

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN
PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
UCAYALI”**

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

**LOYO TABOADA ANDERSON
LOPEZ ALVARADO RONY MANUEL**

PUCALLPA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE ASESORIA DE TESIS

1. **Tesistas** : Bach. Loyo Taboada Anderson
Bach. López Alvarado Rony Manuel

2. **Tesis** :
"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNVIERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

3. **Referencia:** MEMO N°029-2019-UNU-FIS-y de IC- CGyT

Que, los tesistas en Ingeniería Civil LOYO TABOADA ANDERSON Y LOPEZ ALVARADO RONY MANUEL, han cumplido con ejecutar la tesis titulada: "**DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**", de conformidad con el Reglamento General de Grados y Títulos de la universidad Nacional de Ucayali, así mismo, habiendo sido evaluada en la aplicación URKUND, y estando dentro de lo permitido (10%), por lo que mi asesoría declara: **APROBADO** y, encontrándose apta para ser presentada y evaluada por la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali.

Se expide el presente documento, a solicitud de los interesados para los fines consiguientes.

Pucallpa, 13 de agosto del 2020

DR. FERNANDO RAFAEL LEAN
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COMISION DE GRADOS Y TITULOS



ACTA DE EVALUACION DE SUSTENTACION DE TESIS N° 006-2021

GRADUANDO : Bach. LOYO TABOADA Anderson
 Bach. LÓPEZ ALVARADO Rony Manuel

TEMA : “DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”

ASESOR : DR. FERNADO RAFAEL LEAN

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACION				
* MOTIVACION		X		
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS			X	
III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
IV- APOORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD		X		
* A LA PROFESION		X		

EVALUACION

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

CALIFICACION FINAL:

PUNTAJE : 19 / 30

CONCLUSIONES:

APROBADO POR : MAYORIA
 DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR

- DR. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA
- ING. MG. DEVYN OMAR DONAYRE HERNANDEZ
- DR. WALTER GILBERTO ROMAN CLAROS

Presidente

Miembro

Miembro

SECRETARIA ACADÉMICA: ING. MSC. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA

PUCALLPA, 09 DE JULIO DEL 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COMISION DE GRADOS Y TITULOS




TESIS TITULADA:

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN
PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE UCAYALI”**

ELABORADO POR:

BACH. LOYO TABOADA ANDERSON
BACH. LOPEZ ALVARADO RONY MANUEL


APROBADO POR:




DR. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA
JURADO PRESIDENTE



ING. MG. DEVYN OMAR DONAYBÉ HERNANDEZ
JURADO MIEMBRO



DR. WALTER GILBERTO ROMAN CLAROS
JURADO MIEMBRO



DR. FERNANDO RAFAEL LEAN
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA
ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0355-2020

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Cuyo autor (es) : LOYO TABOADA, ANDERSON
LÓPEZ ALVARADO, RONY MANUEL

Facultad : INGENIERIA DE SISTEMAS Y DE INGENIERÍA CIVIL
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Asesor (a) : Dr. Rafael Lean, Fernando

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 21/12/2020



Dra. DINA PARI QUISPE
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, ANDERSON LOYO TABOADA

Autor de la TESIS titulada: " DETERMINACION Y EVALUACION DEL
CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI "

Sustentada el año: 2021

Con la asesoría de: Dr. FERNANDO RAFAEL LEAN

En la Facultad de: INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Carrera Profesional de: INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 09 / 07 / 2021

Email: andersonloyotaboada@gmail.com

Firma: 

Teléfono: 961961045

DNI: 48216926

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO

Autor de la TESIS titulada: "DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Sustentada el año: 2021

Con la asesoría de: DR. FERNANDO RAFAEL LEAN

En la Facultad de: INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Carrera Profesional de: INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 09 / 07 / 2021

Email: rony21_17@hotmail.com

Firma: 

Teléfono: 957 20 5181

DNI: 44806273

DEDICATORIA

A mi padre, Hosmer, por su confianza e incondicional apoyo, por inculcarme los valores y conocimientos necesarios para poder enfrentarme a la vida, y a mi madre, Alicia, por su incomparable amor y por sus oraciones para que Dios me cuide siempre y guie mis pasos, porque a pesar de no tenerlos cerca ellos siempre están conmigo. A mis hermanos, Fredy. Anita y Joselyn; a mis amigos y familiares más cercanos, ya que de una u otra manera han influenciado con su apoyo, sus buenos deseos, sus conocimientos y experiencias para poder lograr mis objetivos trazados.

Rony Manuel.

A mi madre Decideria Taboada Coronado, por su apoyo material, emocional y espiritual que nunca me faltó en mi formación como ciudadano y profesional, a mi padre Glicerio Loyo Rojas quien supo inculcarme desde niño los principios básicos de la construcción, dedicado también a los docentes de la escuela profesional de ING CIVIL-UNU por sus enseñanzas y anécdotas. En general va dedicado también a todo aquel que haga uso de esta investigación para un bien común.

Anderson.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, por habernos permitido culminar con éxito nuestra carrera profesional, por darnos la salud y la sabiduría necesaria para lograrlo.

A nuestros padres, porque su apoyo y su amor siempre es incondicional.

A nuestra Casa superior de Estudios, Universidad Nacional de Ucayali, por darnos la oportunidad de poder escalar un peldaño más en nuestra formación académica y profesional.

A nuestro Asesor de Tesis, Dr. Fernando Rafael Lean, por el apoyo constante y su colaboración durante la ejecución del presente proyecto.

A nuestros docentes de la UNU, porque nos brindaron conocimientos que sirvieron enormemente para poder desarrollar el presente trabajo de investigación.

