien graduada, arena con gravas con poco o nada de finos. Como muestra la figura 30.

FIGURA 30: TEXTURA DEL SUELO A, DENOMINADO ESTRATO DE ACABADO.



Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera el suelo B, ubicado en la parte intermedia denominada material base se clasifica según el S.U.C.S. como una grava bien graduada (GW), cuyo porcentaje de grava es 71.30% y de área gruesa de 28.70%, cuyo coeficiente de Uniformidad y Curvatura es de 7.26 y 1.53 respectivamente describiendo a este material como una grava con varios tamaños de partículas, con cantidades apreciables de partículas de tamaños intermedios. Como muestra la figura 31.

FIGURA 31: TEXTURA DEL SUELO B, DE LA BASE GRANULAR DRENANTE



Según la clasificación de suelos AASHTO los suelos de Clase A y B corresponde a una clasificación perteneciente a los grupos A-1, sub grupos A-1-a y A-1-b; descritas como materiales bien graduados compuestos de mezclas de piedra o grava, con o sin material fino ligante.

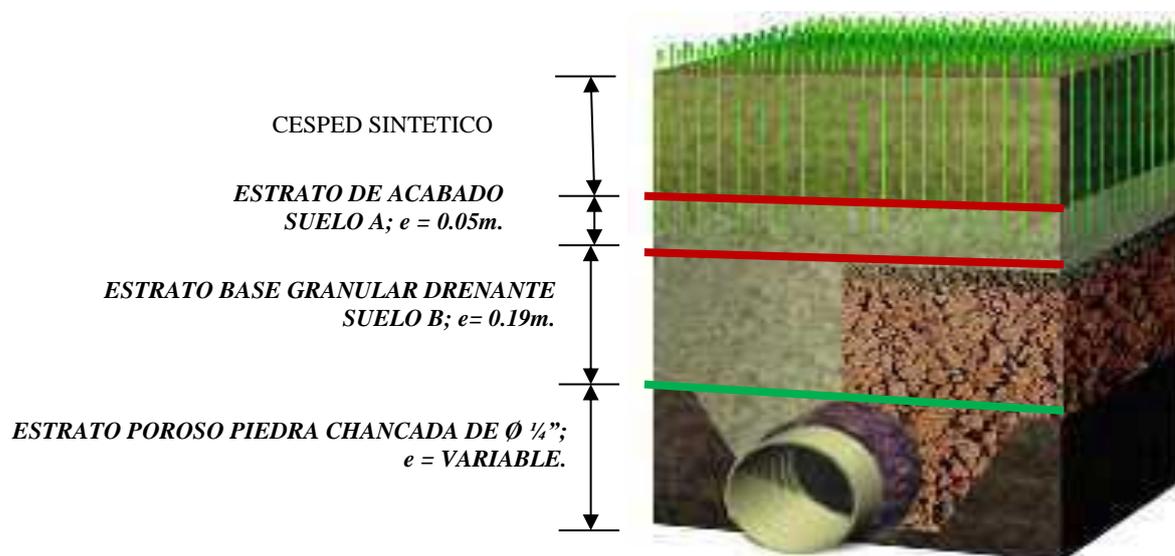
Cabe resaltar que los suelos Clase A y Clase B, forman una estrato denominado base Granular drenante de espesor $e=0.24m$ que se colocara sobre la sub rasante semipermeable por lo que su distribución granulométrica está enmarcada en el diseño de clasificación ASSHTO T-11 Y T-27, los que cumplen con la gradación de limites mencionada en el cuadro 35.

CUADRO 35: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR (CAPA BASE Y CAPA ACABADO) NORMA TAMAÑO DE MALLA ASSHTO T-11 Y T – 27 (ABERTURA CUADRADA)

TAMIZ IMPERIAL	TAMIZ MÉTRICO	% DE COLADO	
		CAPA BASE	CAPA ACABADO
2”		100	
1 ½ “		90 – 100	
1”		75 – 100	
¾ “		65 – 95	
½ “	12,5 mm	55 – 85	100
3/8 “	9,50 mm	40 – 75	85 – 100
¼ “	6,25 mm	25 – 65	75 – 100
Nº 4	4,75 mm	15 – 60	60 – 90
Nº 8	2,36 mm	0 – 40	35 – 75
n ° 16	1,18 mm	0 – 20	10 – 55
N ° 30	0,6 mm	0 – 7	0 – 40
Nº 50 – 60	0,3 – 0,25 mm	0 – 5	0 – 15
N ° 100	0,15 mm	0 – 3	0 – 8
N ° 200	0,075 mm	0 – 2	0 – 2

Fuente: Ramos Salazar “Obras de Instalaciones Sanitarias en la construcción” – 2005

FIGURA 32: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ESTRATOS EN EL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADIO DE CÉSPED SINTÉTICO DE LA I.E GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO



Fuente: Elaboración propia en función de www.rainbird.com

4.2.1.2 Análisis de relación humedad – densidad proctor.

Del análisis de estrato suelo B, realizado en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez se realizó los ensayos de una muestra que se presenta en los anexos cuadro N° 05, el que tiene las siguientes características; promedio de porcentajes de humedad de 2.11%, 4.4%, 6.9% y 8.27%; así mismo cuenta con una densidad de suelo seco de 1.867, 1.902, 1.921 y 1.881 gr/cc lográndose obtener un porcentaje de Humedad Óptima de 6.5% y una Densidad Máxima Seca de 1.922 gr/cm³ del material.

4.2.1.3 Análisis de Resistencia al Desgaste y Ataque de Sulfatos.

El material que conforma el estrato de acabado denominado Suelo A, fue sometido a procesos de erosión, abrasión o cavitación en laboratorio lográndose obtener un porcentaje de pérdida de 21.76 % resultado acorde a las normas ASTM

C – 131 el cual deberá de cumplir con una resistencia mecánica al desgaste no mayor al 50%. Asimismo se realizó la prueba de resistencia a la inalterabilidad por medio del Sulfato de Sodio logrando resultados de pérdida para el agregado grueso y fino de 3.77% y 6.43% respectivamente, la norma MTC – 209, ASTM C-88, establece que la durabilidad de los agregados a la presencia de sulfatos debe ser de valores menores a 10% y 12% para agregados finos y agregados gruesos respectivamente. Dichos valores se expresan en los cuadros (06 y 07) ubicados en los anexos.

4.2.1.4 Porosidad Total.

De acuerdo a la clasificación y la descripción de cada material el Suelo corresponde a una arena con una porosidad entre 20% - 35% según la tabla 3.13, que expresa intervalos de porosidad para materiales, para los cálculos a realizarse en el diseño del sistema de drenaje se está considerando un valor de porosidad intermedio de 13%.

Del mismo modo para el suelo B, que corresponde a un suelo de características de una grava bien graduada le corresponde valores de porosidad que oscilan entre 20 y 35% de porosidad según tabla 3.13, para efectos de cálculos se considera un valor de 24%. Lo que indica que a medida que se profundiza en el perfil del suelo aumenta la porosidad sin ser afectado por el proceso de compactación.

4.2.2 Características geotécnicas.

De acuerdo a la caracterización y clasificación de suelos, se tienen las siguientes características geotécnicas de los suelos para los estratos de la Base Granular Drenante del Estadio de la I.E. Glorioso San Carlos – Puno.

CUADRO 36: CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA BASE GRANULAR
ESTADIO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS

SUELO	SUCS	ASSHTO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PERMEABILIDAD	CAMBIOS DE VOLUMEN	PARA BASE	DRENAJE
A	SW	A-1 (A-1-a; A-1-b)	Mezclas de piedra y grava, con sin material fino ligante – bien graduados	Alta	Muy bajas	Bueno a Excelente	Bueno
B	GW	A-1 (A-1-a;A-1-b)	Mezclas de piedra y grava, con sin material fino ligante – bien graduados	Muy alta	Muy bajas	Bueno a Excelente	Bueno

4.2.3. Identificación de las constantes hidráulicas de la base granular.

4.2.3.1 Resultados de las pruebas de velocidad de infiltración.

Con el fin de estimar la cantidad de agua que filtra al subsuelo a través de los estratos del sistema de drenaje y base granular del estadio teniendo conocimiento que el campo de juego consta de los mismos tipos de suelos con características similares se efectuaron 02 pruebas de infiltración figura 33.

FIGURA 33: INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN



Los cálculos se realizaron mediante el método de regresión simple, los cuales podemos observar en los anexos cuadro 11 y 13.

CUADRO 37: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.

N°	INFILTRACION LECTURADA PROMEDIO (cm/hr)	INFILTRACION AJUSTADA PROMEDIO (cm/hr)	INFILTRACION ACUMULADA PROMEDIO (cm/hr)
I - 1	43.81	$184.980T^{-0.460}$	$5.711T^{0.540}$
I - 2	57.32	$251.199T^{-0.502}$	$8.415T^{0.498}$
PROMEDIO	50.565	$218.086T^{-0.481}$	$7.063T^{1.038}$

Fuente: Elaboración en base a datos de Pruebas de Infiltración.

Los resultados de las pruebas de infiltración I -1, adquieren una infiltración lecturada, ajustada y acumulada relativamente rápida con valores promedios de: 43.81 cm/hr, 42.24 cm/hr y 46.016 cm/hr. Respectivamente; los valores de la prueba de infiltración I - 2, tienen valores de infiltración de: 57.32 cm/hr, 63.116 cm/hr y 40.291 cm/hr correspondientes a la infiltración lecturada, ajustada y acumulada respectivamente. De los resultados descritos para fines de cálculos se realizó un promedio de cálculos de las dos pruebas I - 1 y I - 2 obteniendo como resultado los valores siguientes: para la infiltración lecturada 50.565 cm/hr, la infiltración ajustada 52.678 cm/hr y finalmente la infiltración acumulada con 43.153 cm/hr; los valores mencionados corresponden a las ecuaciones enunciadas en el cuadro 37.

CUADRO 38: VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION CALCULADOS

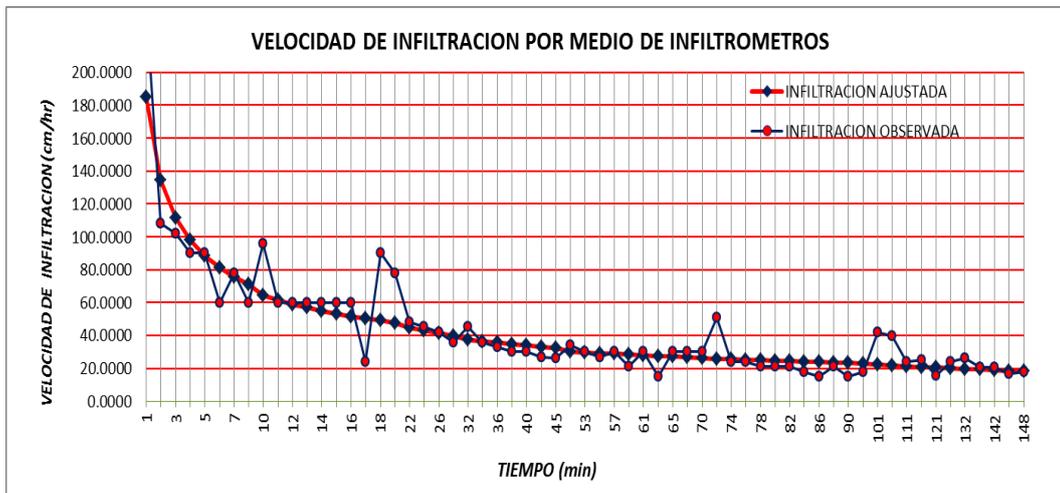
PRUEBA 01

**VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION
CALCULADOS**

Infiltración lecturada promedio:	43.810	cm/hr
Infiltración ajustada promedio:	42.240	cm/hr
Infiltración acumulada promedio:	46.016	cm/hr

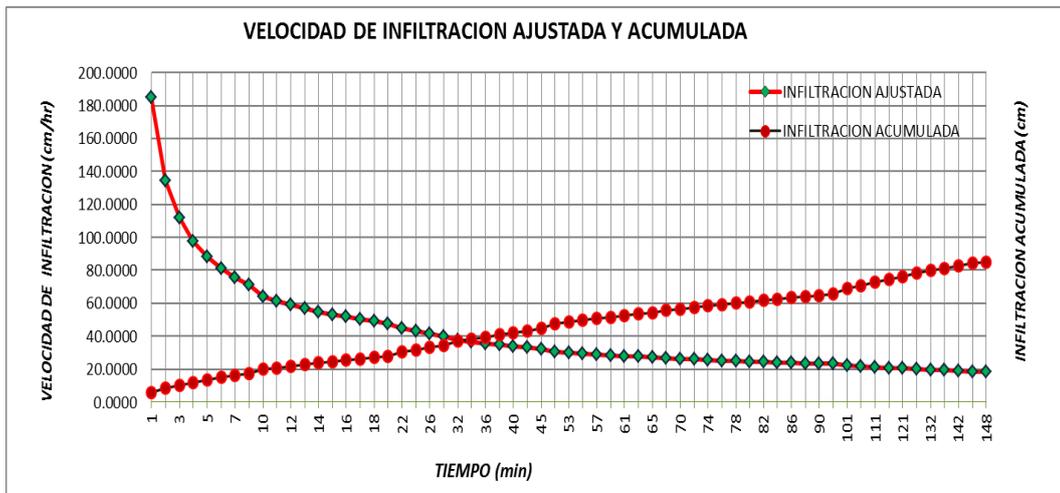
Fuente: Elaboración en base a datos de Pruebas de Infiltración.

FIGURA 35: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION POR MEDIO DE INFILTROMETROS – PRUEBA 01



Fuente: Elaboración en base a datos de Pruebas de Infiltración.

FIGURA 34: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION AJUSTADA Y ACUMULADA – PRUEBA 1

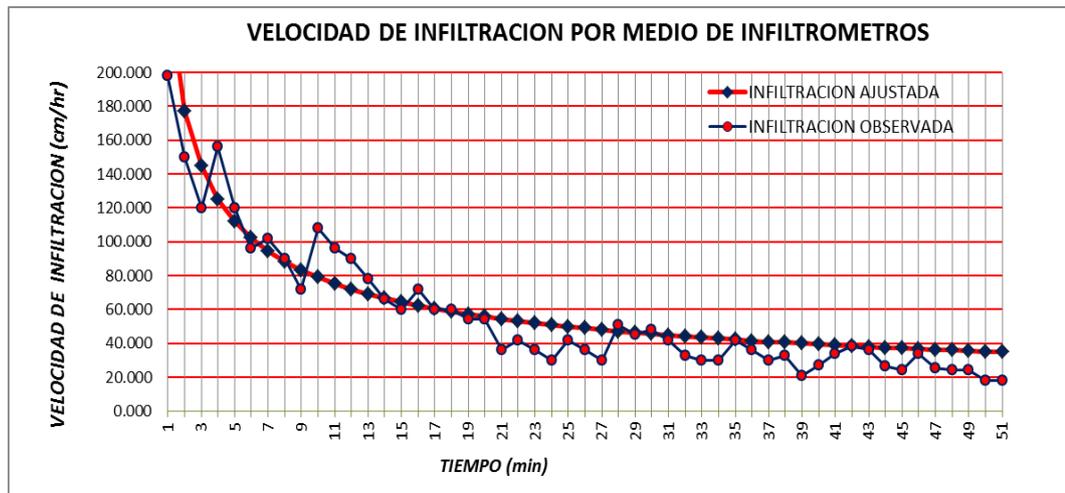


Fuente: Elaboración en base a datos de Pruebas de Infiltración.

CUADRO 39: VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION CALCULADOS PRUEBA 02

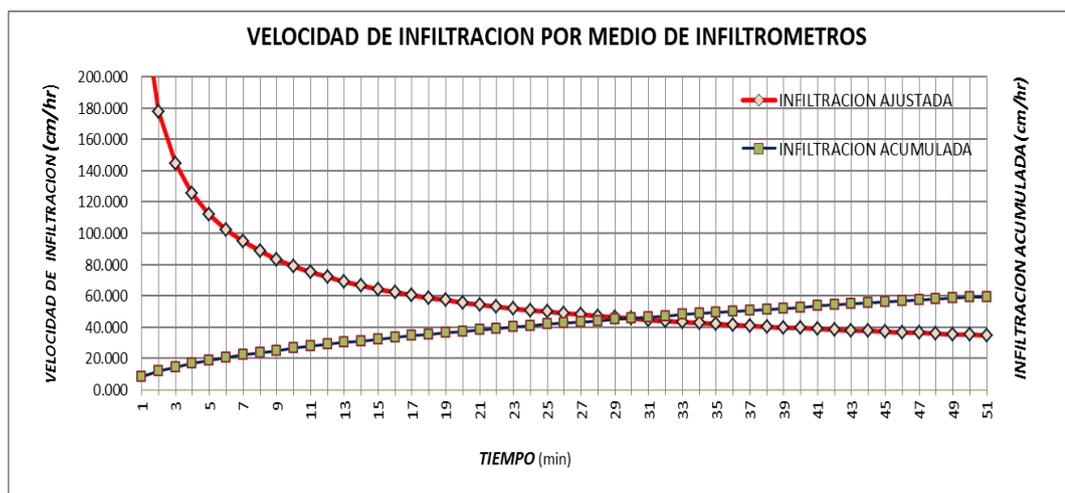
VALORES PROMEDIOS DE INFILTRACION CALCULADOS	
Infiltración letrada promedio:	57.318 cm/hr
Infiltración ajustada promedio:	63.116 cm/hr
Infiltración acumulada promedio:	46.291 cm/hr

FIGURA 37: GRAFICO VELOCIDAD DE INFILTRACION AJUSTADA Y ACUMULADA – PRUEBA 02



Fuente: elaborado en base a datos de pruebas de infiltración.

FIGURA 36: GRAFICO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION POR MEDIO DE INFILTROMETROS – PRUEBA 02



Fuente: elaborado en base a datos de pruebas de infiltración

En resumen se puede señalar según los resultados obtenidos, que los suelos que conforman la base granular drenante del estadio de la I.E. Glorioso San Carlos presentan una velocidad de infiltración moderadamente rápida a muy rápida de donde se concluye que las precipitaciones pluviales adquieren una influencia directa en lograr una recarga para ser evacuados por el sistema de drenaje.

4.2.3.2 Conductividad hidráulica.

En el presente trabajo de investigación, la conductividad hidráulica de la base granular para el estadio de la I.E Glorioso San Carlos, se determinó por medio de los resultados obtenidos de textura y estructura de los suelos determinados en el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, como también de los resultados de las pruebas de infiltración in situ, resultados que son comparados con los valores indicados en los cuadros 24 y 25. Que clasifican la conductividad hidráulica según su rapidez de movimiento y según la textura y estructura del suelo.

De los cuadros 24 y 25; tomaremos valores con fines de cálculos teniendo los criterios mencionados anteriormente, para el tipo de suelo A se tendrá una conductividad hidráulica de 2.25 m/día que corresponde a un flujo moderadamente rápido, en un tipo de suelo con textura y estructura correspondiente a un suelo arenoso. Del mismo modo el suelo B tendrá una conductividad hidráulica de 6.00 m/día por ser un suelo conformado por grava con arena gruesa y permitir el flujo de agua en forma muy rápida.

CUADRO 40: PROPIEDADES FISICAS E HIDRAULICAS DEL NUEVO TERRENO DEPORTIVO DE LA I.E GLORIOSOS SAN CARLOS – PUNO

E	SUELO	PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD (gr/cm ³)		n%	e	K (m/día)	u%	I AJUSTADA (cm/hr)
			Da	Dr					
1	ARENA GRADUADA (SUELO A)	0.0 - 0.05	1.7 1.4 - 1.6	2.5	30	0.43	2.25	0.12	52.7
2	GRAVA GRADUADA (SUELO B)	0.05 - 0.25	1.9 1.51 - 1.70	2.63	34	0.51	6	0.24	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 41: RESUMEN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN LOS
SUELOS DE LA BASE GRANULAR

TIPO	TEXTURA	CONDUCTIVIDAD HIDRULICA (k)	
		(m/día)	(cm/día)
SUELO A	SW	2.25	225
SUELO B	GW	6	600
PROMEDIO		4.13	412.5

Fuente: Elaboración propia.

4.3. ESTUDIO Y COMPORTAMIENTO DEL ACUIFERO SUPERFICIAL.

Para evaluar las características del régimen y comportamiento del acuífero superficial, se tomaron datos de los pozos de observación y de piezómetros.

Para este propósito se consideró los datos del estudio de drenaje de la Ciudad Universitaria UNA – Puno en donde se instalaron 26 pozos de observación con una profundidad mínima en 2.20m y una máxima en 9.50m, con diámetros circulares entre 8cm a 10cm, con profundidades relacionadas a la ubicación del nivel freático; con referencia al nivel BM: 3816.925 m.s.n.m., ubicada dentro de la Ciudad Universitaria UNA – Puno. Los cálculos de fluctuación del nivel freático en el área donde se efectúa la Propuesta de Diseño del Sistema de drenaje del estadio de gras sintético de la I.E.C.N. “Glorioso San Carlos”, es efectuado por traslado de cotas y niveles de la Ciudad universitaria UNA - Puno a los de la I.E glorioso San Carlos, considerando que las características hidrogeológicas son semejantes.