Al Gerente General de Geoserv-Geotécnica y Servicios E.I.R.L., Ing. Heisten Silva, por permitirnos realizar nuestros ensayos de caracterización y rotura, en sus instalaciones, y por las enseñanzas y experiencias compartidas.

A nuestros amigos por el apoyo brindado, todos pusieron un granito de arena para poder llegar hasta donde estamos.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado con el objetivo de determinar un concreto permeable y evaluar su utilidad en el buen manejo de aguas pluviales, en los pavimentos de los ambientes de la Universidad Nacional de Ucayali. Teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la Norma Técnica CE 010 Pavimentos Urbanos y el ACI 522R-10.

Se aplicó una investigación de tipo cuantitativa, nivel descriptivo y analítico, de diseño experimental. La técnica e instrumento empleados fueron la observación y ficha de recolección de datos, respectivamente.

Se elaboraron especímenes con dos diseños de mezcla diferentes, uno sin fino y el segundo con 10% de fino, se sometieron a ensayos de compresión y permeabilidad, se analizó el esfuerzo a flexión; además se evaluó el coeficiente de permeabilidad del suelo. Obteniéndose como resultados valores que satisfacen las Normas Técnicas antes mencionadas, excepto la permeabilidad del suelo. Por lo tanto se concluye que es posible emplear un pavimento permeable con drenaje diferido para el control de las aguas pluviales en las plazuelas y/o patios de la UNU.

Palabras clave: Concreto, permeabilidad, flexión, compresión.

ABSTRACT

This research work has been developed with the objective of determining a pervious concrete and evaluating its usefulness in the good management of rainwater, in the pavements of the environments of the National University of Ucayali. Taking into account the parameters established by the Technical Standard CE 010 Urban Pavements and the ACI 522R-10.

A quantitative research, descriptive and analytical level, of experimental design was applied. The technique and instrument used were observation and data collection sheet, respectively.

Specimens with two different mixing designs were made, one without fine and the second with 10% fine, they were subjected to compression and permeability tests, the bending stress was analyzed; in addition the soil permeability coefficient was evaluated. Obtaining as results values that satisfy the aforementioned Technical Standards, except the permeability of the soil. Therefore it is concluded that it is possible to use a pervious pavement with delayed drainage to control rainwater in the squares and/or patios of the UNU.

Keywords: Concrete, permeability, flexion, compression.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4.1. Justificación Técnica.....	4
1.4.2. Justificación Social	4
1.4.3. Importancia	4
1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES	5
1.6. HIPÓTESIS	5
1.6.1. Hipótesis General	5
1.6.2. Hipótesis Específicas	6

1.7. SISTEMAS DE VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES	6
1.7.1. Variable Independiente.....	6
1.7.2. Variable Dependiente	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS.....	7
2.1.1. Antecedentes Teóricos.....	7
2.1.2. Antecedentes Internacionales	8
2.1.3. Antecedentes Nacionales.....	10
2.1.4. Antecedentes Regional - Local	12
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1. Generalidades sobre Pavimentos	13
2.2.2. Pavimento Rígido Permeable.....	14
2.2.3. Concreto Permeable.....	15
2.2.4. Composición del Concreto Permeable	38
2.2.5. R.N.E (CE.010 Pavimentos Urbanos).....	47
2.2.6. Pavimentos Permeables (Firmes Permeables)	50
2.2.7. Consideraciones Hidrológicas e Hidráulicas	55
2.2.8. Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis.....	85
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	98
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	101
3.1. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS UTILIZADAS.....	101
3.1.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	101
3.1.2. Diseño de Investigación	102
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	104
3.2.1. Población.....	104

3.2.2.	Muestra	105
3.2.3.	Ensayos y Diseños Realizados	106
CAPITULO IV: RESULTADOS		142
4.1.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN	142
4.1.1.	Resultado General del ensayo a Compresión y Flexión.	142
4.1.2.	Resultados del ensayo de Permeabilidad	146
4.1.3.	Resultados del ensayo de Permeabilidad e Infiltración del Suelo	148
4.1.4.	Resultados del Análisis Estadístico	148
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		153
5.1.	DISCUSIÓN N° 01:	153
5.2.	DISCUSIÓN N° 02:	153
5.3.	DISCUSIÓN N° 03:	154
CONCLUSIONES		155
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS		156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		158
MATRIZ DE CONSISTENCIA		163
ANEXOS:		165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Granulometría del Agregado Fino	39
Tabla 2	Límites de impurezas	39
Tabla 3	Límites de impurezas en el agregado grueso	42
Tabla 4	Límites de impurezas en el agua.....	46
Tabla 5	Parámetros de la Desviación Estándar y el Coeficiente de Variabilidad	93
Tabla 6	12 Muestras con fino 10% y 2% aditivo	104
Tabla 7	12 Muestras con fino 0% y 2% aditivo	105
Tabla 8	6 Muestras para ensayo de permeabilidad	105
Tabla 9	Proporción para 12 muestras con fino 10% y 2% aditivo	127
Tabla 10	Proporción para 12 muestras con fino 0% y 2% aditivo	128
Tabla 11	Tres muestras con 10% fino y 2% aditivo	135
Tabla 12	Tres muestras con fino 0% y 2% aditivo	136
Tabla 13	Alturas obtenidas cada tiempo "t"	139
Tabla 14	Alturas obtenidas cada cierto tiempo "t"	141
Tabla 15	Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 7 días	142
Tabla 16	Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 14 días.	142
Tabla 17	Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 28 días.	143
Tabla 18	Valores del MR a los 7 días.....	143
Tabla 19	Valores del MR a los 14 días.....	144
Tabla 20	Valores del MR a los 28 días.....	144
Tabla 21	Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 7 días.	145
Tabla 22	Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 14 días	145

Tabla 23	Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 28 días	145
Tabla 24	Valores del MR a los 7 días	146
Tabla 25	Valores del MR a los 14 días	146
Tabla 26	Valores del MR a los 28 días	146
Tabla 27	Ensayo de permeabilidad para mezcla con 0% y 2% Aditivo	147
Tabla 28	Ensayo de permeabilidad para mezcla con 10% fino y 2% aditivo.	147
Tabla 29	Ensayo insitu para el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo	148
Tabla 30	Ensayo insitu para el cálculo de la infiltración del suelo.	148
Tabla 31	Valores de Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con 10% finos y 2% aditivo	149
Tabla 32	Tabla de distribución de frecuencias para concreto con 10% finos y 2% aditivo	149
Tabla 33	Análisis Estadístico: Concreto con 10% finos y 2% aditivo	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Corte típico de pavimento permeable	15
Figura 2	Tipos de asentamientos según calidad del concreto.....	21
Figura 3	Influencia del tamaño y la gradación del agregado en la porosidad de concreto permeable	25
Figura 4	Relación entre la resistencia a la flexión y la porosidad para el concreto permeable (1psi=0.006895MPa).....	26
Figura 5	Interacción entre contenido de vacíos y permeabilidad	27
Figura 6	Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la compresión para concreto permeable	28
Figura 7	Relación entre el peso unitario y resistencia a la compresión (1psi=0.006895).	29
Figura 8	Relación entre $f'c$ y f_r (1psi=0.006895MPa))	31
Figura 9	Relación entre la porosidad y el f_r	32
Figura 10	Aplicación de concreto permeable en veredas.....	34
Figura 11	Aplicación de concreto permeable pavimentos.	35
Figura 12	Requisitos granulométricos del agregado grueso.	41
Figura 13	Forma correcta en que se deben hacer mezclas en obra.....	46
Figura 14	Requisitos mínimos para un pavimento rígido.....	48
Figura 15	Requisitos mínimos para un pavimento rígido especial	49
Figura 16	Césped poroso.....	50
Figura 17	Adoquines con ranura.....	51
Figura 18	Asfalto poroso	52
Figura 19	Concreto poroso.	52
Figura 20	Pavimento con infiltración directa.	53
Figura 21	Pavimento con almacenamiento.	53
Figura 22	Pavimento con drenaje diferido.....	54
Figura 23	Selección del tipo de pavimento permeable.	54
Figura 24	Región de rechazo pintado de color amarillo.	63
Figura 25	Coeficientes de escorrentía.....	69

Figura 26	1.-carpeta de rodado 2.- filtro o base granular 3.-sub-base granular 4.-geotextil impermeable 5.- sub rasante 6.- dren PVC.	72
Figura 27	1.-carpeta de rodado 2.- filtro o base granular 3.-sub-base granular 5.- sub rasante 6.- dren PVC 7.- filtro geo textil no tejido.	73
Figura 28	CBR estimado en función al tipo de suelo (EE.UU)	75
Figura 29	Espesores mínimos totales (mm) en función al CBR y EAL (EE. UU).....	75
Figura 30	Espesores mínimos según MINVU.	76
Figura 31	Espesores mínimos según SERVIU-CHILE.	76
Figura 32	Elección del tipo de carga	78
Figura 33	Clasificación vehicular, por categorías	789
Figura 34	Elección del sistema de pavimento.....	81
Figura 35	Elección del sistema de pavimento.....	82
Figura 36	Elección del sistema de pavimento.....	823
Figura 37	Guía de clasificación de suelos.....	834
Figura 38	Distribuciones de la Campana de Gauss.....	90
Figura 39	Distribuciones del coeficiente de curtosis.....	904
Figura 40	Histograma de frecuencias.....	905
Figura 41	Distribución de Gauss.....	906
Figura 42	Diseño de ingeniería.....	103
Figura 43	Zarandeo de hormigón para selección de grava TMN 3/4".....	107
Figura 44	Zarandeo de hormigón para selección de grava TMN 3/4".	107
Figura 45	Cemento Andino tipo I.	108
Figura 46	Aditivo Chema plast.....	109
Figura 47	Cuarteo del agregado para ensayo de granulometría.....	110
Figura 48	pesado de la muestra seleccionada por cuarteo.....	110
Figura 49	Tamizado de la muestra obtenida del cuarteo.	111
Figura 50	Pesado del material retenido en cada malla.....	111
Figura 51	Tamizado del agregado fino.....	112
Figura 52	Pesado del material retenido en cada tamiz.....	112
Figura 53	Pesado de la briqueta.....	113

Figura 54	Pesado de la briqueta conteniendo la muestra.	114
Figura 55	Llenado de la briqueta con agregado fino.	115
Figura 56	Pesado de la briqueta + la muestra.	115
Figura 57	Llenado y compactado por capas del agregado grueso	116
Figura 58	Llenado y compactado con 25 golpes cada capa, del agregado fino.....	117
Figura 59	Pesado de la muestra con el fino compactado.....	118
Figura 60	Pesado de la tara.	119
Figura 61	Pesado de la tara + muestra.	119
Figura 62	Colocación de la muestra al horno de secado.....	120
Figura 63	Pesado del agregado sumergido.	121
Figura 64	Colocación de la muestra en el horno de secado.	121
Figura 65	método b/bo en función al contenido de fino y golpes.	122
Figura 66	Selección del tipo de pavimento permeable.	123
Figura 67	Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacío.	125
Figura 68	Relación entre "peso seco del agregado grueso" y "peso unitario seco compactado del agregado grueso"	126
Figura 69	Tamaño máximo nominal.	126
Figura 70	Resultados de caracterización del agregado.....	127
Figura 71	Briqueta modelo.	128
Figura 72	Pesado del agregado grueso.	129
Figura 73	Pesado del agregado fino.....	129
Figura 74	Medida del aditivo plastificante con la probeta graduada.	129
Figura 75	Medida del agua con la probeta graduada.	129
Figura 76	Adición del cemento.	130
Figura 77	Adición del aditivo mezclado con agua.....	130
Figura 78	Mezclado del concreto.....	130
Figura 79	Prueba de Slump.	130
Figura 80	Slump resultante 2" (óptimo).	131
Figura 81	Muestra del concreto permeable en estado fresco.	131
Figura 82	Especímenes enrazados.	131