4.3.1 Resultados de las lecturas del nivel freático y piezómetros.

Las lecturas realizadas en los pozos de observación en la UNA - Puno fueron en forma semanal y mensual se dieron las lecturas de las fluctuaciones del nivel

freático desde enero hasta diciembre del año 1996, el record de registros de variación del nivel de agua se observa en los cuadros 42 y como resumen en el cuadro 43; de donde se recapitula que el promedio de ubicación anual del nivel freático se ubica en 1.381m a partir de la superficie de suelo adquiriéndose un valor máximo en 0.905 y una mínima ubicación en 1.814m; del mismo modo el cuadro 43 resume que la fluctuación anual llega a un promedio 0.909m, registrándose una fluctuación máxima en el pozo – 26 en 1.19m y una mínima fluctuación en el pozo – 20 con 0.438m. Analizando detalladamente los niveles máximos cercanos a la superficie del suelo y los niveles mínimos alejados de la superficie del suelo coinciden con las estaciones meteorológicas de año. Para los meses de enero, febrero, marzo y abril el nivel freático se encuentra a un nivel máximo que fluctúa entre 0.937m a 1.13m. De donde se deduce que estas fluctuaciones se deben principalmente a la influencia de factores meteorológicos y geológicos, los cuales están en estrecha relación con el ritmo de las precipitaciones pluviales; para un adecuado análisis de las variaciones del nivel freático, el cual está en estrecha relación con el problema de subdrenaje se optó en realizar el estudio en dos grandes periodos:

4.3.1.1. Periodo de recarga.

Comprende los meses de enero, febrero, marzo y abril cuadro 44, donde se aprecia un promedio de fluctuación de 0.368m de columna de agua, como extremos de fluctuación máxima están en 0.905 m y una mínima de 1.274m.

4.3.1.2 Periodo de descarga.

Considera que los meses de mayo hasta diciembre cuadro 45. Donde se registra una fluctuación promedio de 1.458m, originándose como máxima variación 1.148m y una mínima de 1.72m, de donde para efectos del presente trabajo de investigación

solo tendremos en cuenta los valores del periodo de recarga (Promedio de fluctuación del nivel freático), considerando como lapso de tiempo critico el problema de drenaje en el Estadio del campo deportivo de la I.E.C.N Glorioso San Carlos – Puno.

CUADRO 42: LECTURAS DE PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREATICO EN LOS POZOS DE OBSERVACION INSTALADOS
CIUDAD UNIVERSITARIA – UNA PUNO

N° ORDEN	POZO SONDEADO	PROFUND. DEL POZO (m)	COTA DE FONDO DEL POZO (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	LECTURAS (m.)												VARIACION DEL NIVEL DE F		PRON
					MESES												MAXIMA (m)	MINIMA (m)	
					ENERO 30-01-96	FEBRERO 22-02-96	MARZO 27-03-96	ABRIL 28-04-96	MAYO 31-05-96	JUNIO 30-06-96	JULIO 28-07-96	AGOSTO 31-08-96	SEPTIEMBRE 29-09-96	OCTUBRE 27-10-96	NOVIEMBRE 30-11-96	DICIEMBRE 29-12-96			
1	P-1	4.45	3811.585	3816.035	2.502	2.549	2.612	2.65	3.028	3.27	3.38	3.512	3.565	3.598	3.37	3.205	2.502	3.598	3.1
2	P-2	4.4	3811.924	3816.324	0.418	0.55	0.565	0.615	1.234	1.355	1.207	0.759	1.291	1.376	1.121	1.018	0.418	1.376	0.9
3	P-3	3	3812.339	3815.339	0.889	0.952	1.006	1.1	1.284	1.333	1.369	1.309	1.422	1.568	1.334	1.253	0.889	1.568	1.2
4	P-4	3.5	3811.049	3814.549	1.713	1.541	1.488	1.523	1.837	2.065	2.205	2.269	2.392	2.416	2.231	2.128	1.488	2.416	1.9
5	P-5	9.5	3803.300	3812.800	0.798	0.505	0.503	0.681	0.757	0.797	0.925	1.065	1.163	1.196	1.187	1.021	0.503	1.196	0.8
6	P-6	3.3	3811.322	3814.622	1.514	0.856	0.86	0.866	1.103	1.247	1.397	1.478	1.598	1.776	1.734	1.621	0.856	1.776	1.3
7	P-7	2.45	3810.827	3813.277	1.632	0.97	0.986	1.015	1.196	1.296	1.41	1.5	1.625	1.8	1.44	1.385	0.97	1.8	1.3
8	P-8	3.1	3809.747	3812.847	1.662	1.269	1.066	1.084	1.443	1.615	1.688	1.805	1.919	2.027	1.977	1.857	1.066	2.027	1.6
9	P-9	2.75	3808.068	3810.818	0.557	0.455	0.485	0.567	0.607	0.669	0.751	0.883	0.982	1.147	1.078	0.981	0.455	1.147	0.7
10	P-10	6.5	3805.274	3811.774	0.953	0.657	0.805	0.812	1.038	1.132	1.196	1.272	1.443	1.608	1.542	1.388	0.657	1.608	1.1
11	P-11	2.2	3808.949	3811.149	0.794	0.52	0.77	0.781	1.173	1.277	1.375	1.489	1.577	1.704	1.578	1.441	0.52	1.704	1.2
12	P-12	2.7	3807.584	3810.284	0.452	0.367	0.484	0.53	0.809	0.834	1.011	1.141	1.242	1.371	1.022	0.943	0.367	1.371	0.8
13	P-13	2.6	3809.500	3812.100	0.278	0.382	0.505	0.575	0.721	0.785	0.871	0.882	1.037	1.112	1.034	0.884	0.278	1.112	0.7
14	P-14	2.2	3808.488	3810.688	0.967	0.408	0.558	0.613	0.729	0.858	0.947	0.967	1.136	1.269	0.982	0.712	0.408	1.269	0.8
15	P-15	2.6	3807.947	3810.547	1.17	0.562	0.648	0.729	0.93	1.04	1.127	1.162	1.341	1.482	1.185	0.807	0.562	1.482	1.0
16	P-16	3.2	3813.448	3816.648	0.921	0.607	0.652	0.718	0.808	0.877	0.985	1.207	1.194	1.354	1.314	1.117	0.607	1.354	0.9
17	P-17	3.1	3813.486	3816.586	0.806	0.666	1.055	1.08	1.285	1.347	1.373	1.367	1.413	1.515	1.422	1.262	0.666	1.515	1.2
18	P-18	5.5	3813.646	3819.146	0.786	0.458	0.437	0.536	0.69	0.813	0.744	0.745	0.837	1.055	0.821	0.741	0.437	1.055	0.7
19	P-19	4.2	3814.733	3818.933	3.153	3.023	3.876	4.166	1.497	1.57	1.603	1.544	1.641	1.691	1.459	1.429	3.023	4.166	3.5
20	P-20	2.45	3819.779	3822.229	1.524	1.374	1.253	1.416	1.497	1.57	1.603	1.544	1.641	1.691	1.459	1.429	3.023	4.166	3.5
21	P-21	2.2	3808.771	3810.971	0.606	0.503	0.71	0.808	1.13	1.282	1.372	1.407	1.487	1.546	0.709	0.553	0.503	1.546	1.0
22	P-22	2.25	3808.484	3810.734	0.575	0.619	0.87	0.904	1.1	1.302	1.41	1.452	1.548	1.644	0.816	0.645	0.575	1.644	1.0
23	P-23	2.2	3807.977	3810.177	0.777	0.661	1.018	1.056	1.323	1.403	1.513	1.59	1.68	1.778	1.288	1.032	0.661	1.778	1.2
24	P-24	2.2	3807.776	3809.976	0.987	0.937	1.2	1.247	1.383	1.5	1.676	1.694	1.805	1.857	1.446	1.395	0.937	1.857	1.4
25	P-25	2.2	3087.998	3810.198	1.222	1.213	1.335	1.337	1.424	1.65	1.929	1.968	2.108	2.197	2.023	1.87	1.213	2.197	1.6
26	P-26	3.4	3807.367	3810.767	1.725	1.754	2.012	2.042	2.225	2.436	2.669	2.675	2.805	2.915	2.909	2.787	1.725	2.915	2.4
		FLUCTUACION PROMEDIO MENSUAL		1.130	0.937	1.068	1.133	1.230	1.445	1.350	1.445	1.486	1.610	1.720	1.481	1.339	0.905	1.814	1.3

CUADRO 43: RESUMEN ANUAL DE PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD

UNIVERSITARIA UNA - PUNO

N° ORDEN	POZO SONDEADO	PROFUND. DEL POZO (m)	COTA DE FONDO DEL POZO (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	NIVEL FREÁTICO						FLUCTUACION ANUAL (m)
					NIVEL MAX. (m)	NIVEL MIN. (m)	COTA MIN. (m.s.n.m.)	NIVEL PROM. (m)	COTA PROM. (m.s.n.m.)		
1	P-1	4.45	3811.585	3816.035	2.502	3813.533	3.598	3812.437	3.103	3812.932	1.096
2	P-2	4.4	3811.924	3816.324	0.418	3815.906	1.376	3814.948	0.959	3815.365	0.958
3	P-3	3	3812.339	3815.339	0.889	3814.450	1.568	3813.771	1.235	3814.104	0.679
4	P-4	3.5	3811.049	3814.549	1.488	3813.061	2.416	3812.133	1.984	3812.565	0.928
5	P-5	9.5	3803.300	3812.800	0.503	3812.297	1.196	3811.604	0.883	3811.917	0.693
6	P-6	3.3	3811.322	3814.622	0.856	3813.766	1.776	3812.846	1.338	3813.285	0.920
7	P-7	2.45	3810.827	3813.277	0.97	3812.307	1.8	3811.477	1.355	3811.922	0.830
8	P-8	3.1	3809.747	3812.847	1.066	3811.781	2.027	3810.820	1.618	3811.229	0.961
9	P-9	2.75	3808.068	3810.818	0.455	3810.363	1.147	3809.671	0.764	3810.055	0.692
10	P-10	6.5	3805.274	3811.774	0.657	3811.117	1.608	3810.166	1.154	3810.620	0.951
11	P-11	2.2	3808.949	3811.149	0.52	3810.629	1.704	3809.445	1.207	3809.942	1.184
12	P-12	2.7	3807.584	3810.284	0.367	3809.917	1.371	3808.913	0.851	3809.434	1.004
13	P-13	2.6	3809.500	3812.100	0.278	3811.822	1.112	3810.988	0.756	3811.345	0.834
14	P-14	2.2	3808.488	3810.688	0.408	3810.280	1.269	3809.419	0.846	3809.843	0.861
15	P-15	2.6	3807.947	3810.547	0.562	3809.985	1.482	3809.065	1.015	3809.532	0.920
16	P-16	3.2	3813.448	3816.648	0.607	3816.041	1.354	3815.294	0.980	3815.669	0.747
17	P-17	3.1	3813.486	3816.586	0.666	3815.920	1.515	3815.071	1.216	3815.370	0.849
18	P-18	5.5	3813.646	3819.146	0.437	3818.709	1.055	3818.091	0.722	3818.424	0.618
19	P-19	4.2	3814.733	3818.933	3.023	3815.910	4.166	3814.767	3.555	3815.379	1.143
20	P-20	2.45	3819.779	3822.229	1.253	3820.976	1.691	3820.538	1.500	3820.729	0.438
21	P-21	2.2	3808.771	3810.971	0.503	3810.468	1.546	3809.425	1.009	3809.962	1.043
22	P-22	2.25	3808.484	3810.734	0.575	3810.159	1.644	3809.090	1.074	3809.660	1.069
23	P-23	2.2	3807.977	3810.177	0.661	3809.516	1.778	3808.399	1.260	3808.917	1.117
24	P-24	2.2	3807.776	3809.976	0.937	3809.039	1.857	3808.119	1.427	3808.549	0.920
25	P-25	2.2	3087.998	3810.198	1.213	3808.985	2.197	3808.001	1.690	3808.508	0.984
26	P-26	3.4	3807.367	3810.767	1.725	3809.042	2.915	3807.852	2.413	3808.354	1.190
FLUCTUACION PROMEDIO MENSUAL					0.905	3812.538	1.814	3811.629	1.381	3812.062	0.909

CUADRO 44: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD UNIVERSITARIA UNA - PUNO

PERIODO: "RECARGA" (Enero a Abril de 1996)

N° ORDEN	POZO SONDEADO	PROFUND. DEL POZO (m)	COTA DE FONDO DEL POZO (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m)	LECTURAS (m)				NIVEL FREÁTICO						FLUCTUACION ANUAL (m)
					MESES				NIVEL MAX. (m)	COTA MAX. (m.s.n.m.)	NIVEL MIN. (m)	COTA MIN. (m.s.n.m.)	NIVEL PROM. (m)	COTA PROM. (m.s.n.m.)	
					ENERO 30-01-96	FEBRERO 22-02-96	MARZO 27-03-96	ABRIL 28-04-96							
1	P-1	4.45	3811.585	3816.035	2.502	2.549	2.612	2.65	2.502	3813.533	2.650	3813.385	2.578	3813.457	0.148
2	P-2	4.4	3811.924	3816.324	0.418	0.55	0.565	0.615	0.418	3815.906	0.615	3815.709	0.537	3815.787	0.197
3	P-3	3	3812.339	3815.339	0.889	0.952	1.006	1.1	0.889	3814.450	1.100	3814.239	0.987	3814.352	0.211
4	P-4	3.5	3811.049	3814.549	1.713	1.541	1.488	1.523	1.488	3813.061	1.713	3812.836	1.566	3812.983	0.225
5	P-5	9.5	3803.30	3812.8	0.798	0.505	0.503	0.681	0.503	3812.297	0.798	3812.002	0.622	3812.178	0.295
6	P-6	3.3	3811.322	3814.622	1.514	0.856	0.86	0.866	0.856	3813.766	1.514	3813.108	1.024	3813.598	0.658
7	P-7	2.45	3810.827	3813.277	1.632	0.97	0.986	1.015	0.97	3812.307	1.632	3811.645	1.151	3812.126	0.662
8	P-8	3.1	3809.747	3812.847	1.662	1.269	1.066	1.084	1.066	3811.781	1.662	3811.185	1.270	3811.577	0.596
9	P-9	2.75	3808.068	3810.818	0.557	0.455	0.485	0.567	0.455	3810.363	0.567	3810.251	0.516	3810.302	0.112
10	P-10	6.5	3805.274	3811.774	0.953	0.657	0.805	0.812	0.657	3811.117	0.953	3810.821	0.807	3810.967	0.296
11	P-11	2.2	3808.949	3811.149	0.794	0.52	0.77	0.781	0.52	3810.629	0.794	3810.355	0.716	3810.433	0.274
12	P-12	2.7	3807.584	3810.284	0.452	0.367	0.484	0.53	0.367	3809.917	0.530	3809.754	0.458	3809.826	0.163
13	P-13	2.6	3809.50	3812.1	0.278	0.382	0.505	0.575	0.278	3811.822	0.575	3811.525	0.435	3811.665	0.297
14	P-14	2.2	3808.488	3810.688	0.967	0.408	0.558	0.613	0.408	3810.280	0.967	3809.721	0.637	3810.052	0.559
15	P-15	2.6	3807.947	3810.547	1.17	0.562	0.648	0.729	0.562	3809.985	1.170	3809.377	0.777	3809.770	0.608
16	P-16	3.2	3813.448	3816.648	0.921	0.607	0.652	0.718	0.607	3816.041	0.921	3815.727	0.725	3815.924	0.314
17	P-17	3.1	3813.486	3816.586	0.806	0.666	1.055	1.08	0.666	3815.920	1.080	3815.506	0.902	3815.684	0.414
18	P-18	5.5	3813.646	3819.146	0.786	0.458	0.437	0.536	0.437	3818.709	0.786	3818.360	0.554	3818.592	0.349
19	P-19	4.2	3814.733	3818.933	3.153	3.023	3.876	4.166	3.023	3815.910	4.166	3814.767	3.555	3815.379	1.143
20	P-20	2.45	3819.779	3822.229	1.524	1.374	1.253	1.416	1.253	3820.976	1.524	3820.705	1.392	3820.837	0.271
21	P-21	2.2	3808.771	3810.971	0.606	0.503	0.71	0.808	0.503	3810.468	0.808	3810.163	0.657	3810.314	0.305
22	P-22	2.25	3808.484	3810.734	0.575	0.619	0.87	0.904	0.575	3810.159	0.904	3809.830	0.742	3809.992	0.329
23	P-23	2.2	3807.977	3810.177	0.777	0.661	1.018	1.056	0.661	3809.516	1.056	3809.121	0.878	3809.299	0.395
24	P-24	2.2	3807.776	3809.976	0.987	0.937	1.2	1.247	0.937	3809.039	1.247	3808.729	1.093	3808.883	0.310
25	P-25	2.2	3087.998	3810.198	1.222	1.213	1.335	1.337	1.213	3808.985	1.337	3808.861	1.277	3808.921	0.124
26	P-26	3.4	3807.367	3810.767	1.725	1.754	2.012	2.042	1.725	3809.042	2.042	3808.725	1.883	3808.884	0.317
FLUCTUACION PROMEDIO MENSUAL					1.130	0.937	1.068	1.133	0.905	3812.538	1.274	3812.170	1.067	3812.376	0.368

CUADRO 45: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO, CIUDAD UNIVERSITARIA UNA – PUNO

N° ORDEN	POZO SONDEADO	PROFUND. DEL POZO (m)	COTA DE FONDO DEL POZO (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m)	LECTURAS (m)												NIVEL FREÁTICO						FLUCTUACIÓN ANUAL (m)
					MESES												NIVEL MAX. (m)	COTA MAX. (m.s.n.m.)	NIVEL MIN. (m)	COTA MIN. (m.s.n.m.)	NIVEL PROM. (m)	COTA PROM. (m.s.n.m.)	
					MAYO 31-05-96	JUNIO 30-06-96	JULIO 28-07-96	AGOSTO 31-08-96	SEPTIEMBRE 29-09-96	OCTUBRE 27-10-96	NOVIEMBRE 30-11-96	DICIEMBRE 29-12-96											
1	P-1	4.45	3811.59	3816.04	3.028	3.270	3.380	3.512	3.565	3.598	3.370	3.205	3.028	3813.01	3.598	3812.44	3.366	3812.67	0.570				
2	P-2	4.4	3811.92	3816.32	1.234	1.355	1.207	0.759	1.291	1.376	1.121	1.018	0.759	3815.57	1.376	3814.95	1.170	3815.15	0.617				
3	P-3	3	3812.34	3815.34	1.284	1.333	1.369	1.309	1.422	1.568	1.334	1.253	1.253	3814.09	1.568	3813.77	1.359	3813.98	0.315				
4	P-4	3.5	3811.05	3814.55	1.837	2.065	2.205	2.269	2.392	2.416	2.231	2.128	1.837	3812.71	2.416	3812.13	2.193	3812.36	0.579				
5	P-5	9.5	3803.30	3812.80	0.757	0.797	0.925	1.065	1.163	1.196	1.187	1.021	0.757	3812.04	1.196	3811.60	1.014	3811.79	0.439				
6	P-6	3.3	3811.32	3814.62	1.103	1.247	1.397	1.478	1.598	1.776	1.734	1.621	1.103	3813.52	1.776	3812.85	1.494	3813.13	0.673				
7	P-7	2.45	3810.83	3813.28	1.196	1.296	1.410	1.500	1.625	1.800	1.440	1.385	1.196	3812.08	1.800	3811.48	1.457	3811.82	0.604				
8	P-8	3.1	3809.75	3812.85	1.443	1.615	1.688	1.805	1.919	2.027	1.977	1.857	1.443	3811.40	2.027	3810.82	1.791	3811.06	0.584				
9	P-9	2.75	3808.07	3810.82	0.607	0.669	0.751	0.883	0.982	1.147	1.078	0.981	0.607	3810.21	1.147	3809.67	0.887	3809.93	0.540				
10	P-10	6.5	3805.27	3811.77	1.038	1.132	1.196	1.272	1.443	1.608	1.542	1.388	1.038	3810.74	1.608	3810.17	1.327	3810.45	0.570				
11	P-11	2.2	3808.95	3811.15	1.173	1.277	1.375	1.489	1.577	1.704	1.578	1.441	1.173	3809.98	1.704	3809.45	1.452	3809.70	0.531				
12	P-12	2.7	3807.58	3810.28	0.809	0.834	1.011	1.141	1.242	1.371	1.022	0.943	0.809	3809.48	1.371	3808.91	1.047	3809.24	0.562				
13	P-13	2.6	3809.50	3812.10	0.721	0.785	0.871	0.882	1.037	1.112	1.034	0.884	0.721	3811.38	1.112	3810.99	0.916	3811.18	0.391				
14	P-14	2.2	3808.49	3810.69	0.729	0.858	0.947	0.967	1.136	1.269	0.982	0.712	0.712	3809.98	1.269	3809.42	0.950	3809.74	0.557				
15	P-15	2.6	3807.95	3810.55	0.930	1.040	1.127	1.162	1.341	1.482	1.185	0.807	0.807	3809.74	1.482	3809.07	1.134	3809.41	0.675				
16	P-16	3.2	3813.45	3816.65	0.808	0.877	0.985	1.207	1.194	1.354	1.314	1.117	0.808	3815.84	1.354	3815.29	1.107	3815.54	0.546				
17	P-17	3.1	3813.49	3816.59	1.285	1.347	1.373	1.367	1.413	1.515	1.422	1.262	1.262	3815.32	1.515	3815.07	1.373	3815.21	0.253				
18	P-18	5.5	3813.65	3819.15	0.690	0.813	0.744	0.745	0.837	1.055	0.821	0.741	0.690	3818.46	1.055	3818.09	0.806	3818.34	0.365				
19	P-19	4.2	3814.73	3818.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
20	P-20	2.45	3819.78	3822.23	1.497	1.570	1.603	1.544	1.641	1.691	1.459	1.429	1.429	3820.80	1.691	3820.54	1.554	3820.67	0.262				
21	P-21	2.2	3808.77	3810.97	1.130	1.282	1.372	1.407	1.487	1.546	0.709	0.553	0.553	3810.42	1.546	3809.43	1.186	3809.79	0.993				
22	P-22	2.25	3808.48	3810.73	1.100	1.302	1.410	1.452	1.548	1.644	0.816	0.645	0.645	3810.09	1.644	3809.09	1.240	3809.49	0.999				
23	P-23	2.2	3807.98	3810.18	1.323	1.403	1.513	1.590	1.680	1.778	1.288	1.032	1.032	3809.15	1.778	3808.40	1.451	3808.73	0.746				
24	P-24	2.2	3807.78	3809.98	1.383	1.500	1.676	1.694	1.805	1.857	1.446	1.395	1.383	3808.59	1.857	3808.12	1.595	3808.38	0.474				
25	P-25	2.2	3088.00	3810.20	1.424	1.650	1.929	1.968	2.108	2.197	2.023	1.870	1.424	3808.77	2.197	3808.00	1.896	3808.30	0.773				
26	P-26	3.4	3807.37	3810.77	2.225	2.436	2.669	2.675	2.805	2.915	2.909	2.787	2.225	3808.54	2.915	3807.85	2.678	3808.09	0.690				
FLUCTUACION PROMEDIO MENSUAL					1.230	1.350	1.445	1.486	1.610	1.720	1.481	1.339	1.148	3812.08	1.720	3811.50	1.458	3811.77	0.572				

PERIODO: "DESCARGA" (Mayo a Diciembre de 1996)

CUADRO 46: LECTURAS DE PROFUNDIDADES Y FLUCTUACIONES DEL NIVEL CON RESPECTO A CALICATAS ANUAL EN LA I.F. GLORIOSO SAN CARLOS

N° ORDEN	PROF. DE CALICATA (m.)	COTA FONDO DE CALICATA (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	LECTURAS (m.)												NIVEL DEL AGUA					FLUCTUACION ANUAL (m)	
				MESES												NIVEL MAX. (m)	COTA MAX. (m.s.n.m.)	NIVEL MIN. (m)	COTA MIN. (m.s.n.m.)	NIVEL PROM. (m)		COTA PROM. (m.s.n.m.)
				ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.							
CAL-1	2.1	3814.40	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	1.557	1.647	1.686	1.702	1.749	1.840	1.726	1.565	0.723	3815.78	1.840	3814.66	1.491	3815.01	1.117
CAL-2	2.1	3815.40	3817.50	1.720	1.584	2.154	2.282	0.785	0.822	0.838	0.885	0.863	0.925	0.868	0.771	0.771	3816.73	2.282	3815.22	1.204	3816.30	1.511
CAL-3	2.1	3815.40	3817.50	1.720	1.584	2.154	2.282	0.785	0.822	0.838	0.885	0.863	0.925	0.868	0.771	0.771	3816.73	2.282	3815.22	1.204	3816.30	1.511
CAL-4	2.1	3814.40	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	1.557	1.647	1.686	1.702	1.749	1.840	1.726	1.565	0.723	3815.78	1.840	3814.66	1.491	3815.01	1.117
CAL-5	2.1	3814.90	3817.00	1.096	0.958	1.404	1.462	1.126	1.180	1.200	1.198	1.238	1.328	1.246	1.106	0.958	3816.04	1.462	3815.54	1.212	3815.79	0.504
CAL-6	2	3814.50	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	1.557	1.647	1.686	1.702	1.749	1.840	1.726	1.565	0.723	3815.78	1.840	3814.66	1.491	3815.01	1.117
CAL-7	1.8	3814.20	3816.00	0.573	0.682	0.710	0.775	1.250	1.348	1.260	0.940	1.334	1.439	1.191	1.095	0.57	3815.43	1.439	3814.56	1.050	3814.95	0.866
MOVIMIENTO PROMEDIO MENSUAL				1.189	0.997	1.474	1.539	1.231	1.302	1.313	1.273	1.364	1.448	1.336	1.205	0.749	3816.04	1.855	3814.93	1.306	3815.48	1.106

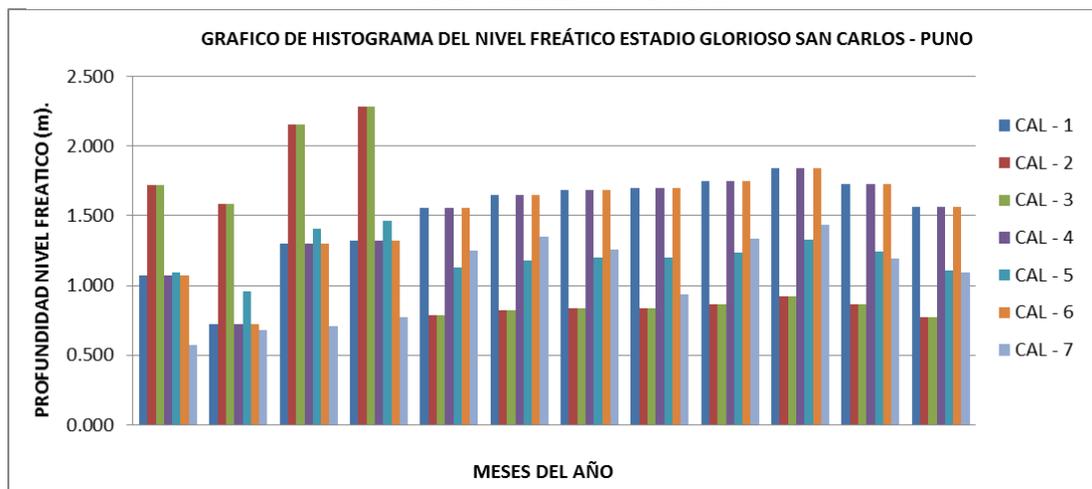
Fuente: elaborado en base a estudio de estratificación de suelos y ubicación de niveles freáticos.

CUADRO 47: PROFUNDIDADES DE FLUCTUACION DEL NIVEL FREATICO EN LA I.E. GLORIOS SAN CARLOS – PUNO
 PERIODO: “RECARGA” (Enero a abril de 1996)

N° ORDEN	PROF. DE CALICATA (m.)	COTA FONDO DE CALICATA (m.s.n.m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	LECTURAS (m.)			NIVEL DEL AGUA						FLUCTUACION ANUAL (m)	
				MESES			NIVEL MAX. (m)	COTA MAX. (m.s.n.m.)	NIVEL MIN. (m)	COTA MIN. (m.s.n.m.)	NIVEL PROM. (m)	COTA PROM. (m.s.n.m.)		
				ENE.	FEB.	MAR.								ABR.
CAL-1	2.1	3814.40	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	0.723	3815.78	1.325	3815.18	1.104	3815.40	0.602
CAL-2	2.1	3815.40	3817.50	1.72	1.584	2.154	2.282	1.584	3815.92	2.282	3815.22	1.935	3815.57	0.698
CAL-3	2.1	3815.40	3817.50	1.72	1.584	2.154	2.282	1.584	3815.92	2.282	3815.22	1.935	3815.57	0.698
CAL-4	2.1	3814.40	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	0.723	3815.78	1.325	3815.18	1.104	3815.40	0.602
CAL-5	2.1	3814.90	3817.00	1.096	0.958	1.404	1.462	0.958	3816.04	1.462	3815.54	1.230	3815.77	0.504
CAL-6	2.0	3814.50	3816.50	1.071	0.723	1.298	1.325	0.723	3815.78	1.325	3815.18	1.104	3815.40	0.602
CAL-7	1.8	3814.20	3816.00	0.573	0.682	0.71	0.775	0.573	3815.43	0.775	3815.23	0.685	3815.32	0.202
MOVIMIENTO PROMEDIO MENSUAL				1.189	0.997	1.474	1.539	0.981	3815.80	1.539	3815.25	1.300	3815.49	0.558

Fuente: Elaborado en base a estudios de estratificación de suelos y ubicación de niveles freáticos.

FIGURA 38: HISTOGRAMA DEL NIVEL FREATICO ESTADIO GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO



Fuente. Elaborado en base a datos de fluctuacion de nivel fretico.

4.4. ANALISIS DE RESULTADOS DE FLUCTUACION DEL NIVEL FREATICO

I.E. GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO

Analizando los resultados obtenidos en los cuadros 46; podemos observar que la profundidad promedio anual del nivel freático es de 1.106m, tiene como máximo un valor de 0.749m y como mínimo 1.855m. Y en el cuadro 47 se indica que en el periodo de RECARGA que son los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril tenemos un nivel de fluctuación promedio de 0.558m, un valor máximo de 0.981m y mínimo de 1.539m.

Para el presente trabajo de investigación, tendremos en cuenta el valor máximo de fluctuación del nivel freático con respecto a la superficie del terreno donde se ubicara el estadio del Glorioso San Carlos, en los cuadros la fluctuación del nivel freático está referida a una cota de nivel de terreno de máxima de 3817.50 m.s.n.m y una mínima de 3816.00 m.s.n.m; la fluctuación máxima del nivel freático es de 0.981m con una cota de 3815.80 m.s.n.m. El estadio de césped sintético tiene como cota de acabado 3816.88m.s.n.m. Lo que nos indica que al nivel freático máximo en el periodo de recarga de las precipitaciones se tiene una profundidad de 1.08m por debajo de la cota del borde de la cobertura de gras sintético en el estadio.

**4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ESTADIO I.E. GLORIOSO
SAN CARLOS - PUNO**

4.5.1 Calculo hidráulico en drenes con tuberías.

4.5.1.1 Descarga máxima de diseño.

El cálculo del diseño hidráulico de un dren lateral es calcular el caudal que ha de descargar mediante la ecuación 3.30, que Considerando los siguientes datos.

Descarga específica máxima, q (m/día) = 0.052

Espaciamiento entre drenes, L (m) = 5.00

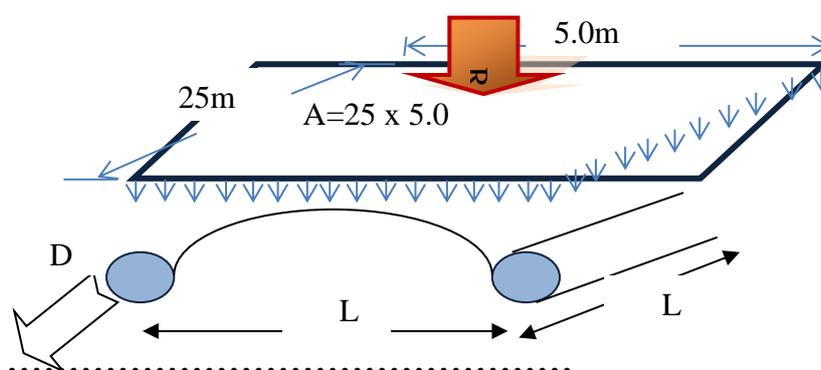
Longitud máxima del dren, L_D (m)= 25.00

Área drenada por cada lateral, A (m²) = 125.0

$$Q = 1000 * 0.052 * 125$$

Como resultado de cálculo se tiene que el caudal máximo de diseño (Q) es 6.50 m³/día.

FIGURA 39: ESQUEMA DE UN LATERAL CON TUBERÍA ENTERRADA.



4.5.1.2 *Calculo del caudal de diseño y diámetro para tuberías lisas.*

Por condiciones hidráulicas el área de descarga tendrá que reducirse en un 60%, según la ecuación 3.31.

$$\text{Área a drenar (m}^2\text{)} = 125.0$$

$$\% \text{ Reducción} = 60\%$$

$$A_c = 125/0.60$$

$$\text{Área corregida (A}_c\text{)} = 208.33 \text{ m}^2$$

✓ **Calculo del caudal ficticio.**

La solución se da con la ecuación 3.32.

$$Q_f = \frac{0.052 \times 208.33}{86400 \times 10^3}$$

Logramos un resultado del caudal ficticio (Q_f) = $1.25E-04 \text{ m}^3/\text{seg}$.

4.5.1.3 *Calculo del diámetro para tuberías lisa llenas.*

Mediante la ecuación 3.35 y con valores de pendientes consideradas de acuerdo a la tabla 3.15.

$$d = 0.193(1.25E - 04)^{0.368} \times 0.005^{-0.211}$$

El cálculo del diámetro (d) de la tubería lisa es de $2.15E-02 \text{ m}$, que equivale a una tubería de 1 pulgada de diámetro como el cálculo que se realizó para tuberías lisa llena; entonces consideraremos un diámetro de tubería de 2 pulgadas o 63 mm, sin embargo el diámetro comercial de tuberías de drenaje en el mercado son de 4 pulgadas o 110 mm de diámetro, este valor se usara para los fines de cálculo.

4.5.1.4 Cálculo del diámetro para tuberías corrugadas.

Dando uso y reemplazando en la ecuación 3.33

$$d = 0.2557(1.25E - 04)^{0.375} \times 0.005^{-0.187}$$

Se obtiene un valor del diámetro $d = 2.38E-02$ m o 24 mm correspondientes a 01 pulgada de diámetro en tal situación se recurre al diámetro comercial de 04 pulgadas o 110mm.

4.5.2 Cálculo del espaciamiento entre drenes (I) según criterios y normas de drenaje.

Diseño de drenaje interno. A través del criterio de drenaje (CD), se pudo establecer que la ciudad de Puno, se presentan precipitaciones de intensidad fuerte, característica propia del régimen variable con carga instantánea (Ecuación de Glover - Dumm). El valor de la lluvia crítica se considerara como recarga normativa (R) es de 52 mm según los estudios realizados por el proyecto PRORRIDRE expresados en el cuadro 21, ésta ocasiona un ascenso de la capa freática desde una altura (ht) ubicada en el subsuelo permeable hasta una altura (ho) localizada en la superficie del suelo A y B, para luego ser evacuada del perfil del terreno deportivo por un espaciamiento entre drenes que garantice la funcionalidad de la cancha durante el evento hasta la próxima jornada de juego.

Basado en lo anterior y en las características físicas e hidráulicas del nuevo perfil del terreno deportivo, se determinó el diseño hidrológico del drenaje de la cancha, cuyos resultados aparecen en el cuadro 48.

CUADRO 48: CARACTERISTICAS Y PARAMETROS DE CALCULO FORMULA DE GLOVER DUMM REGIMEN VARIABLE

ESTRATO	j	Lalm (e1)	Δh	ht	t
FORMULA A USAR	$\frac{\mu L^2}{\pi^2 \left[K_1 \left(\frac{h_0 + h_t}{2} \right) + K_2 D_2 \right]}$	$e_1 \mu * 1000$	$e_1 + \frac{p - Lalm(e_1)}{\mu_2 * 1000}$	$Pdr - \Delta h$	$jLn \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right)$
suelo A	0.00792	13.0	0.2625	0.038	0.00473 L ²
LIMITE					
suelo B	0.03555	46.0	0.1250	0.1750	0.07221 L ²

Fuente: Elaboración propia.

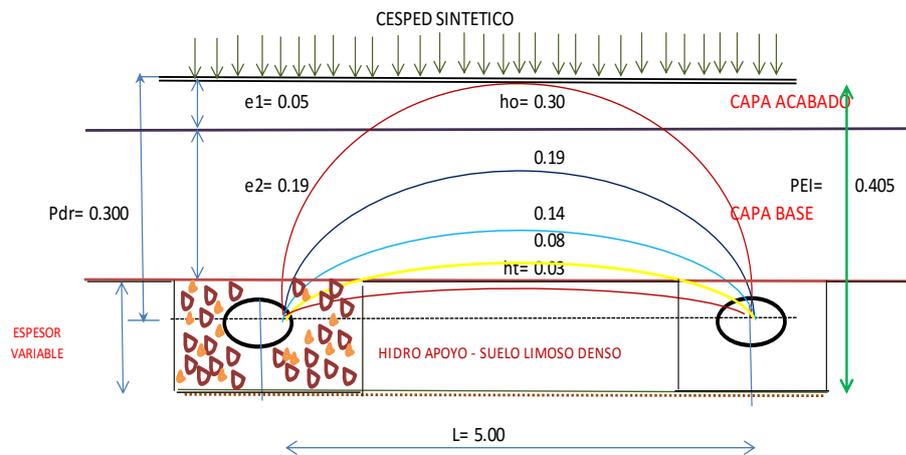
El cuadro 49, muestra el espaciamiento entre Laterales de Drenaje que permite la evacuación del perfil del nuevo suelo desde una altura inicial ho=0.30m, hasta una altura final ht=0.03 en el tiempo establecido por la Norma de Drenaje y la demanda de uso de la población estudiantil de la I.E Glorioso San Carlos – Puno. El espaciamiento (L), que permite la evacuación del nuevo perfil del suelo en el tiempo acorde a las necesidades de uso, consideramos 5m la separación de drenes con una profundidad de drenes (Pdr) de 30 cm. La figura 40, muestra el comportamiento del abatimiento del perfil del nuevo suelo al evacuarse la lluvia de diseño.

CUADRO 49: ESPACIAMIENTO DE DRENES QUE PERMITE LA EVACUACION DE NUEVO PERFIL DEL TERRENO DEPORTIVO EN EL TIEMPO ACORDE A LAS NECESIDADES DE JUEGO

ESTRATO	LAM. EVACUADA %	LAM. ALMACENAMIENTO O (mm)	ALTURA FREATICA ht (m).	PROF. FREATICA A (m).	TIEMPO DE EVACUACION DEL PERFIL (días)			EC. SIMPLIFICADA PARA CADA ESTRATO (días).
					ESPACIAMIENTO (m).			
					5	6	7	
suelo A	0	52	0.30	0	0	0	t1= 4.73 E-3 L ²	
LIMITE	25	39	0.19	0.108	0.118	0.170		
	50	26	0.14	0.163	0.427	0.615		
suelo B	75	13	0.08	0.217	0.872	1.256	1.709	2= 0.0355L ² *Ln (1.16 * 0.20/ht)
	100	0	0.03	0.271	1.805	2.600	3.538	

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 40: VARIACION DEL NIVEL FREATICO POR EVACUACIÓN DEL NUEVO PERFIL DEL SUELO



4.5.3 Calculo del espaciamiento de los drenes (I) por fórmulas de régimen variable.

4.5.3.1 Calculo de la carga hidráulica (H).

De la fórmula de Dagan para suelos con estratos heterogéneos, el cálculo de carga hidráulica en el punto medio de los drenes según las ecuaciones (3.26, 3.27 y 3.28) frente a los datos:

Recarga normativa R (m/día) = 0.052

Espaciamiento de los drenes L= 5.00

Conductividad hidráulica del suelo A, K1 (m/día) = 2.5

Conductividad hidráulica del suelo B, K2 (m/día)= 6

Altura del nivel de agua en los drenes D (m)= 0.105

Radio de tubería del dren considerando que esta se llena hasta la mitad del diámetro, r (m) = 0.055

$$\beta = \frac{2}{3.1415} \ln \left(2 \cosh \frac{3.1415 \times 0.055}{0.110} - 2 \right)$$

$$\beta = 0.775$$

$$Fo = \frac{1}{4} \left(\frac{5}{2 \times 0.110} - 0.775 \right)$$

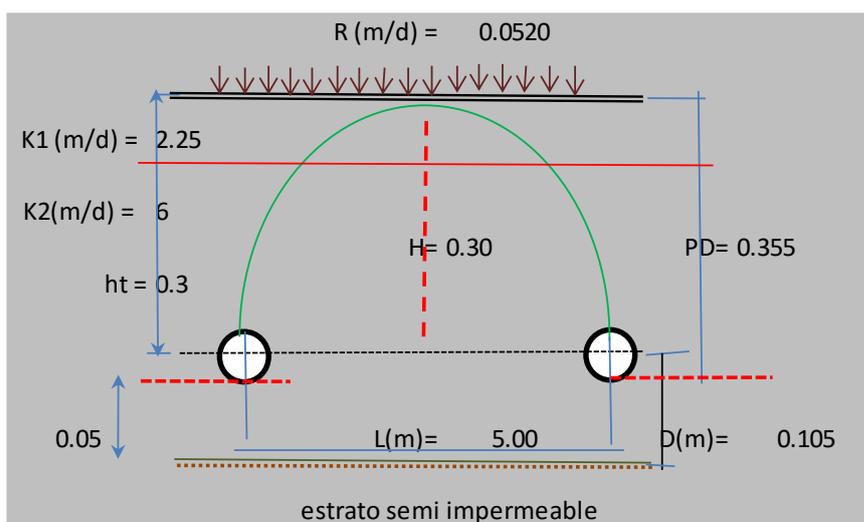
$$Fo = 5.75$$

$$H = \frac{0.052 \times 5}{6} \times \frac{1}{1 - \frac{0.052}{2.5}} \times 5.759$$

$$H = 0.30m.$$

Reemplazando en la ecuación 3.26, se tiene los resultados de la carga hidráulica H igual a 0.30m y el esquema de un lateral con tuberías enterradas.