Figura 83 Curado previo con bolsa plástica.	132
Figura 84 Curado de especímenes en la poza.	132
Figura 85 Cortado de moldes de PVC 4".	133
Figura 86 Llenado de los moldes.	134
Figura 87 Muestras para ensayo de permeabilidad.	134
Figura 88 Ensayo de permeabilidad.	134
Figura 89 Preparación del terreno para excavar.	137
Figura 90 Saturación de los agujeros.	138
Figura 91 Medida de la altura descendida.	138
Figura 92 Medida de la altura infiltrada.	139
Figura 93 Representación de alturas.	139
Figura 94 Histograma de Frecuencias.	151
Figura 95 Distribución Normal.	151
Figura 96 Prueba de Hipótesis.	152
Figura 97 Gráfica de la zona de aceptación y rechazo de la hipótesis planteada.	152

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

Dado las condiciones geográficas, el departamento de UCAYALI se encuentra en una zona cálida y tropical con superficies arcillosas y húmedas, por lo que indiscutiblemente la presencia de lluvias se da en la mayoría de meses. Por ejemplo; enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre son los meses en los que las precipitaciones son frecuentes e intensas (fuente SENAMHI), según registros obtenidos en la estación meteorológica de la UNU desde el año 1996 hasta 2019 indica que en Enero de 2017 se registró 202.8 mm en un tiempo de 24hr ,una lluvia de 3°(torrencial) ,con el cual obtenemos una intensidad de lluvia de 38 mm/hora lo que indica 3.8cm de agua en 1m² de superficie por 1hora (fuente EM-UNU). Por tanto 38mm/hora será tomado como intensidad de diseño para la investigación.

El hecho de las constantes lluvias sumado también el bajo porcentaje de vacíos del pavimento rígido común, hace que la escorrentía superficial producida por precipitación pluvial descargue en muy poco período de tiempo, colapsando de esta manera las canaletas existentes; y debido a esto se producen los anegamientos en los ambientes de la UNU.

La situación actual del sistema de drenaje de la UNU no abastece para un buen drenaje pluvial, ya que sus canaletas son muy pequeñas y poco profundas. Además del 100 % de los ambientes de la UNU, pavimentadas,

en el 0% se aplicó concreto permeable como alternativa al manejo de aguas pluviales, optando por el pavimento rígido impermeable tradicional, la cual drena la escorrentía superficial a través de ventanas en las canaletas techadas o por discontinuidad de sardinel lo cual en su mayoría no justifica el drenaje esperado causando molestias en la población universitaria.

En función a estas deficiencias encontradas, en esta tesis determinaremos un diseño de mezcla adecuado de concreto permeable y evaluaremos su uso en ciertos sectores de los ambientes de la Universidad Nacional de Ucayali, constatando su eficacia y eficiencia en lo que respecta al buen manejo de aguas pluviales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el la relevancia y utilidad del concreto permeable aplicado en pavimentos de los ambientes de la UNU?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cumplirá el concreto permeable con los requisitos mínimos de la norma CE.010 Pavimentos Urbanos?
- ¿El uso del concreto permeable en pavimentos de los ambientes de la UNU, podrá contrarrestar los constantes anegamientos?
- ¿cuál de los propuestos, será el diseño de mezcla más adecuado para la elaboración de concreto permeable, según el ACI 522R-10?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar y Evaluar la importancia y utilidad del concreto permeable con el fin de controlar las aguas pluviales en los ambientes de la UNU.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Constatar si el concreto permeable cumple con los requisitos mínimos de esfuerzo a compresión $f'c \geq 175\text{kg/cm}^2$ y $MR \geq 34\text{ kg/cm}^2$, establecidos por la norma técnica CE.010 Pavimentos Urbanos.
- Evaluar si el concreto permeable cumple con los requisitos mínimos de permeabilidad de la normativa ACI 522R-10.
- Determinar un diseño de mezcla de concreto permeable adecuado a las normas del ACI 522R-10, así como también a las normas ASTM y las NTP 339 en lo que respecta a concreto.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Las precipitaciones son un fenómeno natural, inalterable por medios naturales; son una molestia cuando no se tiene un buen manejo de aguas pluviales. Con el fin de mejorar la transitabilidad peatonal de la población universitaria se han construido pavimentos tanto de concreto como de adoquines en plazuelas, veredas, pasajes peatonales, etc.

1.4.1. Justificación Técnica

Hoy en día el uso del concreto permeable en la Universidad y región es irrelevante ya que no hay registros de haberse aplicado en la zona, por ende realizamos este trabajo de investigación basado en la determinación y evaluación del concreto permeable cumpliendo ciertos estándares ya mencionados, por ejemplo, lograr resistencias mínimas propuestas por la CE.010 Pavimentos Urbanos ($f'c \geq 175$ kg/cm² y $MR \geq 34$ kg/cm²) con vacíos de 15-25% según ACI 522R-10, lo cual servirá como referente a futuras investigaciones.

1.4.2. Justificación Social

La situación actual en la Universidad Nacional de Ucayali con respecto al funcionamiento correcto del pavimento (escurrimiento y drenaje) mediante canaletas en días de precipitación es deficiente.

Evidentemente esto conlleva a un mal funcionamiento de los drenajes y por ende a constantes anegamientos en diferentes ambientes de la UNU; ocasionando incomodidad y retraso académico.