FIGURA 41: UBICACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA EN PUNTO MEDIO DE LOS DRENES



4.5.3.2 Cálculo del estrato equivalente de hooghoudt (d).

Con los siguientes datos procedemos a calcular el estrato equivalente (d).

Altura del nivel de agua en los drenes respecto a la capa impermeable, $D(m) = 0.11$

Espaciamiento entre drenes en metros, $L(m) = 5.00$

De la ecuación 3.25, el perímetro mojado del dren en metros, $p(m) = 0.67$.

Reemplazando en la ecuación 3.24 se tiene:

$$d = \frac{0.11}{\left[\frac{8}{3.1415} \times \frac{0.11}{5} \text{Ln} \left(\frac{0.11}{0.67} \right) + 1 \right]}$$

El valor de estrato equivalente de Hooghoudt: $d = 0.12$ m.

4.5.3.3 Estrato donde se da el flujo horizontal (Dh).

Considerando que el estrato equivalente de Hooghoudt es de 0.12m, la altura inicial sobre el nivel de los drenes producida por la recarga instantánea $h_0 = 0.30$ m y la altura inicial sobre el nivel de los drenes, al cabo de un tiempo $h_t = 0.03$ m, procedemos a reemplazar estos valores en la ecuación 3.23, se tiene:

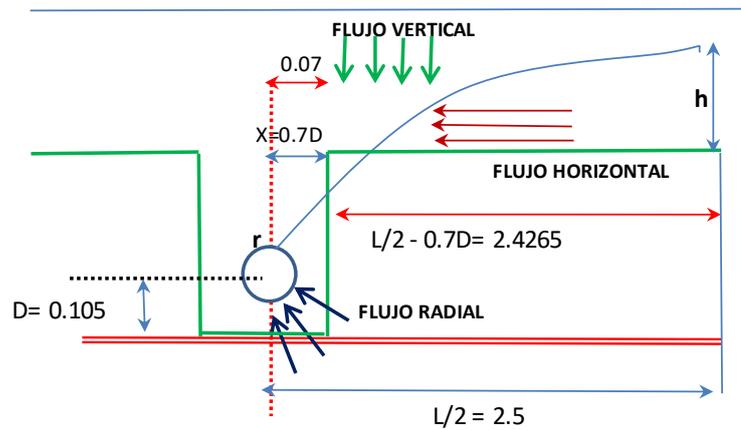
$$Dh = 0.12 + \frac{0.30 + 0.03}{4}$$

Realizado el reemplazo de valores calculamos que la altura del estrato donde ocurre el flujo horizontal, $Dh = 0.20$ m.

4.5.3.4 Calculo de altura de tabla de agua en el punto medio entre dos drenes (h).

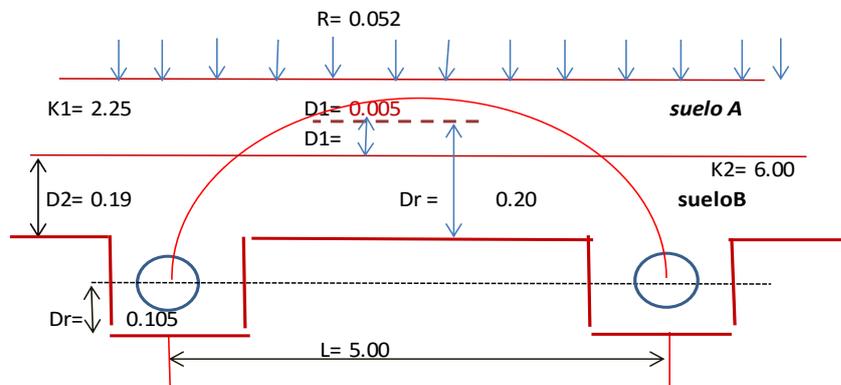
En los sistemas de drenaje, el flujo de agua se descompone en 3 tipos; Flujo vertical (h_v), flujo horizontal (h_h) y flujo radial (h_r), como muestra la figura 14, Hooghoudt refiere que el flujo horizontal y el radial, según criterios establecidos por tipo de flujo se calcula que en la región $X = 0.0735$ m, el flujo es considerado radial y la pérdida de altura de carga en esta región h_r , se debe calcular con una fórmula para flujo radial, así mismo en región $1/2L - 0.7D$, que tiene como valor 2.42m es considerado el flujo horizontal y la pérdida de altura de carga en esta región h_h debe ser calcula por una fórmula de flujo horizontal.

FIGURA 42: ESQUEMA DEL FLUJO VERTICAL, HORIZONTAL Y RADIAL.



En el principio fundamental de la solución de Ernst considera tres componentes, implicando que la pérdida de carga hidráulica también tiene tres componentes los cuales se calculan separadamente. $h = h_v + h_h + h_r$.

FIGURA 43: ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN DE ERNST PARA DRENES EN EL ESTRATO INFERIOR.



De la figura 43, se tiene que la recarga por unidad de área superficial R (m/día) = 0.052 , el espesor de la zona de movimiento vertical D_1 (m) = 0.005 , la conductividad hidráulica de la zona de movimiento vertical de suelo A es K_{v1} (m/día) = 2.25 y la conductividad hidráulica de la zona de movimiento vertical del suelo B es K_{v2} (m/día) = 6.00

4.5.3.5 Cálculo del componente vertical del flujo (h_v).

Mediante la ecuación 3.29a. Determinamos la pérdida de altura de carga del componente h_v , en función de la carga hidráulica total o altura de la tabla de agua en el punto medio entre drenes h , reemplazando y despejando la ecuación 3.29a, en función de h Se tiene:

$$h_v = 0.052 \left[\frac{2 \times 0.005}{2.25} + \frac{h - 20.005}{6} \right]$$

$$h_v = 0.000144 + 0.00867h$$

4.5.3.6 Cálculo del componente horizontal del flujo (h_h).

El componente horizontal de flujo h_h es calculada con la ecuación 3.29b. Que da como resultado

$$h_h = 0.052 \left(\frac{5^2}{8(2.25 \times 0.005 + 6.0 \times 0.19)} \right)$$

$$h_h = 0.141m$$

4.5.3.7 Calculo del componente radial del flujo (h_r).

El componente radial del flujo no será considerado, debido a que la fluctuación del nivel freático se encuentra a una profundidad de 0.72m por debajo del nivel del eje de la tubería de drenaje, motivo por el cual el flujo radial tendrá un valor nulo.

4.5.3.8 Calculo de la perdida de carga en el punto medio de drenes (h).

Reemplazando los valores de la ecuación 3.29a y 3.29b en la ecuación general 3.29 que contempla los tipos de flujos, se calcula la perdida de carga en el punto medio de los drenes obtenida de la perdida de carga por flujo vertical reemplazamos los valores

de la pérdida de carga por flujo horizontal y radial, para así calcular la pérdida de carga o altura de la tabla de agua en el punto medio entre dos drenes (h).

$$h = 0.000144 + 0.0086h + 0.14$$

$$h = 0.143m$$

4.5.3.9 Calculo de longitud entre drenes – formula de Jenab, Globber Dumm y Hooghudt - regimen variable.

Para la aplicación de la fórmula de Jenab, se debe tener en cuenta de los siguientes parámetros y resultado obtenidos:

Cantidad de agua a drenar R (m/día) = 0.052

Altura inicial sobre el nivel de los drenes h_0 (m) = 0.30

Altura sobre el nivel de los drenes, al cabo de un tiempo t; h_t (m) = 0.16

Tiempo necesario para que el agua baje de una posición h_0 , a la posición h_t ; t (día) = 0.43

Conductividad hidráulica del suelo K (m/día) = 6.00

Estrato equivalente de Hooghoudt d = 0.12

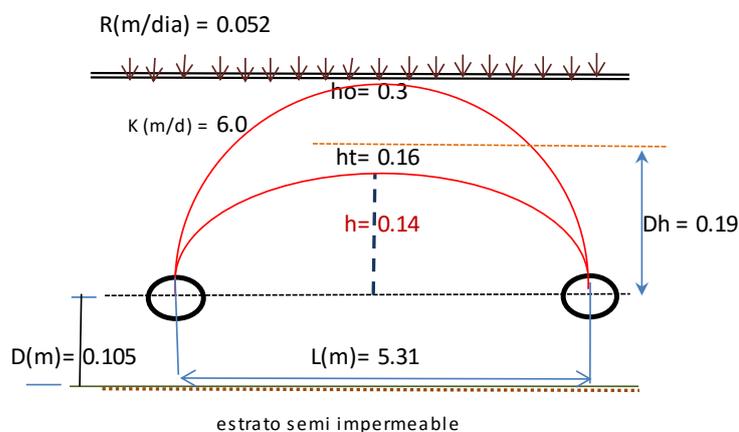
Perímetro mojado del dren P (m) = 0.67

Espesor donde ocurre el flujo horizontal D_h (m) = 0.19

Espacio poroso drenable \emptyset (m/m) = 0.24

Valor que se obtiene del monograma ubicado en el anexo, en función de D (Un) que representa la función de drenaje, C = 0.59

FIGURA 44: PARÁMETROS PARA LA FÓRMULA DE JENAB Y GLOBER DUMM RÉGIMEN NO PERMANENTE



- ✓ El cálculo de espaciamiento entre drenes mediante la ecuación de Jenab se ha efectuado reemplazando los valores en la ecuación 3.17.

$$L = \frac{1}{0.59} \sqrt{\frac{4 \times 0.43 \times 6.0 \times 0.19}{0.24}}$$

$$L = 5.31m$$

- ✓ El cálculo de espaciamiento entre drenes mediante la ecuación de Globber Dumm se efectúa reemplazando los valores en la ecuación 3.12.

$$L = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 6.0 \times \left(0.12 + \frac{0.30}{0.16}\right)}{0.24 \times \ln\left(1.16 \frac{0.30}{0.16}\right)}}$$

$$L = 5.53m.$$

- ✓ El cálculo de espaciamiento entre drenes mediante la ecuación de HOOGHUDT se efectúa reemplazando los valores en la ecuación 3.22.

$$L = \sqrt{\frac{8 \times 6.0 \times 0.14 \times 0.12}{0.052} + \frac{4 \times 2.25 \times 0.14^2}{0.052}}$$

$$L = 5.19m.$$

CUADRO 50: RESUMEN DE CÁLCULOS DEL ESPACIAMIENTO ENTRE DRENES MEDIANTE INTERACCIONES

METODO	ECUACION PARA INTERACCIONES		d estimado (m).	L estimado (m).	d calculado (m).	L calculado (m).	Espaciamento (m).
	ESPACIAMIENTO	ESTRATO EQUIVALENTE					
HOOGH OUDT	$L = \sqrt{131.5667d + 11.70}$	$d = \frac{0.105}{\frac{-0.4955}{L} + 1}$	1.0000	11.9694	0.1095	5.1099	5
			0.1095	5.1099	0.1163	5.1960	
			0.1163	5.1960	0.1161	5.1934	
			0.1161	5.1934	0.1161	5.1934	
			0.1161	5.1934	0.1161	5.1934	
GLOVER DUMM	$L = \sqrt{132.8984d + 15.1992}$	$d = \frac{0.105}{\frac{-0.4955}{L} + 1}$	1.0000	12.1695	0.1095	5.4540	6
			0.1095	5.4540	0.1155	5.5270	
			0.1155	5.5270	0.1153	5.5252	
			0.1153	5.5252	0.1153	5.5253	
			0.1153	5.5253	0.1153	5.5252	
JENAB	$L = 1.6949\sqrt{42.7108d + 4.8847}$	$d = \frac{0.105}{\frac{-0.4955}{L} + 1}$	1.0000	11.6931	0.1096	5.2427	5
			0.1096	5.2427	0.1160	5.3161	
			0.1160	5.3161	0.1158	5.3141	
			0.1158	5.3141	0.1158	5.3142	
			0.1158	5.3142	0.1158	5.3142	

Fuente: Elaborado con resultados de fórmulas de cálculo de separación de drenes

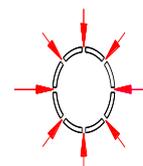
En conclusión según las ecuaciones resueltas de los métodos Jenab, Glober, Dumm y Hooghoudt para el cálculo de la separación entre drenes, se resuelven considerar en el presente trabajo de investigación una separación de 5m entre drenes laterales los que evacuaran el agua por efecto de la precipitación en el estadio de al I.E.C.N Glorioso San Carlos – Puno.

4.6 CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA DE DRENAJE TIPICA.

Las tuberías típicas que se utilizan para la instalación de sistemas de drenaje en campos deportivos que vienen siendo ejecutados por instituciones públicas o privadas constan de tuberías de 4” de diámetro de PVC SAP C-10 cribada. De especificaciones técnicas similares a las de agua potable, dicha tubería de drenaje deberá contar con

perforaciones de 1/4" de diámetro espaciados 05 centímetros en ocho filas longitudinales según se muestra en la fig. 45.

FIGURA 45: TUBERÍA DE DRENAJE DE Ø 4" PVC
C-10 CRIBADA



TUBERÍA DE DRENAJE PLUVIAL DE Ø4" PVC C-10
CRIBADA DEL CAMPO DEPORTIVO CON PENDIENTE
0.5% Y AGUAJEROS DE Ø1/4" @5cm, EN OCHO (08)
FILAS LONGITUDINALES (SEGUN GRAFICO).

4.7 PROPUESTA DE TUBERÍA DE DRENAJE PARA EL ESTADIO I.E. GLORIOS SAN CARLOS – PUNO.

4.7.1 Tuberías de drenaje AdvanEdge.

El drenaje del campo deportivo del estadio, estará compuesto por tuberías de drenaje AdvanEdge como muestra la figura 4.08 los que son de plástico perforadas y apaneladas de 12" de ancho y 1.5" de espesor, envuelto en un geotextil que filtra el suelo, pero que no actúa como un miembro estructural. Comparada con una tubería circular de 4", una tubería de panel de 12", de igual longitud tiene 2 veces el área de contacto de suelo y drena una cantidad igual de agua en aproximadamente el 60% del tiempo. Para mayor referencia de la tubería AdvanEdge, se adjunta información en el anexo. Figura 46.

FIGURA 46: TUBERÍA DE DRENAJE APANELADA ADVANEDGE

TDM

Selección de Productos

Tubería AdvanEdge

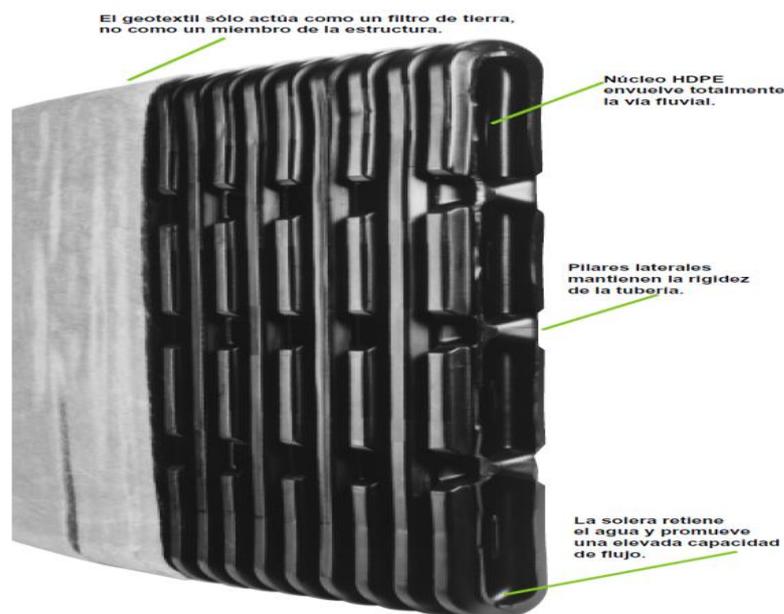
Alturas de:

- 12” y 18”

Presentación:

Rollos de:

- 30.40 ml
- 91.40 ml



4.8 SECCION DEL CANAL RECTANGULAR RECOLECTOR DE LAS AGUAS DEL SISTEMA DE DRENAJE CAMPO DEPORTIVO

El diseño de las obras complementarias de drenaje interno se aprecia en los planos adjuntos.

Diseño de drenaje de la pista atlética, veredas perimetrales y graderío lateral. Estas superficies captarán la lluvia crítica de 52 mm, concentrándola en un canal rectangular

diseñado en tramos de 25 metros de longitud a dos aguas con pendiente de 0.4% ubicadas perimetralmente en los bordes laterales, los que serán conectados a buzones de observación y mantenimiento para luego conducirlos por tuberías hacia los sistemas de drenaje pluvial existentes en la I.E Glorioso San Carlos como los de la Ciudad de Puno (Ver planos adjuntos en Anexo).

4.8.1 Determinación del caudal de escurrimiento de aguas pluviales en obras complementarias

EL caudal a evacuar se determinó utilizando la ecuación 3.02, del Método Racional, al tener un área a evacuar menor a 13 km². Teniendo los datos.

Caudal Pico “Q”, m³/seg.

Coefficiente de escorrentía Ci.

Es la intensidad de lluvia de diseño (I), mm/hr.

Es el área de drenaje (Ai), km².

CUADRO 51: CALCULO DEL CAUDAL A EVACUAR POR ÁREA TRIBUTARIA

ZONA	AREA (km2)	C	S %	I (mm/hr)	Q (m3/seg)	Q (L/seg)
Área de pista atlética	0.000495	0.95	0.5	52.0	0.007	6.798
Área de graderíos estadio	0.000513	0.85		52.0	0.006	6.304
Área de veredas perimetrales	0.0001806	0.85	0.5	52.0	0.002	2.219
TOTAL CAUDAL A EVACUAR					0.015	15.321

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Calculo del caudal de evacuación para canales colectores.**

Se resuelve que el caudal de aporte del margen izquierdo según el cuadro 50. Es de 0.007m³/seg. Y del margen derecho al campo deportivo es de 0.009 m³/seg.

- ✓ **Calculo del caudal de evacuación para canales laterales considerando el 50% del área del campo deportivo a evacuar.**

Sabemos que según el plano de planta de distribución de sistema de drenaje del campo deportivo del estadio de la I.E Glorioso San Carlos cuenta con un total de 18 drenes laterales espaciados a 5m y 09 unidades de tuberías de drenaje que evacuan un caudal unitario por dren de $1.25E-04m^3/seg$ y en 09 unidades de tuberías de drenaje el caudal de evacuación será de $0.001 m^3/seg$. Por margen.

- ✓ **Calculo del caudal de diseño en el canal colector paralelo al campo deportivo y obras complementarias.**

Considerando el margen derecho donde se encuentran más obras complementarias cuyo caudal de evacuación por escurrimiento es de $0.009 m^3/seg$ y el caudal de evacuación de los drenes laterales margen derecho es $0.010m^3/seg$ logrando acumular un caudal total de $0.010m^3/seg$, caudal que debe evacuarse por medio de los canales colectores.

4.9 DETERMINACION DEL TIPO DE GEOTEXTIL FILTRANTE.

4.9.1 Criterio de retención.

Mediante la ecuación 3.37 y Cumpliendo con las siguientes condiciones se calculó.

Tamaño de abertura dato suministrado por el fabricante. $TTA= (mm)$

Tamaño de partículas en (mm), cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de este.

Este dato se obtiene de la curva granulométrica en consideración D85

Coefficiente que varía entre 1 - 3 depende del tipo de suelo a drenar, de las condiciones de flujo y tipo de geotextil (B).

✓ **Datos obtenidos de la curva granulométrica de la capa base**

$$Cu = 7.26 \text{ mm}$$

El coeficiente de uniformidad se encuentra entre los parámetros:

$$4 < Cu < 8$$

Para tal caso usaremos:

$$B = 8 / Cu$$

Entonces se tiene el Valor de $B = 1.10$

De la condición de criterio de retención se tiene que:

$$TTA < D_{85} \times B, \text{ y el valor del } D_{85} \text{ es: } 20.47 \text{ mm}$$

$$TTA < 22.56 \text{ mm.}$$

4.9.2 Criterio de permeabilidad.

Este criterio permite la medición de la propiedad del geotextil a permitir el paso del flujo perpendicular al plano del mismo, el que calcularemos con los siguientes datos.

Tomando la condición de altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo usamos el criterio de Christopher y Holtz, mencionado en la ecuación 3.42

Dónde:

K_g =Permeabilidad del geotextil.

K_s =Permeabilidad del suelo

Se tiene que el valor del estrato suelo B tiene una conductividad hidráulica de $K_s = 6\text{m/día}$. Reemplazando se tiene: $K_g \geq 60 \text{ m/día}$.

Criterio de Colmatación. Este criterio considera la posibilidad de taparse algunos de sus vacíos debido a incrustaciones de partículas del suelo por lo tanto el geotextil debe tener un espacio mínimo de vacíos, así mismo los geotextiles tejidos tienen baja porosidad y riesgo de colmatación muy alta con la consecuencia una pérdida súbita de permeabilidad

Para la selección del geotextil y que cumpla con el criterio de colmatación seleccionaremos un geotextil no tejido por tener una mayor resistencia a la colmatación además los geotextiles para sistemas de drenaje de acuerdo con el criterio de Christopher y Holtz. Los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad $> 50\%$

4.9.3 Criterio de supervivencia.

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecte sus propiedades hidráulicas y físicas. Los requerimientos de supervivencia se establecen según las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG – 2000), lo que se muestra en el anexo cuadro 15.

4.10 INSTALACION DEL CAMPO DEPORTIVO DEL ESTADIO DE LA I.E. GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.

4.10.1 Preparación de la sub base.

4.10.1.1 Investigación del terreno.

El campo deportivo de la I.E Glorioso San Carlos – Puno se instaló en una zona donde existía un cancha de tierra, por lo que las condiciones del suelo no eran favorables para el desarrollo del fútbol de la población estudiantil.

El diseño contempla las mejoras que se realizaron, determinándose el material a remover y lo que se debe rellenar.

4.10.1.2 Aspectos que se consideraron en el terreno.

- ✓ Existencia de turba y otros suelos orgánicos en el terreno.
- ✓ Materiales de rellenos no controlados o material de desecho.
- ✓ Suelos expansivos.
- ✓ Altos niveles de agua en los suelos.

4.10.1.3 Despeje del terreno.

La primera actividad en este tipo de obras fue proceder a limpiar el terreno despejando de basuras, escombros, malezas y otros materiales excedentes que existan, un punto importante es la aplicación de un mata maleza o “herbicida”, para impedir que crezcan hierbas que posteriormente puedan dañar la cobertura sintética.

FIGURA 47: IMAGEN DE ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO DEL CAMPO DEPORTIVO



4.10.1.4 Trazo, nivelación y replanteo.

Se realizó el trazo y replanteo del área del campo deportivo, por la naturaleza de la obra se debe contar durante la ejecución del proyecto con un topógrafo y sus respectivos equipos de precisión el que realizar un control planimétrico y altimétrico de las labores que contempla la instalación del sistema de drenaje y base granular del estadio de la I.E Glorioso San Carlos – Puno.

4.10.1.5 Excavaciones a nivel de sub rasante.

Una vez realizado el replanteo se procedió a remover y retirar todo el material existente dentro del área correspondiente al campo deportivo hasta alcanzar la cota de la sub rasante, teniendo en consideración que la superficie cumpla con los parámetros que en el estudio específica y que este en concordancia con los criterios técnicos básicos. Para alcanzar los niveles de sub rasante se efectuó los trabajos de escarpado, relleno, humectación, compactación mecánica, perfilado y nivelación necesarios y suficientes para cumplir con lo especificado.

FIGURA 48: REMOCIÓN Y RETIRO DE MATERIAL INADECUADO A NIVEL DE SUB RASANTE.



5.10.1.6 Relleno a nivel sub base.

Las condiciones naturales del suelo no eran las adecuadas para la sub base motivo por el cual se relleno con material externo el que cumpli6 con las siguientes condiciones: material inorgánico libre de material vegetal, escombros, basura, sin presencia de terrones entre otros. Esta carpeta se relleno por capas horizontales de espesor suelto no mayor de 20 cm., ni menor a 12cm. En toda el área del campo deportivo de acuerdo al método empleado en la distribución, mezcla y compactación; la distribución se realiz6 mediante una motoniveladora y la compactación con un rodillo teniendo un control altimétrico permanente.

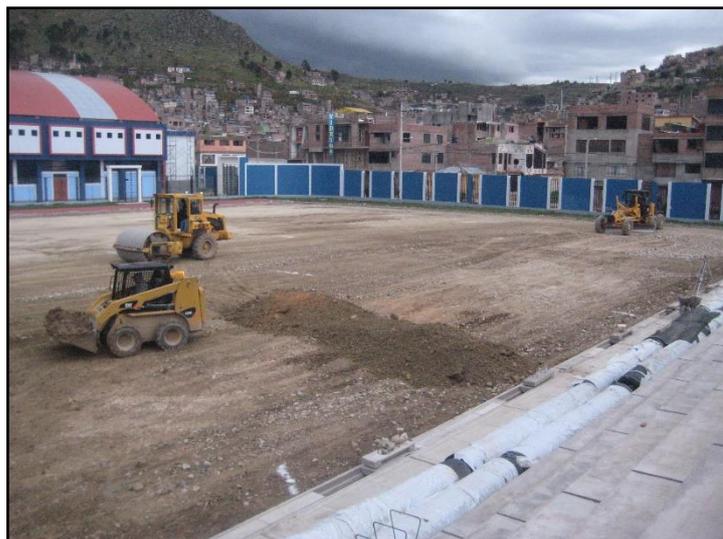
FIGURA 49: RELLENO Y NIVELADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO A NIVEL SUB BASE.



5.10.1.7 Compactación de la Sub base del campo deportivo.

El relleno estructural se nivelo y compacto al 95% de la densidad máxima compactada seca (DMCS) del proctor modificado, la sub base se compacto en ambas direcciones para lograr el nivel de compactación especificado.

FIGURA 50: PERFILADO, NIVELADO Y COMPACTADO CAMPO DEPORTIVO.



4.11 CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE DRENAJE

En este tipo de obras es de vital importancia contar con un perfecto sistema de evacuación de aguas pluviales para que permita la ocupación del terreno de juego independientemente de las condiciones climáticas.

El drenaje funciona gracias a la gravedad, las tuberías se instalan en ángulo descendente, desde el interior de la cancha, para ser captadas por un tubo de mayor diámetro y conducidas hacia los canales colectores de aguas de lluvias más cercanas. Los drenajes se construirán sobre un material tipo Relleno Estructural, de un espesor mínimo de 0,3m, compactada al 90% de la DMCS (Proctor modificado).

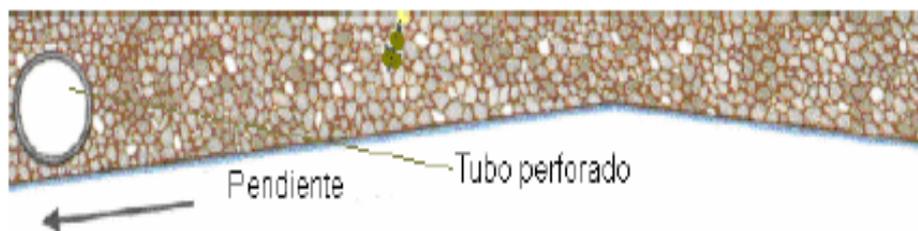
4.11.1 Disposición y zanjeo de canales de drenaje.

Existen diversas alternativas de colocar el sistema de evacuación de aguas en una cancha, las que poseen diferentes capacidad de evacuación, por lo que las condiciones del proyecto determinan la solución más adecuada.

4.11.1.1 Distribución transversal simple.

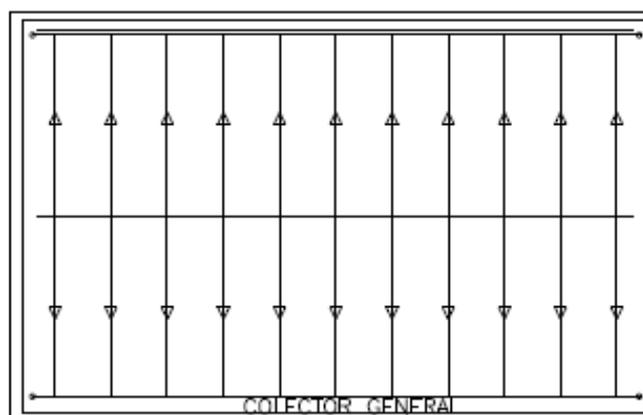
Esta forma se podría resumir como una posibilidad más simple que la anterior, con pendientes similares, siendo la única diferencia la eliminación de los tubos colectores diagonales. Con respecto a las pendientes podemos decir que esta puede ser en una sola dirección con un colector general en el costado de menor cota, la otra alternativa es la señalada en la figura, donde se tiene pendiente hacia ambos costado, partiendo desde el eje central. Esta última solución es más adecuada ya que la distancia a recorrer por el agua es menor. La solución a tomar depende de los niveles de agua a eliminar, y de las alternativas que existen para conducir el caudal evacuado.

FIGURA 51: PENDIENTE CON DIRECCIÓN DE TUBERÍA DE DRENAJE.



Fuente: Rozas Ovando (2009) Proyecto Multicanchas.

FIGURA 52: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED DE DRENAJE



Fuente: Rozas Ovando (2009) Proyecto Multicanchas.

La zanja se excavará en el sentido contrario al escurrimiento longitudinal de las aguas; sus taludes y fondo deberán quedar con superficies parejas y estables, sin material suelto.

FIGURA 53: EXCAVACIÓN DE ZANJAS PARA DRENAJE



FIGURA 54: DISPOSICIÓN DE ZANJAS DE DRENAJE EN CAMPO DEPORTIVO.



4.11.2 Colocación de manta geotextil.

Para la colocación de la membrana geotextil esta será en el nivel +0.47, en toda la superficie, en la zona de las zanjas donde se ubicaran las tuberías de drenaje el geotextil se introducirá por lo mucho 0.15 m. y para los casos de empalmes este será no mayor de 0.15m.

FIGURA 55: TRAZO PARA EMPALME DE UNIÓN EN GEOTEXTIL SEMIPERMEABLE.



Previamente para la colocación del geotextil la superficie se deberá compactar a un 95% del proctor modificado.

FIGURA 56: TENDIDO DE MEMBRANA GEOTEXTIL EN CAMPO DEPORTIVO A NIVEL DE SUB BASE



4.11.3 Colocación de tuberías de drenaje ADVANEDGE.

El drenaje del campo de futbol está compuesto por tuberías plásticas perforadas apaneladas de 12” de ancho y 1.5” de espesor, envuelto en un geotextil que filtra el suelo, pero que no actúa como un miembro estructural.

Procediéndose a la instalación de los rollos de la tubería apanelada de 12” con sus accesorios, en forma horizontal de acuerdo con diseño del plano y conectándolas a los canales de evacuación.

FIGURA 57: UNIÓN DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE DRENAJE.



Las líneas de drenaje serán transversales al campo manteniendo un distanciamiento de 5 m entre líneas, Las líneas nacerán del centro longitudinal del campo hacia los canales de evacuación con una pendiente del 0.5%, iniciándose con una cota de fondo de zanja de NPT + 3816.44m.s.n.m, que con los 5 cm de piedra chancada de ¼” en el fondo se obtiene una cota de fondo de la tubería apanelada de NPT +3816.49 m.s.n.m, como cotas de inicio de todas las tuberías de drenaje. Las cotas de entrega tendrán una cota de fondo de zanja de NPT + 3816.28 que con los 5 cm de piedra chancada de ¼”

se obtiene una cota de fondo de la tubería apanelada en la entrega al canal de evacuación de NPT + 3816.32 m.s.n.m.

FIGURA 58: TENDIDO DE TUBERIAS DE DRENAJE EN ZANJAS DE CAMPO DEPORTIVO.



FIGURA 59: DISPOSICION DE TUBERIAS DE DRENAJE EN ZANJAS DE CAMPO DEPORTIVO



4.11.3.1 Relleno de zanjas.

Los canales de drenaje deben ser rodeados y tapados con el mismo material (piedra partida o similar) que compone el manto drenante todas las zanjas de las líneas de drenaje con la tubería apanelada serán rellenas con piedra chancada de 1/4" sobresaliendo 1" sobre el nivel de la subrazante compactada.

FIGURA 60: RELLENO DE CANALES DE DRENAJE A NIVEL DE SUB BASE.



4.11.4 Colocación de la base granular drenante.

4.11.4.1. Base granular drenante permeable.

Las bases son la superficie que está en contacto directo con el césped sintético, por lo que debe cumplir con las especificaciones que el fabricante indique, pero todos estos productos tienen el mismo objetivo que es dar un soporte adecuado a la carpeta sintética y tener la capacidad de dejar pasar el agua hacia el sistema de drenaje, es importante recordar que se debe mantener la pendiente establecida en la sub base.

FIGURA 61: COLOCADO Y EXTENDIDO DE MATERIAL BASE PERMEABLE.



La piedra de la capa base deberá ser esparcida y será completamente mezclada por medio de una cuchilla en toda su profundidad de la capa, llevando alternadamente toda la capa hacia el centro y a las orillas de la calzada regándose el material durante la mezcla.

FIGURA 62: APLICACIÓN DE AGUA CON CISTERNA PARA COMPACTADO DE BASE PERMEABLE.



Inmediatamente después de extendido regado con óptima humedad y perfilado todo el material colocado deberá ser compactado al 95% Proctor modificado.

Cualquier irregularidad o depresión que presente después de la compactación debe ser corregida removiendo el material en esos lugares y añadiendo o retirando material hasta que la superficie sea llana y uniforme, obteniendo la cota NPT + 0.66 en toda la superficie. Luego deberá ser compactada la superficie corregida tomándose muestras, para verificar su grado de compactación.

FIGURA 63: COMPACTADO DE ESTRATO BASE PERMEABLE DEL CAMPO DEPORTIVO.



Después de que la compactación descrita haya sido terminada la superficie será refinada manualmente no permitiéndose errores de más de 10 mm en una regla de 3m. Procediéndose luego a la aplicación de la capa de acabado de 5 cm en forma manual con reglas.

FIGURA 64: REFINE MANUAL DE ESTRATO ACABADO BASE PERMEABLE



A lo largo de las canaletas de evacuación y en todo lugar que no sea accesible a la compactadora, el material de capa de piedra, será apisonado con compactadora pequeña. Se deberá regar el material con agua durante el aplanamiento, apisonado y nivelando.

FIGURA 65: COMPACTACIÓN DE BASE PERMEABLE ENTRE OBRAS COMPLEMENTARIAS



La capa de piedra base del césped sintético, está compuesta por dos partes; una capa base, de 0.19 metros en la zona inferior y una capa de acabado, de 0.05 metros, en la zona superior debiendo ser nivelada y compactada con un margen de error de no más de 10 mm en regla de 3 m, debiendo obtenerse la cota NPT + 3816.82 m.s.n.m., en toda la superficie.

FIGURA 66: VERIFICACIÓN DE HORIZONTALIDAD DE BASE GRANULAR PERMEABLE



4.11.5 Colocación de cobertura de grass sintético.

Los rollos deben ser colocados de tal manera que se atraviese el lado más corto de la cancha, lo que exige que las uniones del césped existan solo en una dirección. Se debe comenzar a tender la carpeta desde un extremo, cuidándose que quede perfectamente tendida, esta podrá ser tendida mediante maquinaria especial o simplemente a mano, acción que necesita varias personas para un óptimo tendido.

FIGURA 67: INSTALACIÓN DE COBERTURA DE GRAS SINTÉTICO EN CAMPO DEPORTIVO



Los rollos generalmente tienen un ancho de 4 a 5 m. Lo que exige juntas para cubrir la totalidad del campo de juego, estas se realizan a medida que se va avanzando el trabajo. Se debe unir las juntas, usándose un pegamento especial recomendado por el fabricante.

FIGURA 68: INSUMOS UTILIZADOS PARA PEGADO DE JUNTAS DE GRASS SINTÉTICO



FIGURA 69: PEGADO DE JUNTAS DE BORDE DE GRASS SINTÉTICO.



Es importante una buena calidad de la unión de tal manera que estas sean casi imperceptibles al deportista, no impidiendo el buen rodado del balón, así como el desplazamiento del deportista

FIGURA 70: VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE PEGADO DE
JUNTAS DE ENCUENTRO

4.11.5.1 Colocación de relleno en la cobertura de grass sintético.

Colocación de arena sílice y caucho granular SBR negro; la arena sílice y los gránulos de caucho, se colocan como capa superior del relleno, proporcionando a las

superficies de césped sintético, confort, elasticidad y unas características deportivas similares a las de la hierba natural, en cuanto a absorción de impactos, devolución y disipación de energía, el espesor de colocación del caucho es de 3cm., por encima de la arena sílice.

FIGURA 71: APLICADO DE COBERTURA DE ARENA SÍLICE SOBRE GRASS SINTÉTICO.



FIGURA 72: COLOCADO DE CAUCHO MOLIDO SOBRE CAMPO DEPORTIVO.



4.12 COSTOS DEL INSTALACION DEL SISTEMA DE DRENAJE Y COBERTURA DE GRAS SINTETICO DEL CAMPO DEPORTIVO I.E. GLORIOSO SAN CARLOS.

El costo de instalación propuesto de campo deportivo de la I.E.C.N Glorioso San Carlos – Puno, asciende a un total de 532,690.62 nuevos soles monto que incluye la partidas de estructuras con un monto de 57,230.37 nuevos soles, arquitectura con 420,236.25 nuevos soles la partida de sanitarias con 55,224.00 nuevos soles sin incluir IGV, tal como se puede apreciar en el anexo cuadro 21.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

1. Para el control y evacuación del exceso de agua debido a las altas intensidades de precipitación se plantea la instalación de un sistema de drenaje y la conformación de una base permeable que garantizan condiciones adecuadas para la instalación de cobertura del campo deportivo del estadio de la I.E Glorioso San Carlos – Puno.
2. El sistema de drenaje propuesto es subterráneo y Presenta un esquema de trazo en peine o paralelas, compuesto por 19 drenes laterales ubicados en el campo deportivo con pendiente longitudinal de 0.5% a dos aguas, los drenes laterales serán instalados a una profundidad inicial de 0.40m y profundidad final de 0.52m. Los que interceptan a 02 drenes troncales abiertos con tapas de protección ubicados en ambos márgenes de campo deportivo con pendiente de 0.4%; las tuberías de drenaje para el campo deportivo del estadio serán tubos Advan Edge, que son de plástico perforadas, tipo apanelada de 12” de ancho, 1.5” de espesor envuelto en un geotextil, el espaciamiento de los drenes laterales del campo deportivo a partir de los métodos de régimen variable Glover - Dumm, Jenab, Hooghudt será de 5m. Con el fin de poder evacuar el caudal de precipitación de una altura 0.30m a 0.03m en un tiempo de evacuación menor a 2 días

3. La base granular drenante propuesta tendrá un espesor de 0.24m y está conformado por 02 tipos de suelos que presentan granulometría bien graduada con cantidades apreciables de partículas de tamaño intermedio y un suelo denominado colchón de almacenamiento que rodea la tubería de drenaje.

Suelo A: estrato acabado. Según la clasificación SUCS y AASHTO, corresponde a una arena bien graduada (SW) y perteneciente al grupo A-1, sub grupo A-1-a; A-1-b. Con composición granulométrica de un 87.02% de arena gruesa y 12.98% de grava, un coeficiente Cu de 6.91 y Cc de 0.97.

Suelo B; estrato base granular Según la clasificación SUCS y AASHTO, A denominado estrato de acabado corresponde a una grava bien graduada (GW), grupo A-1, sub grupo A-1-a; A-1-b. El que se compone de 71.30% de grava, arena gruesa 28.70% cuyos coeficientes Cu 7.26 y Cc de 1.53

Suelo C: estrato conformado por piedra chancada de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro cumpliendo la función de encamado y colchón de almacenamiento de agua el cual rodea la tubería de drenaje con espesores de 0.20m a 0.32m.

La base granular drenante propuesta considerando una infiltración letrada de 50.565 cm/hr, la infiltración ajustada 52.678 cm/hr y finalmente la infiltración acumulada con 44.016 cm/hr; demostrando que la base granular permeable del campo deportivo del estadio de la I.E. “Glorioso San Carlos”, presenta una infiltración moderadamente rápida a muy rápida. Logrando que las precipitaciones pluviales adquieran una influencia directa en el sistema de drenaje.

5.2 RECOMENDACIONES.

1. Dada la importancia de la ejecución de proyectos deportivos (estadios), a nivel Local, Regional y Nacional es importante realizar una sustentación técnica de las características y propiedades que deben tenerse en cuenta para la realización de proyectos de esta naturaleza los cuales logren cumplir con prácticas deportivas que no afecten la integridad física de los usuarios deportistas.
2. Para la conformación de la base granular drenante de campos deportivos se tendrá en cuenta un material, que tenga características de resistencia, compresibilidad y permeabilidad y que permita una compactación adecuada del estrato granular drenante logrando tener una superficie compacta y nivelada así mismo las tuberías conformantes del sistema de drenaje deben considerar tuberías rígidas que eviten la deflexión de su sección, compuestas de ranuras que permitan el paso del agua y su evacuación.

CAPITULO VI

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. BALBOA, M. “Estudio y Diseño del Sistema de Drenaje en la Ciudad Universitaria del Altiplano”. Tesis UNA, Puno, 1996.
2. CISNEROS ALMAZÁN R, “Apuntes de Materia de Riego y Drenaje”, UASLP, Potosí, 2003.
3. HERNÁNDEZ. S. “Metodología de la Investigación” Editorial Mc Graw-Hill, 2003.
4. ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia. “Manual de la Construcción”, Lima, 2012.
5. JUÁREZ BADILLO E. “Mecánica de Suelos Tomo I y II”, Editorial Limosa, México, 1996.
6. EMPRESA EDITORIAL MACRO “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje”, Lima – Perú, 2011
7. ÁREA DE SUELOS Y DRENAJE. EDITORIAL TRILLAS “Manuales para la Educación Agropecuaria”, México. 1996.
8. ROJAS, R. CIDIAT - CENTRO AMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS “Drenaje Superficial de Tierras Agrícolas”, Venezuela. 1976.