1.4.3. Importancia

A partir de lo mencionado, resalta la importancia de tener un manejo adecuado de las aguas pluviales que generan escorrentía superficial y por consiguiente el anegamiento de los ambientes de la UNU, proponiendo como alternativa al pavimento tradicional (pavimento rígido), el pavimento con concreto permeable como buena opción,

verificando que tenga características mecánicas similares a un pavimento rígido tradicional.

1.5. LIMITACIONES Y ALCANCES

- El trabajo de investigación estará ligado básicamente al estudio y evaluación del concreto permeable en pavimentos especiales.
- Debido a la falta de equipo especializado, para determinar el Módulo de Rotura del concreto permeable en la Región, y siendo demasiado costoso hacerlo fuera; se calculará empleando la fórmula recomendada por el ACI.
- El alcance de la presente tesis será lograr diseñar una mezcla de concreto permeable y evaluar si cumple los estándares del ACI 522R, en lo que respecta a resistencia a la compresión, permeabilidad, módulo de rotura, básicamente.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General

El uso del concreto permeable en pavimentos basado en parámetros de las normativas ACI, CE.010, ASTM, facilitará el buen manejo de aguas pluviales en pavimentos de los ambientes de la UNU.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- La mezcla óptima de concreto permeable satisface los parámetros de esfuerzo a compresión y flexión indicados en la normativa CE.010 Pavimentos Urbanos.
- La mezcla de concreto poroso óptimo satisface los parámetros mínimos de permeabilidad del ACI 522R-10 según tamaño máximo nominal del agregado.
- Bajo la normativa ACI 522R-10 se logra hacer un diseño de mezcla adecuado.

1.7. SISTEMAS DE VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES

1.7.1. Variable Independiente

- Propiedades físicas y mecánicas de los componentes del concreto permeable.
- Porcentaje de vacíos y tamaño máximo nominal de la grava del concreto permeable.
- Propiedades hidráulicas del suelo en la Universidad Nacional de Ucayali.

1.7.2. Variable Dependiente

- Resistencia a compresión y flexión del concreto permeable.
- Coeficiente de permeabilidad del concreto permeable.
- Coeficiente de permeabilidad e infiltración del suelo.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

2.1.1. Antecedentes Teóricos

Referenciar al concreto permeable es remitirnos al siglo XIX, donde se registran los primeros antecedentes, su utilización principalmente fue en la construcción de edificios, este tipo de concreto permeable puede describirse como un concreto especial, ya que no requiere de agregado fino, denominado comúnmente arena.

Según registros históricos en 1852 se usó por primera vez concreto permeable en el Reino Unido en la construcción de dos casas usando agregado grueso, cemento y agua. También en 1923 se construyeron 50 casas de dos pisos con el material mencionado en Edimburgo-Escocia, finalizando el año 1930 mediante el VAL (Vivienda Association Limited) escocés, se aprobó el uso de concreto para vivienda, de manera que antes del año 1942 ya se habían construido 900 viviendas a base de concreto permeable (American Concrete Institute, 2010).

Después de la segunda guerra mundial las ciudades europeas quedaron devastadas, debido a esto surge la gran necesidad de crear nuevas alternativas en los materiales de construcción, para poder así construir las ciudades afectadas de manera rápida, eficiente y económica, por lo que el concreto permeable fue una solución puntual.

Un caso particular es el de Alemania después de la segunda guerra mundial, el país fue devastado casi en su totalidad por lo que quedó sin infraestructura urbana. El mencionado Concreto Permeable fue parte de la solución en la rehabilitación de la que hoy en día es la Alemania modernista. Es preciso considerar también que, después de la guerra en Europa los insumos para la construcción fueron escasos, ya que no existían medios necesarios para la elaboración de materiales de construcción; por lo que, el concreto permeable fue una alternativa de solución, ya que para elaborarlo requería de unos cuantos insumos (DIVISION DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM, 2010).

2.1.2. Antecedentes Internacionales

En la actualidad en Latino América, México, bajo la empresa impulsadora del Concreto Permeable por nombre HIDROCRETO, al igual que Colombia han sido los que han aplicado el concreto permeable como medio para tener un manejo adecuado de aguas pluviales. También hay investigaciones como las siguientes:

- ✓ El concreto permeable, es definido como un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad. La elaboración de mezclas de concreto permeable con agregados andesíticos diseñadas para 15% y 20% de vacíos, así como la realización de su estudio experimental si cumplen con los requisitos mínimos expuestos en el ACI 522R-10. Los resultados de los estudios

realizados a las mezclas de concreto permeables diseñadas con 15% y 20% de vacíos elaboradas con agregados andesíticos, permiten concluir que sí cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su aplicación en pavimentos y otras aplicaciones. Las propiedades en estado endurecido de las mezclas de concreto permeable resultaron con los valores encontrados en las referencias bibliográficas, las mezclas con 15% de vacíos resultaron con 196 kg/cm² resistencia a compresión, con 41 kg/cm² resistencia a la flexión y 117.768 kg/cm² módulo de elasticidad. Las mezclas con 20% de vacíos resultó que la resistencia a compresión es 165kg/cm², 37kg/cm² flexión y 105.378kg/cm² módulo de elasticidad. Los resultados de las pruebas de permeabilidad de esta investigación con un promedio de 0.482 cm/s, permiten concluir que las mezclas mayores a 15% de vacíos satisfacen los valores de infiltración requeridos para que las mezclas sean consideradas como permeables. (Pérez, 2009, p. 3, 125)

- ✓ El documento cuenta con todo lo necesario para llevar a cabo un sistema de pavimentos permeables, a diferencia de las principales guías de diseño, en este escrito se encuentra, el tipo de materiales, la granulometría de los agregados pétreos, las especificaciones y normativas, y el sistema constructivo. Con el diseño se obtuvieron buenos resultados pese a que el terreno de la zona no permitió la percolación (no recarga de acuíferos), por medio de estos

resultados obtenidos se observa que los pavimentos permeables son una alternativa viable cuya aplicación de manera masiva mejoraría sustancialmente el control de inundaciones en las zonas aledañas al rio Bogotá, debido a que los tiempos de concentración aumentarían, con la retención de la esorrentía en el lugar donde se producen y no se trasladaría el problema aguas abajo. Caso contrario con lo que sucede con los sistemas convencionales de drenaje (tuberías y canales). (Castro, 2011, p. 84).