9. ROSELL, A. CAPÍTULO DE INGENIEROS CIVIL – Colegio de Ingenieros del Perú. “Irrigaciones”, Lima 1999.
10. THE ARMCO INTERNATIONAL CORPORATION, “Manual de drenaje y productos de construcción”, Estados Unidos 1958.
11. Vázquez, A “Manejo de Cuencas Alto Andinas”. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima 1997.
12. VILLASANTE, M. “Evaluación y Alternativas de Diseño del Sistema de Riego y Drenaje del Estadio de la UNA”, Tesis UNA, Puno 2003.
13. VILLON BEJAR. M. “Drenaje”. Centro de Información Tecnológica CIT, Costa Rica 2004
14. JESÚS RAMOS SALAZAR “Obras. de Instalaciones Sanitarias en la Construcción” Lima 2005.
15. RODRIGO V. ROZAS. “Proyecto de Multicancha Tipo, con terminación de Césped Sintético” Tesis Universidad Austral de Chile, Valdivia 2009.
16. COMISION NACIONAL DE AGUA “Manual de Instalación de tubería para Drenaje Sanitario”, México 2012.
17. NICOLL “Manual Técnico de Saneamiento”, Lima Perú.
18. VILLON BEJAR M. “ESPADREN - Software para el Cálculo de Espaciamiento entre Drenes”, Lima Perú.

ANEXOS

GRAFICO 01: PERFILES ESTRATIGRAFICOS EN CALICATAS CON FINES DE CIMENTACION

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-1.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solicita : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-1

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
1.00			Relleno limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raices y cierta basura. Además contiene partículas o desechos de materiales constructivos.	OL
			Arcilla café negrusco, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina. A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color mamón claro y mamón oscuro. Además a mas profundidad se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso o arena fina	CH
2.00	M-1		(Muestra geotécnica) N. F.	
3.00	M-2		Arcilla café claro con manchas amarillentas, de consistencia y plasticidad media, con algunas partículas de grava fina. (Muestra geotécnica)	CL
			Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.	

OBSERVACIONES

C-1 : Ubicado cerca de la puerta hacia el Jr. Talara

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-2.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solicita : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-2

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
			Relleno limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raíces y cierta basura. Además contiene partículas o desechos de materiales constructivos.	OL
1.00			Arcilla café negrusco, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina. A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color marrón claro y marrón oscuro. Además a mas profundidad se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso o arena fina	CH
2.00	M-1	(Muestra geotécnica)	N. F.	
			Arcilla café claro amarillento con manchas negras, de consistencia media y plasticidad alta, con algunas partículas de grava fina.	CH
3.00	M-2	(Muestra geotécnica)	Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.	

OBSERVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno

Solicitante : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos

Calicata : C-3

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
			Relleno limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raices y cierta basura. Además contiene partículas o desechos de materiales constructivos. (Existe una filtración de agua)	OL
1.00			Arcilla café oscuro, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina. A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color mamón claro y mamón oscuro. Además se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso. En la parte mas inferior de este estrato existe turba en un espesor de 0.30 m aproximadamente (Muestra geotécnica)	CH
2.00	M-1		N. F.	
			Arcilla café claro, de consistencia media y plasticidad alta, contiene partículas partículas de grava de forma sub-angulosa, TM : 2". En la parte mas inferior se tiene grava arcillosa. (Muestra geotécnica)	CH
3.00	M-2		Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.	

OBSERVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-4

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solista : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-4

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
1.00	M-1		Limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raices.	OL
			Relleno grava limosa café claro a beige, con partículas de grava de forma sub-angulosa, semi-compacto.	GM
			Arcilla café negrusco, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina. A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color marrón claro y marrón oscuro. Además a mas profundidad se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso o arena fina. (Muestra geotécnica)	CH
2.00				
3.00	M-2		Grava arcillosa marrón claro, semi-compacto, con partículas de grava de forma sub-angulosa, contiene además a ciertos niveles lentes de arcilla de color café oscuro. (Muestra geotécnica)	GC
			Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.	

OBSERVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-5

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solicita : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-5

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
1.00			Relleno limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raíces y cierta basura. Además contiene partículas o desechos de materiales constructivos.	OL
			Arcilla café oscuro, de consistencia media y plasticidad media, contiene ciertas partículas de grava fina.	CL
			Arcilla café negrusco, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina. A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color marrón claro y marrón oscuro. Además a mas profundidad se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso o arena fina	CH
2.00	M-1		(Muestra geotécnica)	
3.00	M-2		Arena limosa marrón claro, semi-compacto, con partículas de grava de forma sub-angulosa, TM : 1" Contiene a ciertos niveles sub-estratos y lentes de arcilla	SM
			Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.	

OBSERVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-6

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solicita : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-6

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
1.00			Relleno limo arenoso, con partículas de grava y algunas piedras, contaminado con sustancias orgánicas como raices y cierta basura. Además contiene partículas o desechos de materiales constructivos.	OL
			<p>Arcilla café oscuro, de consistencia media y plasticidad elevada, contiene ciertas partículas de grava fina.</p> <p>A ciertos niveles se tiene sub-estratos de arcilla de color marrón claro y marrón oscuro. Además a mas profundidad se visualiza pequeños sub-estratos de limo arenoso o arena fina</p> <p>(Muestra geotécnica)</p> <p>N. F.</p>	CH
2.00	M-1			
3.00	M-2		Grava arcillosa marrón claro, semi-compacto, con partículas de grava de forma sub-angulosa, contiene además a ciertos niveles lentes de arcilla de color café oscuro	GC
			<p>(Muestra geotécnica)</p> <p>Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada.</p>	

OBSERVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto : Adecuación, Mejoramiento, Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa "Glorioso San Carlos" - Puno - Puno - Puno
 Solista : Ing. Hernán Pedro Martínez Ramos
 Calicata : C-7

Fecha : 27/11/2009

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SUCS
1.00			<p>Repleno grava limosa con piedras y diversos materiales como residuos de materiales constructivos, contaminado con sustancias orgánicas como basura.</p>	GM
			<p>Arcilla de color café oscuro, de consistencia media y plasticidad alta, con ciertas partículas de grava fina.</p> <p style="text-align: center;">N. F.</p>	CH
2.00	M-1		<p>En la parte mas profunda se tiene arcilla de color café negrullo, a ciertos niveles con sub-estratos de turba.</p> <p>(Muestra geotécnica)</p>	
3.00			<p>Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad explorada</p>	

OBSERVACIONES

C-7 : Ubicado cerca a la puerta principal (Av. El Sol)

CUADRO 01: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ESTRATO DE ACABADO SUELO A; M-1

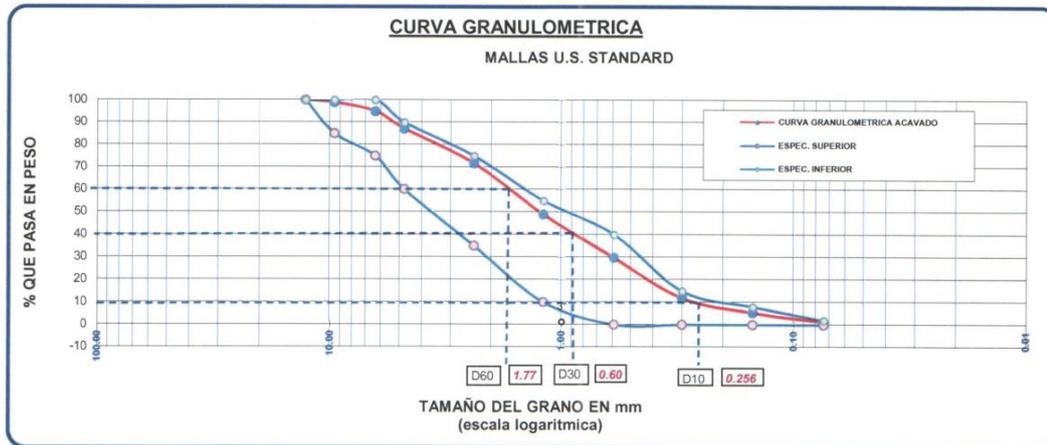


UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"
 SOLICITANTE : BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS
 CONSTRUCCION : ANALISIS DE AGREG
 CANTERA : PIEDRA CHANCADA Y SELECCIONADA DE 1/4" - CUTIMBO
 FECHA : 05 DE FEBRERO DEL 2013

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	BASE	OBTENIDO							
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		GRAVA GRUESA	Coefficientes <table border="1"> <tr><td>D10</td><td>0.256</td></tr> <tr><td>D30</td><td>0.600</td></tr> <tr><td>D60</td><td>1.770</td></tr> </table> $Cu = D_{60} / D_{10}$ 6.91 $Cc = (D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10}$ 0.79 GRAVA 12.98 % ARENA 87.02 % CLASIFICACION SUCS:	D10	0.256	D30	0.600	D60	1.770
D10	0.256													
D30	0.600													
D60	1.770													
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00									
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00									
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00									
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	GRAVA FINA							
3/8"	9.525	5.90	1.18	1.18	98.82	85 100								
1/4"	6.350	19.80	3.96	5.14	94.86	75 100	ARENA GRUESA							
No4	4.760	39.20	7.84	12.98	87.02	60 90								
No8	2.380	76.90	15.38	28.35	71.65	35 75	ARENA MEDIA							
No16	1.190	113.80	22.76	51.11	48.89	10 55								
No30	0.590	95.80	19.16	70.27	29.73	0 40	ARENA FINA							
No 50	0.300	89.20	17.84	88.10	11.90	0 15								
No100	0.149	32.90	6.58	94.68	5.32	0 8								
No200	0.074	20.20	4.04	98.72	1.28	0 2								
BASE		6.40	1.28	100.00	0.00	0 0	LIMOS							
TOTAL		500.10	100.00											



UANCV - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milton Quipe Huanca
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 02: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ESTRATO DE ACABADO SUELOS A; M-2.

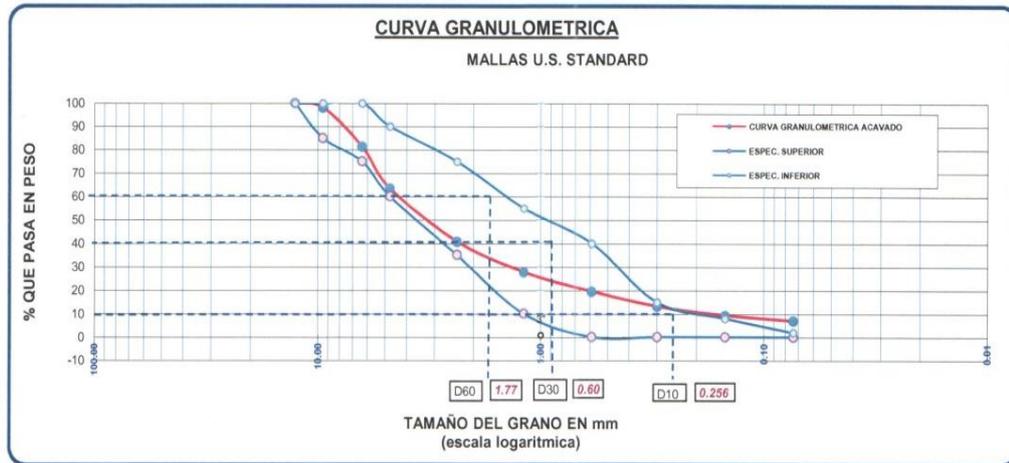


UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"
 SOLICITANTE : BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS
 CONSTRUCCION : ANALISIS DE AGREG
 CANTERA : PIEDRA CHANCADA Y SELECCIONADA DE 1/4" - CUTIMBO - MUESTRA 2
 FECHA : 05 DE FEBRERO DEL 2013

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	BASE	OBTENIDO							
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		GRAVA GRUESA	Coeficientes <table border="1"> <tr><td>D10</td><td>0.256</td></tr> <tr><td>D30</td><td>0.600</td></tr> <tr><td>D60</td><td>1.770</td></tr> </table> $C_u = D_{60} / D_{10}$ 6.91 $C_c = (D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10}$ 0.79 GRAVA 36.74 % ARENA 63.26 % LIMOS 0.00 % SUCS:	D10	0.256	D30	0.600	D60	1.770
D10	0.256													
D30	0.600													
D60	1.770													
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00									
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00									
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00									
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	GRAVA FINA							
3/8"	9.525	9.70	1.94	1.94	98.06	85 100								
1/4"	6.350	84.00	16.80	18.74	81.26	75 100	ARENA GRUESA							
No4	4.760	90.00	18.00	36.74	63.26	60 90								
No8	2.380	113.00	22.60	59.34	40.66	35 75	ARENA MEDIA							
No16	1.190	64.70	12.94	72.28	27.72	10 55								
No30	0.590	41.30	8.26	80.54	19.46	0 40	ARENA FINA							
No 50	0.300	31.80	6.36	86.90	13.10	0 15								
No100	0.149	19.00	3.80	90.70	9.30	0 8	LIMOS							
No200	0.074	11.90	2.38	93.08	6.92	0 2								
BASE		34.60	6.92	100.00	0.00	0 0								
TOTAL		500.00	100.00											



UNANCV - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Mithoa Quispe Huanco
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 03: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ESTRATO BASE SUELO B; M - 1



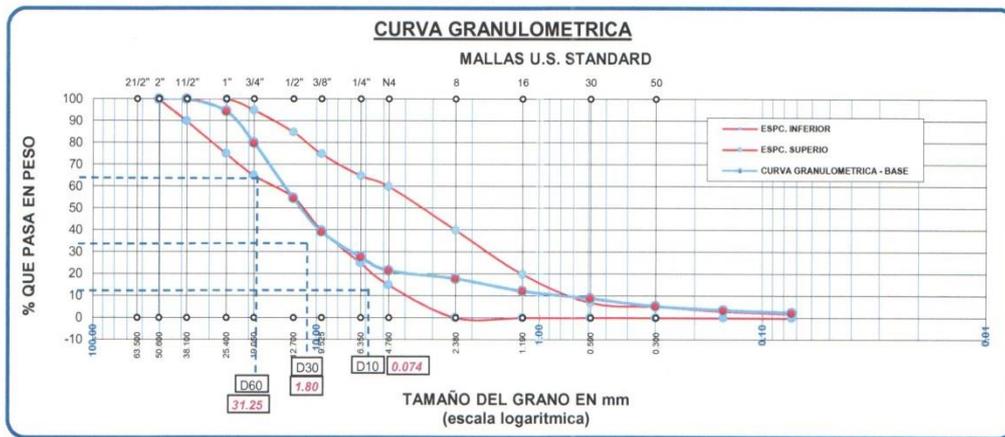
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ASTM D-422

TESIS : : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED
 : SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"
 SOLICITANTE : BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS
 CONSTRUCCION : BASE
 CANTERA : MATERIAL BASE CANTERA "CUTIMBO" - MUESTRA N° 1
 FECHA : 05 DE FEBRERO DEL 2013

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACION	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	BASE	OBTENIDO							
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	GRAVA GRUESA	Coeficientes <table border="1"> <tr><td>D10</td><td>0.929</td></tr> <tr><td>D30</td><td>7.149</td></tr> <tr><td>D60</td><td>14.138</td></tr> </table> Cu = D60 / D10 15.22 Cc = (D30) ² / D60*D10 3.89 GRAVA 78.48 % ARENA 21.52 % CLASIFICACION SUCS:	D10	0.929	D30	7.149	D60	14.138
D10	0.929													
D30	7.149													
D60	14.138													
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	90	GRAVA FINA							
1"	25.400	134.00	5.55	5.55	94.45	75			ARENA GRUESA					
3/4"	19.050	352.00	14.57	20.12	79.88	65	ARENA MEDIA							
1/2"	12.700	610.00	25.25	45.36	54.64	55			ARENA FINA					
3/8"	9.525	371.00	15.36	60.72	39.28	40	LIMOS							
1/4"	6.350	281.00	11.63	72.35	27.65	25			LIMOS					
No4	4.760	148.00	6.13	78.48	21.52	15	LIMOS							
No8	2.380	89.30	3.70	82.17	17.83	0		LIMOS						
No16	1.190	135.40	5.60	87.78	12.22	0	LIMOS							
No30	0.590	82.30	3.41	91.18	8.82	0		LIMOS						
No 50	0.300	85.20	3.53	94.71	5.29	0	LIMOS							
No100	0.149	42.70	1.77	96.48	3.52	0		LIMOS						
No200	0.074	26.70	1.11	97.58	2.42	0	LIMOS							
BASE		58.40	2.42	100.00	0.00	0		LIMOS						
TOTAL		2416.00	100.00											



LIANCY - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Lic. Milton Quirope Huancu
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 04: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ESTRATO BASE SUELO B; M - 2



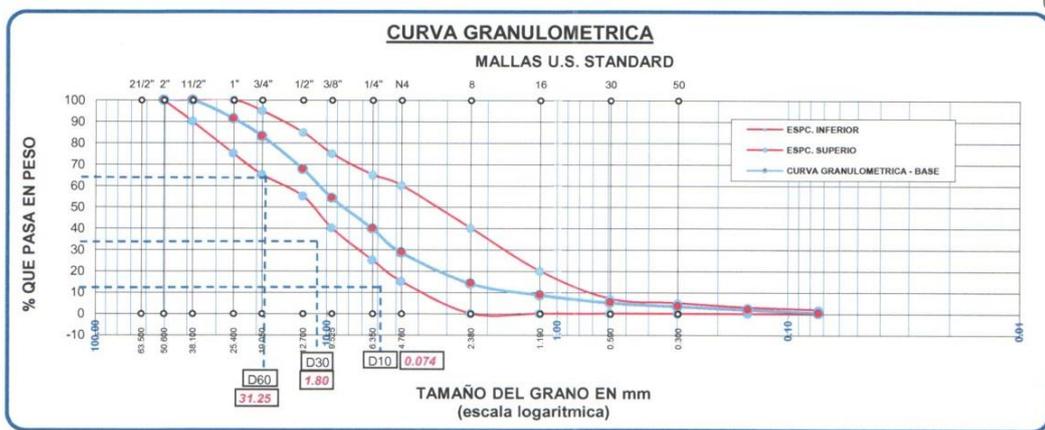
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ASTM D-422

TESIS : : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED
 : SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"
 SOLICITANTE : BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS
 CONSTRUCCION : BASE
 CANTERA : MATERIAL BASE CANTERA "CUTIMBO" - MUESTRA N° 2
 FECHA : 05 DE FEBRERO DEL 2013

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACION	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	ES	OBTENIDO							
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100	GRAVA GRUESA	Coeficientes <table border="1"> <tr><td>D10</td><td>1.500</td></tr> <tr><td>D30</td><td>5.000</td></tr> <tr><td>D60</td><td>10.890</td></tr> </table> Cu = D60 / D10 7.26 Cc = (D30) ² / D60*D10 1.53 GRAVA 71.30 % ARENA 28.70 % CLASIFICACION SUCS:	D10	1.500	D30	5.000	D60	10.890
D10	1.500													
D30	5.000													
D60	10.890													
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	90	GRAVA GRUESA							
1"	25.400	892.00	8.60	8.60	91.40	75	GRAVA GRUESA							
3/4"	19.050	850.00	8.20	16.80	83.20	65	GRAVA FINA							
1/2"	12.700	1600.00	15.43	32.24	67.76	55	GRAVA FINA							
3/8"	9.525	1400.00	13.50	45.74	54.26	40	GRAVA FINA							
1/4"	6.350	1500.00	14.47	60.21	39.79	25	ARENA GRUESA							
No4	4.760	1150.00	11.09	71.30	28.70	15	ARENA GRUESA							
No8	2.380	1500.00	14.47	85.77	14.23	0	ARENA MEDIA							
No16	1.190	560.00	5.40	91.17	8.83	0	ARENA MEDIA							
No30	0.590	380.00	3.67	94.84	5.16	0	ARENA FINA							
No 50	0.300	176.66	1.70	96.54	3.46	0	ARENA FINA							
No100	0.149	150.00	1.45	97.99	2.01	0	ARENA FINA							
No200	0.074	160.00	1.54	99.53	0.47	0	ARENA FINA							
BASE		48.70	0.47	100.00	0.00	0	LIMOS							
TOTAL		10367.36	100.00											



UNACY - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milton Quiroga Huanca
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 05: RELACIÓN HUMEDAD – DENSIDAD DE CAMPO ESTRATO BASE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

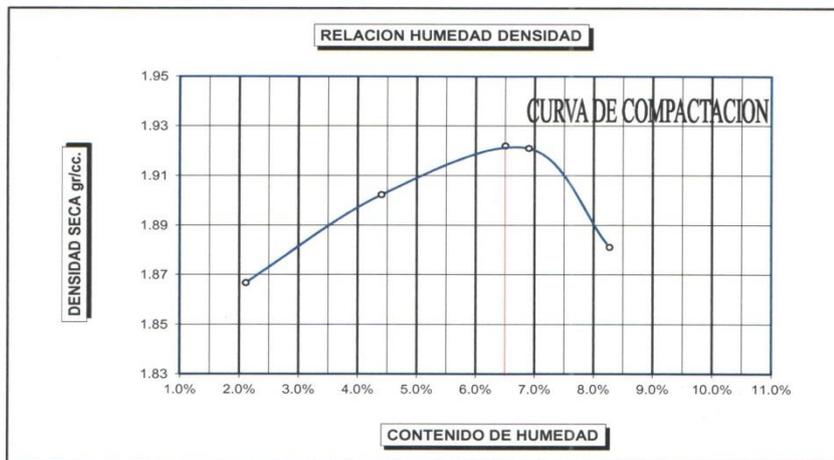
TESIS	: "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL SESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS"		
SOLICITANTE	: BACHILLER - SANTANDER TUNI JOSE CARLOS	MUESTRA	: N° 1
SECTOR	: RELLENO BASE - CAMPO DEPORTIVO	FECHA	: 04/02/2013

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2130 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10380	10550	10694	10658
Peso del Molde	gr.	6320	6320	6320	6320
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	4060	4230	4374	4338
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.906	1.986	2.054	2.037

Capsula No	No						
Suelo Humedo + Capsula	gr.	360.65	336.48	752.89	798.59		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	356.70	330.10	714.40	753.60		
Peso del Agua	gr.	3.95	6.38	38.49	44.99		
Peso de la Capsula	gr.	169.60	183.80	156.60	209.60		
Peso del Suelo Seco	gr.	187.10	146.30	557.80	544.00		
% de Humedad	%	2.11%	4.4%	6.90%	8.27%		
Promedio de Humedad	%	2.11%	4.40%	6.90%	8.27%		
Densidad del Suelo Seco	%	1.867	1.902	1.921	1.881		

METODO:	ASTM D-1557-91 MODIFICADO C	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.922 gr/cc
		HUMEDAD OPTIMA	: 6.50 %



LIANCY - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milagro Quiroga Blumca
 CIP: 47790
 DIRECTOR

BNº: 260942

CUADRO 06: PRUEBA DE RESISTENCIA AL DESGASTE ESTRATO DE MATERIAL BASE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RESISTENCIA AL DESGASTE
 "ABRASION LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACION) T - 26

TESIS : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"
 SOLICITANTE : BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS
 CONSTRUCCION : ANALISIS DE AGREGADOS
 CANTERA : CUTIMBO
 FECHA : 04 DE FEBRERO DE 2013

TIPO DE AGREGADO: FINO: GRUESO: OTROS:

MUESTRA OBTENIDA POR: CUARTEO: DIVISOR DE MUESTRAS:

NUMERO DE REVOLUCIONES: 500 1000

CARGA ABRASIVA: 11 ESFERAS

PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA: $W_i = 5000$ gr.

PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO N° 12: $W_f = 3912$ gr.

PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO N° 12: $= 1088$ gr.

PORCENTAJE DE PERDIDA: $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$

De = 21.76 %

OBSERVACIONES:

GRADACION : "B", 3/4" - 1/2" = 2500.00, 1/2" - 3/8" = 2500.00

TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE : 78.2 Y PERDIDA DE : 21.76

NORMA AASTHO (DESIGNACION) T - 26, ASTM -C-

LIANCY - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milton Quipe Huanca
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 07: PRUEBA DE RESISTENCIA A LA PRESENCIA DE SULFATOS ESTRATO BASE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	: "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS - PUNO"	MUESTRAS	: DISTURBADAS
SOLICITANTE	: BACHILLER. SANTANDER TUNI JOSE CARLOS	CANTIDAD	: SEGÚN NORMA MTC - 209
CONSTRUC.	: ANALISIS DE AGREGADOS	PRESENTACIÓN	: BOLSAS DE PLASTICO
CANTERA	: CUTIMBO - PUNO	INGENIERO RESPONSABLE	:
FECHA	: 01 DE FEBRERO DEL 2013	TECNICO LABORATORISTA	:
		Ensayo N°	01

CANTERA	CUTIMBO
Ubicación Km	

Resistencia a la Inalterabilidad por Medio del Sulfato de Sodio
 (MTC - 209, ASTM C - 88)

AGREGADO GRUESO

TAMANO	Peso Requerido (g)	Recipiente N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perdidas (g)	Perdidas (%)	Escalonado Original	Perdidas Corregidas
2 1/2"	1 1/2"	5000 +/- 300						
2 1/2"	2"	3000 +/- 300						
2"	1 1/2"	2000 +/- 300						
1 1/2"	3/4"	1500 +/- 300						
1 1/2"	1"	1000 +/- 50	1	1000.0	951.6			
1"	3/4"	500 +/- 30	2	498.8	482.6	64.6	4.31	42.67
3/4"	3/8"	1000 +/- 10						
3/4"	1/2"	670 +/- 10	3	671.1	656.0			
1/2"	3/8"	330 +/- 5	4	330.1	311.5	33.7	3.37	34.30
3/8"	N° 04	300 +/- 5	5	300.1	290.0	10.1	3.37	23.04
							100.00	3.77

AGREGADO FINO

TAMANO	Peso Requerido (g)	Recipiente N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perdidas (g)	Perdidas (%)	Escalonado Original	Perdidas Corregidas
3/8"	N° 04	100 +/- 5						
N° 04	N° 08	100 +/- 5	6	100.0	95.2	4.8	4.80	18.14
N° 08	N° 16	100 +/- 5	7	100.0	92.5	7.5	7.50	7.20
N° 16	N° 30	100 +/- 5	8	100.0	91.9	8.1	8.10	8.64
N° 30	N° 50	100 +/- 5	9	100.0	90.9	9.1	9.10	15.26
N° 50	N° 100	100 +/- 5	10	100.0	90.3	9.7	9.70	30.20
N° 100	-	-	-	-	-	-	20.56	-
							100.00	6.43

LIANCY FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ingeniero Químico Ambiental
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 08: PRUEBA DE CONTROL DE COMPACTACIÓN BASE GRANULAR.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTROL DE COMPACTACION

TESIS : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N SAN CARLOS PUNO"

SOLICITANTE : BACHILLER SANTANDER TUNI JOSE CARLOS

SECTOR : RELLENO BASE - CAMPO DEPORTIVO

FECHA : 10 DE FEBRERO DEL 2013 CAPA : RELLENO BASE

Progresiva	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6
Ubicación	0+020 IZQUIERDO	0+020 EJE	0+020 DERECHO	0+040 IZQUIERDO	0+040 EJE	0+040 DERECHO
Profundidad	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.

DENSIDAD DE CAMPO

1 Peso del Frasco + arena grs.	5000	5000	5000	5000	5000	5000
2 Peso Frasco + arena sobrante grs.	920	784	905	957	841	962
3 Peso arena empleada gr. (1)-(2)	4080	4216	4095	4043	4159	4038
4 Peso arena del cono grs.	1560	1560	1560	1560	1560	1560
5 Peso arena de hueco gr. (3)-(4)	2520	2656	2535	2483	2599	2478
6 Densidad de la arena	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427
7 Volumen de hueco cc. (5)/(6) Y	1766	1861	1776	1740	1821	1737
8 Peso tarro + suelo + grava gr.	3773	3892	3908	3732	3826	3662
9 Peso del tarro grs.	--	--	--	--	--	--
10 Peso del suelo + grava (8)-(9)gr.	3773	3892	3908	3732	3826	3662
11 Densidad muestra humeda gr/cm3	2.14	2.09	2.20	2.14	2.10	2.11

CONTENIDO DE HUMEDAD (Cuando el contenido de grava es 15% de la muestra compactada)

12 Peso recipiente + suelo hum. gr.	192.63	193.05	187.38	204.23	170.64	145.83
13 Peso recipiente + suelo seco gr.	181.9	183.46	177.12	197.06	161.62	137.81
14 Peso de agua gr. (12)-(13)	10.73	9.59	10.26	7.17	9.02	8.02
15 Peso recipiente grs.	33.2	33.56	30.59	85.41	19.01	19.63
16 Peso suelo seco gr. (13)-(15)	148.7	149.9	146.53	111.65	142.61	118.18
17 Cont. hum. (14):(16) x 100	7.22	6.40	7.00	6.42	6.32	6.79
18 Dens. muestra seca (11):(19)+(17)	2.04	2.00	2.06	2.02	2.01	2.01

% DE GRAVA

19 Peso total muestra seca gr.	3596	3715	3652	3507	3653	3495
20 Peso retenido tamiz Nø 3/4 gr.	1137	945	1281	897	924	1030
21 % ret. en tamiz Nø 3/4(20):(19)x100	31.62	25.44	35.07	25.58	25.29	29.47
22 Peso esp. de la grava	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.51

CORRECCION DE DENSIDAD POR CONTENIDO DE GRAVA DE 15% a 40%

23 Volumen de grava cc.	454	378	512	359	370	410
24 Peso seco finos gr. (19)-(20)	2459	2770	2371	2610	2729	2465
25 Volumen de finos CC (7)-(23)	1312	1483	1264	1381	1451	1327
26 Dens. seca finos (24):(25)	1.870	1.870	1.880	1.890	1.880	1.860
27 Maxima densidad	1.923	1.923	1.923	1.923	1.923	1.923
28 Optimo cont. Humedad	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
29 Correc. dens. Proctor (grava 40%)						
% COMP.	97.24	97.24	97.76	98.28	97.76	96.72

UNANCY-FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milhor Quijpe Huancu
 CIP: 47790
 DIRECTOR

B N° : 260942

CUADRO 09: PRUEBA DE CONTROL DE COMPACTACIÓN BASE GRANULAR.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTROL DE COMPACTACION

TESIS : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N SAN CARLOS PUNO"

SOLICITANTE : BACHILLER SANTANDER TUNI JOSE CARLOS

SECTOR : RELLENO BASE - CAMPO DEPORTIVO

FECHA : 10 DE FEBRERO DEL 2013 CAPA : RELLENO BASE

Progresiva	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9	PUNTO 10	PUNTO 11	PUNTO 12
Ubicación	0+060 IZQUIERDO	0+060 EJE	0+060 DERECHO	0+085 IZQUIERDO	0+085 EJE	0+085 DERECHO
Profundidad	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.	20.00 cm.

DENSIDAD DE CAMPO

1 Peso del Frasco + arena grs.	5000	5000	5000	5000	5000	5000
2 Peso Frasco + arena sobrante grs.	816	994	1031	1077	979	831
3 Peso arena empleada gr. (1)-(2)	4184	4006	3969	3923	4021	4169
4 Peso arena del cono grs.	1560	1560	1560	1560	1560	1560
5 Peso arena de hueco gr. (3)-(4)	2624	2446	2409	2363	2461	2609
6 Densidad de la arena	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427
7 Volumen de hueco cc. (5)/(6) Y	1839	1714	1688	1656	1725	1828
8 Peso tarro + suelo + grava gr.	3878	3620	3679	3666	3700	3860
9 Peso del tarro grs.	--	--	--	--	--	--
10 Peso del suelo + grava (8)-(9)gr.	3878	3620	3679	3666	3700	3860
11 Densidad muestra húmeda gr/cm ³	2.11	2.11	2.18	2.21	2.15	2.11

CONTENIDO DE HUMEDAD (Cuando el contenido de grava es 15% de la muestra compactada)

12 Peso recipiente + suelo hum. gr.	163.86	184.7	176.95	188.3	191.24	189.63
13 Peso recipiente + suelo seco gr.	155.43	175.1	167.96	178.64	181.32	180.18
14 Peso de agua gr. (12)-(13)	8.43	9.60	8.99	9.66	9.92	9.45
15 Peso recipiente grs.	35.64	34.92	35.72	36.72	37.2	34.69
16 Peso suelo seco gr. (13)-(15)	119.79	140.18	132.24	141.92	144.12	145.49
17 Cont. hum. (14):(16) x 100	7.04	6.85	6.80	6.81	6.88	6.50
18 Dens. muestra seca (11):(19)+(17)	2.00	2.02	2.04	2.07	2.05	2.02

% DE GRAVA

19 Peso total muestra seca gr.	3684	3457	3445	3432	3538	3692
20 Peso retenido tamiz Nø 3/4 gr.	929	1076	1134	1207	1179	1103
21 % ret. en tamiz Nø 3/4(20):(19)x100	25.22	31.13	32.92	35.17	33.33	29.88
22 Peso esp. de la grava	2.50	2.50	2.50	2.50	2.51	2.50

CORRECCION DE DENSIDAD POR CONTENIDO DE GRAVA DE 15% a 40%

23 Volumen de grava cc.	371	430	454	483	470	441
24 Peso seco finos gr. (19)-(20)	2755	2381	2311	2225	2359	2589
25 Volumen de finos CC (7)-(23)	1468	1284	1234	1173	1255	1387
26 Dens. seca finos (24):(25)	1.880	1.850	1.870	1.900	1.880	1.870
27 Maxima densidad	1.923	1.923	1.923	1.923	1.923	1.923
28 Optimo cont. Humedad	11.56	11.56	11.56	9.59	9.59	9.59
29 Correc. dens. Proctor (grava 40%)						
% COMP.	97.76	96.20	97.24	98.80	97.76	97.24


 JUANCY FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Miltrón Quirope Huancu
 CIP. 47789
 DIRECTOR

BN° : 260942

CUADRO 10: PESO ESPECÍFICO, % ABSORCIÓN Y % POROSIDAD DEL MATERIAL QUE CUBRE LA TUBERÍA DE DRENAJE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESO ESPECIFICO

TESIS : "PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE GRANULAR DEL ESTADO DEL CESPED SINTETICO DE LA I.E.C.N SANCARLOS"

SOLICITANTE : BACHILLER SANTANDER TUNIJOSE CARLOS

CONSTRUCCIO: ANALISIS DE AGREGADOS

MUESTRA : 01

CANTERA : PIEDRA CHANCADA Y SELECCIONADA DE 1/4" - CUTIMBO

FECHA : 05 DE FEBRERO DEL 2013

MUESTRAS		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso mat.saturado sup. seca (al aire)	657.50	663.50		
B	Peso mat. saturado sup. seca (al agua)	394.91	396.50		
C	Vol. de masa+ vol. de vacios = (A-B)	262.59	267.00		
D	Peso del mat.seco en estufa (105 oC)	640.26	646.00		
E	Volumen de masa = C - (A-D)	245.35	249.50		
PE BULK (Base seca) = D/C		2.438	2.419		2.429
PE BULK (Base saturada) = A/C		2.504	2.485		2.494
PE Aparente (base seca) = D/E		2.610	2.589		2.599
% de absorcion = ((A-D)/D)*100		2.69	2.71		2.70
% de porosidad = ((A-D)/E)*100		7.03	7.01		7.02

UANCV - FICP
 CAP. INGENIERIA CIVIL
 Ing. Milagro Quiroga Huanca
 CIP: 47790
 DIRECTOR

CUADRO 11: CUADRO DE RESOLUCIÓN DE MODELO DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN PRUEBA 01

Nº DE LECTURA	TIEMPO ACUMULADO (min) t	VELOCIDAD INFILTRACION (cm/hr) I	log t Xi	log I Yi	Xi ²	Yi ²	Xi Yi
1	1	240	0.000	2.380	0.000	5.665	0.000
2	2	108	0.301	2.033	0.091	4.135	0.612
3	3	102	0.477	2.009	0.228	4.034	0.958
4	4	90	0.602	1.954	0.362	3.819	1.177
5	5	90	0.699	1.954	0.489	3.819	1.366
6	6	60	0.778	1.778	0.606	3.162	1.384
7	7	78	0.845	1.892	0.714	3.580	1.599
8	8	60	0.903	1.778	0.816	3.162	1.606
9	10	96	1.000	1.982	1.000	3.929	1.982
10	11	60	1.041	1.778	1.084	3.162	1.852
11	12	60	1.079	1.778	1.165	3.162	1.919
12	13	60	1.114	1.778	1.241	3.162	1.981
13	14	60	1.146	1.778	1.314	3.162	2.038
14	15	60	1.176	1.778	1.383	3.162	2.091
15	16	60	1.204	1.778	1.450	3.162	2.141
16	17	24	1.230	1.380	1.514	1.905	1.698
17	18	90	1.255	1.954	1.576	3.819	2.453
18	19	78	1.279	1.892	1.635	3.580	2.420
19	22	48	1.342	1.681	1.802	2.827	2.257
20	24	45	1.380	1.653	1.905	2.733	2.282
21	26	42	1.415	1.623	2.002	2.635	2.297
22	28	36	1.447	1.556	2.094	2.422	2.252
23	32	45	1.505	1.653	2.265	2.733	2.488
24	34	36	1.531	1.556	2.345	2.422	2.383
25	36	33	1.556	1.519	2.422	2.306	2.363
26	38	30	1.580	1.477	2.496	2.182	2.334
27	40	30	1.602	1.477	2.567	2.182	2.366
28	42	27	1.623	1.431	2.635	2.049	2.323
29	45	26	1.653	1.415	2.733	2.002	2.339
30	51	34	1.708	1.531	2.916	2.345	2.615
31	53	30	1.724	1.477	2.973	2.182	2.547
32	55	27	1.740	1.431	3.029	2.049	2.491
33	57	30	1.756	1.477	3.083	2.182	2.594
34	59	21	1.771	1.322	3.136	1.748	2.341
35	61	30	1.785	1.477	3.187	2.182	2.637
36	63	15	1.799	1.176	3.238	1.383	2.116
37	65	30	1.813	1.477	3.287	2.182	2.678
38	68	30	1.833	1.477	3.358	2.182	2.707
39	70	30	1.845	1.477	3.404	2.182	2.725
40	72	51	1.857	1.708	3.450	2.916	3.172

41	74	24	1.869	1.380	3.494	1.905	2.580
42	76	24	1.881	1.380	3.537	1.905	2.596
43	78	21	1.892	1.322	3.580	1.748	2.502
44	80	21	1.903	1.322	3.622	1.748	2.516
45	82	21	1.914	1.322	3.663	1.748	2.530
46	84	18	1.924	1.255	3.703	1.576	2.415
47	86	15	1.934	1.176	3.742	1.383	2.275
48	88	21	1.944	1.322	3.781	1.748	2.571
49	90	15	1.954	1.176	3.819	1.383	2.298
50	92	18	1.964	1.255	3.856	1.576	2.465
51	101	42	2.004	1.623	4.017	2.635	3.254
52	106	39.6	2.025	1.598	4.102	2.553	3.236
53	111	24	2.045	1.380	4.183	1.905	2.823
54	116	25.2	2.064	1.401	4.262	1.964	2.893
55	121	15.6	2.083	1.193	4.338	1.424	2.485
56	127	24	2.104	1.380	4.426	1.905	2.904
57	132	26.4	2.121	1.422	4.497	2.021	3.015
58	137	20.4	2.137	1.310	4.566	1.715	2.798
59	142	20.4	2.152	1.310	4.632	1.715	2.819
60	147	16.8	2.167	1.225	4.697	1.501	2.656
61	148	18	2.170	1.255	4.710	1.576	2.724
SUMATORIAS =	2672.4	94.652	94.740	162.22	151.240	139.941	

APLICACIÓN:			
Se tiene la ecuación:	$\bar{Y} = b_0 + b_1 \bar{X}$		
Despejando:	$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$		
calculando:	$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{94.740}{61}$		
	$\bar{Y} = 1.553$		
	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{94.652}{61}$		
	$\bar{X} = 1.552$		
además sabemos que:	$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$		
	$b_1 = \frac{(139.941) - \frac{(94.652) \times (94.740)}{61}}{(162.22) - \frac{(94.652)^2}{61}}$		

		$b_1 = -0.460153581$		
	sustituyendo:	$b_0 = (1.553) - (-0.4602) * (1.552)$		
		$b_0 = 2.267$		
ahora considerando la ecuacion linealizada se tiene:		$\log I = \log k + n \log t$		
	se sabe que:	$b_0 = \log k$		
	por tanto:	$k = \text{anti log } b_0 = \text{anti log } 2.267$ $k = 184.980$		
	además :	$b_1 = n$ $n = -0.460$		
finalmente el modelo de Kostiakov-Lewis será:		$I = (184.980)t^{-0.460}$		
para determinar el coeficiente de correlación del modelo obtenido, que es la medida del grado de asociación entre variables se tiene:				
$r = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sqrt{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}}$				
sustituyendo valores en la ecuación:				
$r = \frac{139.941 - \frac{94.652 * 94.740}{61}}{\sqrt{\left[162.22 - \frac{94.652^2}{61} \right] \left[151.240 - \frac{94.740^2}{61} \right]}}$ $r = -0.891$				
de la misma manera calculamos el coeficiente de determinación (r^2) que esta relacionado con y significa que la variación de Y es explicado por el modelo linealizado propuesto, de acuerdo al valor obtenido de (r^2).				
$r^2 = 0.7934$				
el resultado mostrado significa que el 79.34% de la variación de la lamina infiltrada acumulada es explicada por el tiempo, y el modelo es considerablemente confiable.				
finalmente con el modelo obtenido de Kostiakov-Lewis, se puede calcular la velocidad de infiltración en un tiempo determinado y obtener valores ajustados:				

	$I = (184.980)t^{-0.460}$	
calculo de la infiltracion acumulada:	$z = \frac{k}{(n+1) \times 60} t^{n+1}$	

CUADRO 12: CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN AJUSTADA Y ACUMULADA PRUEBA 01