2.1.3. Antecedentes Nacionales

A nivel nacional existen investigaciones (TESIS) como el siguiente:

- ✓ La tesis busca evaluar al concreto permeable como alternativa a la esorrentía proveniente de precipitaciones, como es el caso del fenómeno del niño en la costa noreste de Perú, por ende se evalúa implementar dicho concreto en vías locales y pavimentos especiales de dicha región. Para ello se tomó como base la normativa ACI 522R-10 y las normas ASTM, generando 15 mezclas con 8 especímenes por mezcla con dimensiones 6"x 12" para ensayos a compresión 4"x 8" para ensayo de permeabilidad. En la presente investigación se pudo concluir, que producto de la evaluación mediante ensayos del concreto permeable es posible usarlo en la construcción de pavimentos ya sea en vías locales o pavimentos especiales (estacionamientos, veredas, etc.), ya que cumple con las especificaciones del f'c de la CE.010 y normas ACI

522R. Sobre la evaluación por resistencia, se concluyó que para resistencias encontradas de 175 kg/cm² y 250 kg/cm² el 13% y el 15% corresponden al MR, es recomendable diseñar con porcentajes de vacíos menores a 21.5 % para lograr como mínimo MR= 34 kg/cm². La CE.010 exige como requisito mínimo el $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, lo cual los diseños con 19.5%, 21.5%, 25.2% y 15% arrojaron los siguientes valores a los 28 días, 221.5kg/cm², 213 kg/cm², 177 kg/cm² y 186 kg/cm², por tanto, puede ser usado en vías locales y pavimentos especiales sin inconvenientes. Además, el MR mínimo según la CE.010 es 34 kg/cm², las mezclas con 19.5% y 15% cumplen, 36 kg/cm² y 39 kg/cm², lo cual indica también que cumple con las especificaciones. Con respecto a la permeabilidad, se registró que el fenómeno del niño alcanza 119mm/h (0.0035cm/s), el cual supera a la permeabilidad del concreto en casi 200 veces. (Guisado & Curi, 2017, p. 102)

- ✓ Esta investigación tuvo como finalidad obtener un diseño de mezcla de concreto poroso que cumpla con resistencias de 210 kg/cm² a compresión y 42 kg/cm² a flexión, esta mezcla contendrá adiciones de fibra de polipropileno para lograr las resistencias mencionadas, los diseños se realizaron en 3 etapas, en la etapa I se diseñó con aditivo plastificante, en la etapa II se diseñó con fibra de polipropileno, en la III se elaboraron especímenes con el diseño óptimo de la mezcla II siendo 132 especímenes que serán ensayados a compresión flexión y permeabilidad. A los 28 días se

logró una resistencia de 227.78 kg/cm² con una desviación estándar de 6.29 kg/cm² y coeficiente de variación de 2.76%. A flexión se logró 44.21 kg/cm² con desviación estándar de 1.39 kg/cm² y coeficiente de variación de 3.14%. El coeficiente de permeabilidad fue de 0.27 cm/s con un contenido de poros de 17.36 % y la conclusión es que se logró diseñar una mezcla que cumple con las resistencias propuestas las cuales fueron: 210 kg/cm² a compresión con desviación estándar de 6.29 kg/cm² y 42 kg/cm² a flexión con desviación estándar de 1.39 kg/cm² ; a una edad de 28 días, a los 7 días se alcanzó un 72.8% y a los 14 días un 93.3% del total de resistencia a compresión, con respecto a permeabilidad se obtuvo 27 cm/s encontrándose dentro del rango (0.20-0.54 cm/s). Ambos registros de investigaciones comparten la premisa de cero encharcamientos y generar un diseño de mezcla aceptable en función al ACI 522R, con características similares al pavimento rígido en lo que respecta a resistencia y durabilidad. (Díaz, 2017, p. 94).

2.1.4. Antecedentes Regional - Local

A nivel regional no hay estudios antiguos ni actuales que sirvan como referente ante cualquier inquietud sobre el tema mencionado. Por lo que se pretende que la presente investigación sirva como referente a futuras investigaciones de la aplicación y diseño del concreto permeable.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades sobre Pavimentos

La reseña histórica de los pavimentos data desde hace 3000 años a.c, donde el imperio Hilita construyó los primeros pavimentos denominados antiguamente “camino” a suelo firme, como principal materia prima usaron la piedra. De manera similar Egipto también empleó piedras para revestir las superficies transitadas, próximamente Grecia, Roma y otras partes del mundo emplearían este tipo de pavimentos.

Ya por el siglo XIX Inglaterra fue el primer país en emplear normas de pavimentación para la construcción de vías de transporte.

El cambio radical se dio con llegada de la era industrial con la aparición del automóvil, ahora los pavimentos debían ser más extensos y resistentes para el traslado de vehículos pesados. El uso del pavimento rígido se dio en EE.UU. por la necesidad de transporte masivo.

Con el desarrollo del petróleo (siglo XX), se incentivó el uso de betunes asfálticos para pavimentos, de manera que desde la segunda guerra mundial hasta la actualidad prevalecen los pavimentos con betunes (pavimento flexible) y pavimentos rígidos de concreto.

En líneas generales, la principal función de los pavimentos fue y será agilizar el transporte, pero también, debe ser resistente y durable ya que de cierto modo el desarrollo social depende de ello.

Los pavimentos para carreteras y vías urbanas son estructuras viales multicapa; es decir, están constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales. Asimismo deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se imponga sobre su superficie. El pavimento se soporta sobre una sub-rasante natural o sobre una plataforma, que puede ser la sub-rasante mejorada, estabilizada, o un terraplén, que se denomina capa de conformación. (Rondon & Reyes , 2015, p. 26).

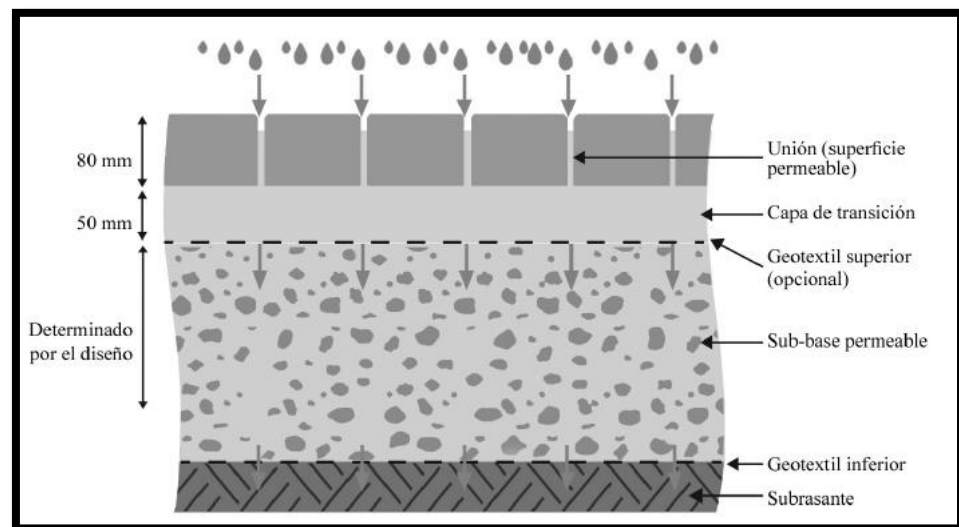
Existen familias de pavimentos como los siguientes: pavimentos flexibles, rígidos, semirrígidos, pavimentos permeables, articuladas o en adoquín entre otros. En esta investigación básicamente nos centraremos en el análisis del Pavimento Rígido Permeable.

2.2.2. Pavimento Rígido Permeable

El Pavimento Permeable surge ante la necesidad de preservar el medio ambiente y tener un buen manejo alternativo de aguas pluviales. Tiene como objetivo captar el agua de lluvia absorberlo e infiltrarlo al subsuelo a través de sus capas, para así, mitigar el escurrimiento superficial.

La estructura del pavimento consta básicamente de tres capas: superficie de rodadura, capa con agregado con tamaño máximo nominal 3/4" y capa con agregado de 1" máximo.

Para el caso de infiltración directa al subsuelo, esta debe tener la capacidad de infiltración ideal para recargar acuíferos, si el suelo es impermeable o condiciones de infiltración mínima se buscara darle un manejo adecuado a conveniencia.



Fuente: Pavimentos permeables, 2017

Figura 1 Corte típico de pavimento permeable

2.2.3. Concreto Permeable

2.2.3.1. Concepción

Sabemos que el concreto convencional en sí, resulta de la combinación de agregado grueso, arena, agua y cemento; formando un sólido resistente a aplicación de cargas según sea el caso, además se caracteriza por tener un bajo contenido de vacíos en su estructura lo cual lo hace impermeable.

Refiriéndonos al “Concreto Permeable” es referirnos a un concreto similar al mencionado en líneas anteriores en lo que respecta a composición. No obstante, al ser “Permeable” implica que deberá tener vacíos en su estructura interna, mediante el cual percollará el agua.

El concreto permeable es la resultante de combinar agregado grueso, cemento portland, aditivos y agua con poco o nada de material fino. Así mismo el concreto resultante contendrá porosidades de 2 a 8mm de tamaño por donde percollará el agua, se estima que las porosidades o contenido de vacíos varíen entre el 15 y el 25% en volumen con resistencias que van de 2.8 – 28MPa, a su vez el drenaje del concreto varía de 81 – 730 L/min/m² en función a los agregados utilizados para lograr dicho concreto.

El concreto permeable es sumamente reconocido a nivel internacional como una alternativa sostenible, puesto que minimiza drásticamente la escorrentía, reutiliza el agua y es más económico. (American Concrete Institute, 2010)

2.2.3.2. Propiedades ingenieriles

a) Propiedades en estado fresco

Por lo general el concreto en estado fresco es sumamente trabajable ya que es blando y por ello moldeable a conveniencia, conservándose así durante la colocación y compactado.