TIEMPO (min)	INFILTRACION AJUSTADA (cm/hr)	INFILTRACION ACUMULADA (cm/hr)
1	184.9802	5.711
2	134.4781	8.303
3	111.5962	10.334
4	97.7637	12.070
5	88.2265	13.616
6	81.1289	15.024
7	75.5754	16.328
8	71.0729	17.548
10	64.1395	19.795
11	61.3882	20.840
12	58.9796	21.842
13	56.8475	22.807
14	54.9422	23.738
15	53.2259	24.638
16	51.6690	25.512
17	50.2480	26.361
18	48.9441	27.187
19	47.7418	27.992
22	44.6284	30.297
24	42.8774	31.755
26	41.3273	33.157
28	39.9423	34.510
32	37.5627	37.090
34	36.5296	38.324
36	35.5817	39.525
38	34.7076	40.695
40	33.8983	41.838
42	33.1460	42.955
45	32.1105	44.585
51	30.3140	47.701
53	29.7823	48.702
55	29.2791	49.686
57	28.8020	50.653

61	27.9173	52.542
63	27.5061	53.465
65	27.1135	54.375
68	26.5565	55.716
70	26.2048	56.594
72	25.8674	57.462
74	25.5434	58.318
76	25.2320	59.164
78	24.9323	59.999
80	24.6436	60.825
82	24.3653	61.641
84	24.0967	62.448
86	23.8372	63.246
88	23.5865	64.036
90	23.3439	64.818
92	23.1091	65.592
101	22.1380	68.981
106	21.6513	70.804
111	21.1971	72.588
116	20.7718	74.335
121	20.3725	76.048
127	19.9240	78.061
132	19.5732	79.705
137	19.2413	81.321
142	18.9266	82.910
147	18.6277	84.474
148	18.5697	84.784

CUADRO 13: RESOLUCIÓN DEL MODELO DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN PRUEBA 02

CALCULO PARA OBTENER EL MODELO DE VELOCIDAD DE INFILTRACION							
NUMERO DE LECTURA	TIEMPO ACUMULADO (min)	VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr)	log t	log l	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
	t	l	X_i	Y_i			
1	1	198	0.000	2.297	0.000	5.275	0.000
2	2	150	0.301	2.176	0.091	4.735	0.655
3	3	120	0.477	2.079	0.228	4.323	0.992
4	5	156	0.699	2.193	0.489	4.810	1.533
5	6	120	0.778	2.079	0.606	4.323	1.618
6	7	96	0.845	1.982	0.714	3.929	1.675
7	8	102	0.903	2.009	0.816	4.034	1.814
8	9	90	0.954	1.954	0.911	3.819	1.865
9	10	72	1.000	1.857	1.000	3.450	1.857
10	12	108	1.079	2.033	1.165	4.135	2.194
11	13	96	1.114	1.982	1.241	3.929	2.208
12	14	90	1.146	1.954	1.314	3.819	2.240
13	15	78	1.176	1.892	1.383	3.580	2.225
14	16	66	1.204	1.820	1.450	3.311	2.191
15	17	60	1.230	1.778	1.514	3.162	2.188
16	19	72	1.279	1.857	1.635	3.450	2.375
17	20	60	1.301	1.778	1.693	3.162	2.313
18	21	60	1.322	1.778	1.748	3.162	2.351
19	22	54	1.342	1.732	1.802	3.001	2.326
20	23	54	1.362	1.732	1.854	3.001	2.359
21	24	36	1.380	1.556	1.905	2.422	2.148
22	25	42	1.398	1.623	1.954	2.635	2.269
23	26	36	1.415	1.556	2.002	2.422	2.202
24	27	30	1.431	1.477	2.049	2.182	2.114
25	28	42	1.447	1.623	2.094	2.635	2.349
26	29	36	1.462	1.556	2.139	2.422	2.276
27	30	30	1.477	1.477	2.182	2.182	2.182
28	34	51	1.531	1.708	2.345	2.916	2.615
29	36	45	1.556	1.653	2.422	2.733	2.573
30	38	48	1.580	1.681	2.496	2.827	2.656
31	40	42	1.602	1.623	2.567	2.635	2.601
32	42	33	1.623	1.519	2.635	2.306	2.465
33	44	30	1.643	1.477	2.701	2.182	2.428
34	46	30	1.663	1.477	2.765	2.182	2.456
35	50	42	1.699	1.623	2.886	2.635	2.758
36	52	36	1.716	1.556	2.945	2.422	2.671
37	54	30	1.732	1.477	3.001	2.182	2.559
38	56	33	1.748	1.519	3.056	2.306	2.655
39	58	21	1.763	1.322	3.110	1.748	2.332
40	60	27	1.778	1.431	3.162	2.049	2.545
41	70	33.6	1.845	1.526	3.404	2.330	2.816
42	75	38.4	1.875	1.584	3.516	2.510	2.971
43	85	36	1.929	1.556	3.723	2.422	3.003
44	90	26.4	1.954	1.422	3.819	2.021	2.778
45	95	24	1.978	1.380	3.911	1.905	2.730
46	105	33.6	2.021	1.526	4.085	2.330	3.085
47	110	25.2	2.041	1.401	4.167	1.964	2.861
48	115	24	2.061	1.380	4.246	1.905	2.844
49	130	24	2.114	1.380	4.469	1.905	2.918
50	140	18	2.146	1.255	4.606	1.576	2.694
51	150	18	2.176	1.255	4.735	1.576	2.732
SUMATORIAS =		2923.200	73.302	85.569	116.749	146.875	117.263

APLICACIÓN:									
Se tiene la ecuación:	$\bar{Y} = b_0 + b_1 \bar{X}$								
Despejando:	$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$								
calculando:	$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{85.569}{51}$								
	$\bar{Y} = 1.678$								
	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{73.302}{51}$								
	$\bar{X} = 1.437$								
además sabemos que:									
	$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$								
	$b_1 = \frac{(117.263) - \frac{(73.302) \times (85.569)}{51}}{(116.749) - \frac{(73.302)^2}{51}}$								
	$b_1 = -0.50246966$								
sustituyendo:	$b_0 = 1.678 - (-0.50247) * (1.437)$								
	$b_0 = 2.400$								
ahora considerando la ecuacion linealizada se tiene:	$\log I = \log k + n \log t$								
se sabe que:	$b_0 = \log k$								
por tanto:	$k = \text{anti log } b_0 = \text{anti log } 2.267$								
	$k = 251.199$								
además :	$b_1 = n$								
	$n = -0.502$								
finalmente el modelo de Kostiakov-Lewis será:	$I = 251.199t^{-0.502}$								

para determinar el coeficiente de correlación del modelo obtenido, que es la medida del grado de asociación entre variables se tiene:

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sqrt{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}}$$

sustituyendo valores en la ecuación:

$$r = \frac{117.263 - \frac{73.302 * 85.569}{51}}{\sqrt{\left[116.749 - \frac{73.302^2}{51} \right] \left[146.875 - \frac{85.579^2}{51} \right]}}$$

r = -0.933

de la misma manera calculamos el coeficiente de determinación (r^2) que esta relacionado con y significa que la variación de Y es explicado por el modelo linealizado propuesto, de acuerdo al valor obtenido de (r^2).

$$r^2 = 0.8701$$

el resultado mostrado significa que el 87.01% de la variación de la lamina infiltrada acumulada es explicada por el tiempo, y el modelo es considerablemente confiable.

finalmente con el modelo obtenido de Kostiakov-Lewis, se puede calcular la velocidad de infiltración en un tiempo determinado y obtener valores ajustados:

$$I = (251.199)t^{-0.502}$$

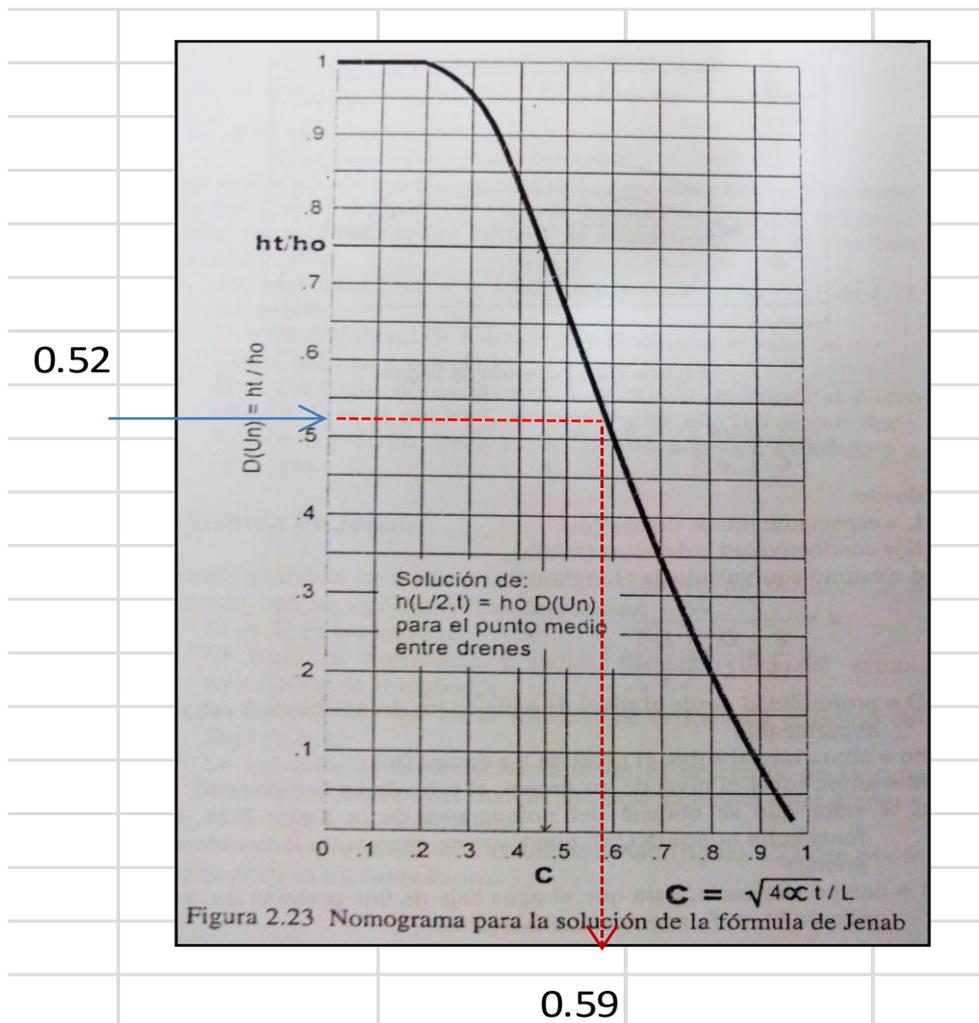
calculo de la infiltracion acumulada:

$$z = \frac{k}{(n+1) \times 60} t^{n+1}$$

CUADRO 14: CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN AJUSTADA Y ACUMULADA

TIEMPO	INFILTRACION AJUSTADA	INFILTRACION ACUMULADA
<i>(min)</i>	<i>(cm/hr)</i>	<i>(cm/hr)</i>
1	251.199	8.415
2	177.320	11.880
3	144.637	14.535
4	125.170	16.772
5	111.894	18.742
6	102.099	20.521
7	94.489	22.157
8	88.357	23.679
9	83.280	25.108
10	78.986	26.459
11	75.292	27.744
12	72.071	28.972
13	69.230	30.149
14	66.700	31.281
15	64.427	32.373
16	62.371	33.430
17	60.500	34.453
18	58.787	35.447
19	57.211	36.414
20	55.756	37.355
21	54.405	38.273
22	53.148	39.169
23	51.975	40.045
24	50.875	40.902
25	49.842	41.741
26	48.869	42.564
27	47.951	43.370
28	47.083	44.162
29	46.260	44.940
30	45.479	45.705
31	44.736	46.456
32	44.028	47.196
33	43.352	47.924
34	42.707	48.641
35	42.089	49.348
36	41.498	50.044
37	40.930	50.731
38	40.385	51.409
39	39.862	52.077
40	39.358	52.738
41	38.872	53.389
42	38.405	54.033
43	37.953	54.670
44	37.517	55.299
45	37.096	55.920
46	36.689	56.535
47	36.294	57.143
48	35.912	57.745
49	35.542	58.341
50	35.183	58.930
51	34.835	59.513

GRAFICO 02: SOLUCIÓN DE LA FÓRMULA DE JENAB



CUADRO 15: GEOTEXILES REQUERIMIENTO DE SUPERVIVENCIA.

PROPIEDAD	ENSAYO	UND	REQUERIMIENTO DE GEOTEXTIL (VMPR)					
			CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
			E<50%	E >50%	E<50%	E >50%	E<50%	E >50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al rasgado trapecoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450

El VMPR requerido para Resistencia de Rasgado Trapecoidal para geotextiles tejidos de monofilamento, es de 205 N.

CUADRO 16: PROPIEDADES REQUERIDAS DE GEOTEXILES PARA SUBDRENAJE

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID.	REQUERIMIENTO		
			PORCENTAJES DE SUELO A RETENER QUE PASA LA MALLA 0.075 MIN. (N°200)		
			< 15	15 - 50	> 50
Clase de geotextil					
Permitividad	ASTM D4491	S ⁻¹	0.5	0.2	0.1
Tamaño de abertura Aparente (TTA)	ASTM D4751	mm	0.43 Valores max. Promedio por rollo	0.25 Valores max. Promedio por rollo	0.22 Valores max. Promedio por rollo
Resistencia retenida UV	ASTM D4355	%	50% despues de 500 horas de exposicion		

FIGURA 01: CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA APANELADA ADVANEDGE.

TDM

EL SISTEMA ADVANEDGE

CARACTERISTICAS

- › Resistencia Estructural comprobada In situ.
- › Doble capacidad de flujo
- › Un material más fuerte hace una tubería más fuerte
- › Instalación rápida y económica

TDM

Selección de Productos

Tubería AdvanEdge

Alturas de:

- 12" y 18"

Presentación:

Rollos de:

- 30.40 ml
- 91.40 ml

FIGURA 02: COMPONENTES DE LA TUBERÍA DE DRENAJE APANELADA ADVANEDGE.



CUADRO 17: CÁLCULOS OBTENIDOS POR ESPADREN PARA LA SEPARACIÓN DE DRENES MÉTODO GLOVER DUMM

Espaciamiento de drenes, método de Glover-Dumm, con tuberías enterradas

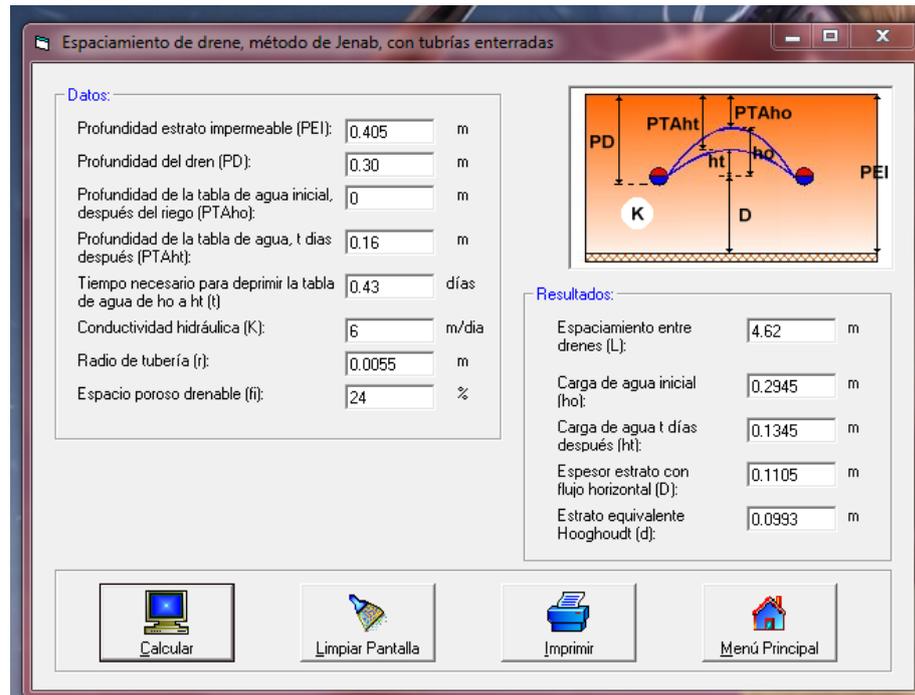
Datos:

Profundidad estrato impermeable (PEI):	0.405	m
Profundidad del dren (PD):	0.30	m
Profundidad de la tabla de agua inicial, después del riego (PTA _{ho}):	0	m
Profundidad de la tabla de agua, t días después (PTA _{ht}):	0.16	m
Tiempo necesario para deprimir la tabla de agua de h _o a h _t (t):	0.43	días
Conductividad hidráulica (K):	6	m/día
Radio de tubería (r):	0.005	m
Espacio poroso drenable (fi):	24	%

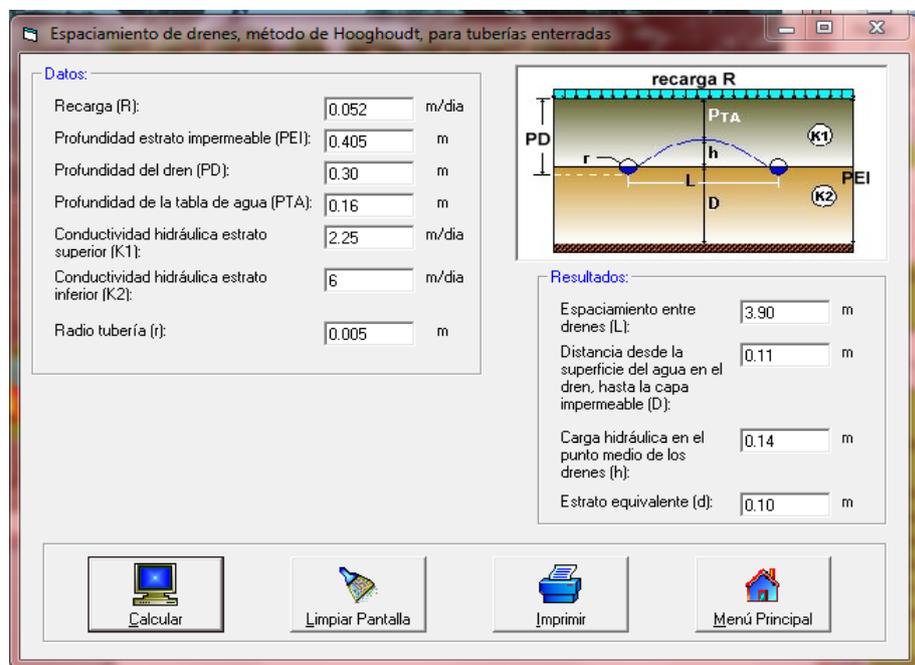
Resultados:

Espaciamiento entre drenes (L):	4.85	m
Carga de agua inicial (h _o):	0.2950	m
Carga de agua t días después (h _t):	0.1350	m
Espesor estrato con flujo horizontal (D):	0.1100	m
Estrato equivalente Hooghoudt (d):	0.0989	m

CUADRO 18: CÁLCULOS OBTENIDOS POR ESPADREN PARA LA SEPARACIÓN DE DRENES MÉTODO JENAB



CUADRO 19: CÁLCULOS OBTENIDOS POR ESPADREN PARA LA SEPARACIÓN DE DRENES MÉTODO HOOGHOUTD



CUADRO 20: CÁLCULOS OBTENIDOS EN HCANALES - SECCIÓN DE CANAL ABIERTO DREN COLECTOR.



CUADRO 21: COSTO DEL SISTEMA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE, BASE GRANULAR Y COBERTURA DE CÉSPED SINTÉTICO DEL CAMPO DEPORTIVO DEL ESTADIO DE LA I.E.C.N GLORIOSO SAN CARLOS – PUNO.

ITEM	DESCRIPCION	UND	PRESUPUESTO TOTAL			
			METRADO	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	COSTO TOTAL
ESTRUCTURAS						
01.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					57,230.37
01.01.00	PIEDRA PARA LINEAS DE DRENAJE D=1/4" CON P/COMPACTADORA	M3	38.38	65.36	2,508.57	
01.02.00	PIEDRA CAPA BASE CON P/COMPACTADORA	M2	4,515.00	9.06	40,905.90	
01.03.00	PIEDRA CAPA DE ACABADO CON P/COMPACTADORA	M2	4,515.00	3.06	13,815.90	
ARQUITECTURA						
02.00.00	PISOS Y PAVIMENTOS					420,236.25
02.01.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE MEMBRANA GEOTEXTIL	M2	5,325.00	3.71	19,755.75	
02.02.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE CESPED SINTETICO EN CAMPO DE FUTBOL	M2	4,515.00	88.70	400,480.50	
SANITARIAS						
03.00.00	INSTALACIONES SANITARIAS					55,224.00
03.01.00	TUBERIA APANELADA 12" CAMPO DEPORTIVO	ML	900.00	61.36	55,224.00	
S/.						532,690.62

FIGURA 01, 02 Y 03: INTENSIDAD DE LLUVIAS QUE DEBEN SER EVACUADAS EN CAMPOS DEPORTIVOS CON SISTEMAS DE DRENAJE.

FIGURA 01.



FIGURA 02.



FIGURA 03.



PLANO

PL – 01: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE Y BASE DE ESTADIO I.E.
GLORIOSO SAN CARLOS