El concreto permeable en estado fresco es relativamente más consistente que el concreto normal, ya que en ensayos de asentamiento, el concreto permeable se asienta entre 20mm (3/4") y 50mm (2") comparado al concreto normal, también una vez moldeado y compactado en el mismo ensayo se observa claramente la estructura porosa del concreto. Para una adecuada trabajabilidad es recomendable hacerlo en no más de 1h, y si se usan aditivos hasta 1.5h. (Tennis, Leming, & Akers, Pervious Concrete Pavements, 2005)

- Revenimiento:

El revenimiento consiste en medir el hundimiento que sufre un tronco de cono de concreto fresco al retirarle el apoyo; para hacer esta prueba se usa un molde metálico, cuyas medidas son de 30 cm de altura, 10 cm en su base superior y 20 cm en su base de apoyo llamado cono de Abrams). La prueba se lleva a cabo colocando el molde sobre una superficie horizontal y se vacía en él hasta llenarlo, tres capas de igual espesor picando

cada una de las capas 20 a 25 veces con una varilla de 5/8. Finalmente se mide el revenimiento o asentamiento desde el borde superior por lo general varía de 0 a 5 cm. (ARQHYS ARQUITECTURA, 2012)

- **Peso Unitario:**

El peso unitario es el peso varillado expresado en Kg/m^3 de una muestra representativa de concreto. Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye el peso unitario. La mayor compactación incrementa el peso unitario, pero las modificaciones del peso unitario son debidas al tipo de agregado empleado. (Mendoza, 2015).

$$PESO\ U.\ CONCRETO = \frac{PESO\ TOTAL - PESO\ DE\ M}{VOLUMEN} (kg/m^3)$$

- **Tiempo de Fraguado:**

El fraguado de este tipo de concreto se reduce considerablemente a 1 hora o menos para una adecuada trabajabilidad, sin embargo, con el uso de aditivos plastificantes se puede extender hasta 1.5 horas controlados cuidadosamente.

b) Ensayos en estado fresco

- NTP 339.036 o ASTM C-172:

Tanto la norma técnica peruana (NTP) como el ASTM nos brindan los procedimientos técnicos para obtener muestras de concreto “en estado FRESCO” para lo que sea pertinente.

Una vez realizada la mezcla de concreto se dispondrá de 15 minutos para la obtención de la muestra, luego se transporta la muestra al lugar donde se realizarán las pruebas en estado fresco o donde serán moldeadas para pruebas de resistencia, con una pala remezclar la muestra para poder realizar las pruebas, la prueba de asentamiento o contenido de aire se realizarán después de 5 minutos de haber obtenido la mezcla final que se obtiene al remezclar la muestra seleccionada al inicio.

Si la mezcla se realizará con un mezclador, la muestra no se tomará de la primera o última descarga, si no, de la corriente de descarga.

Después de realizar el remezclado esperamos 15 minutos para elaborar los moldes para ensayos en laboratorio, debiendo ser esta mezcla protegida de vibraciones, sol y viento.

- NTP 339.184 o ASTM C-1064:

Las presentes normas nos brindan procedimientos técnicos para medir la temperatura del concreto en estado fresco, sabiendo que la temperatura óptima es de 15°C lo cual en

climas cálidos no siempre se logra por lo que se estima que la temperatura fluctúe $15^{\circ}\text{C} < \text{C} < 30^{\circ}$.

El concreto en estado fresco con tamaño nominal máximo 3" será puesto en un recipiente con una profundidad mínima el tamaño máximo de agregado, así como también el ancho.

Para la medición de temperatura, el dispositivo deberá ser capaz de medir con exactitud o margen de error de 0.5°C , el dispositivo de medición requerirá una inmersión en concreto mínima de 75mm (3") o menos durante la operación.

- NTP 339.035 o ASTM C-143:

La presente normal proporciona al usuario los parámetros necesarios para obtener el asentamiento del concreto en estado plástico.

El tamaño máximo nominal será 1 ½" (37.5mm), para obtener el asentamiento necesitaremos lo siguiente:

Molde (cono de Abrams): Será de un material no reactivo con la pasta de cemento con un espesor mínimo de 1.5mm además será del tipo tronco de cono abierto en ambos extremos con diámetro menor de 10cm y diámetro mayor de 20cm con una altura de 30cm, además serán acopladas agarraderas y pedestales para un correcto manejo del mencionado molde.

Barra compactadora: la barra compactadora será lisa de ½" o 5/8" con longitud de 60cm con punta semiesférica.

Materiales: los materiales serán los mismos explicados en la NTP 339.036.

Procedimiento: Una vez realizada la mezcla se procede a llenar el cono por capas; la primera capa será 1/3 del volumen total la segunda capa será 2/3 del volumen total.

$$V = \frac{h \cdot \pi}{3} (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Se deberá tener cuidado que la altura de capas sea por volumen y no por altura, luego de poner las capas se procede al varillado dando 25 varillados a cada capa, una vez llenado la última capa a limite y varillado se procede a levantar el tronco cono con cuidado pisando los pedestales en un intervalo de tiempo de 5seg a 10seg procediéndose a medir el asentamiento inmediatamente, todo el trabajo no debe exceder de los 2.5min. Por lo tanto el asentamiento se determina por diferencia de altura entre el molde y la muestra de cono deformado expresado en cm o pulgadas.



(Fuente: NTP 339.035,1999)

Figura 2 Tipos de asentamientos según calidad del concreto

Para ser más prácticos en lo que respecta a llenado por capas, la primera capa será de 67mm y la segunda 155mm.¹

- ASTM C-1688:

Esta norma nos brinda información necesaria para calcular la “densidad y contenido de vacíos” del concreto permeable en estado fresco.

Para el cálculo de lo mencionado en líneas anteriores se considera apropiado el uso de dos métodos, método A (método Proctor) y método B (método Marshall). para el desarrollo de los métodos se tiene que disponer de una balanza calibrada $\pm 50g$, martillo Proctor, martillo Marshall, contenedor (d=101.6mm y h=116.4mm), placa de enrasado con 6mm de espesor y una cuchara para vaciar la mezcla al contenedor, todo esto para tamaño máximo nominal 1”.

Con los equipos listos se procede el llenado del contenedor bicapeado de igual espesor con la cuchara, distribuir uniformemente la mezcla por cada capa. Para el procedimiento A se deja caer el martillo 20 veces a una altura de 305mm (12pulg), en cambio para el procedimiento B, se deja caer el martillo 10 veces a una altura e 457mm (18pulg). Si después de los golpes por capa se nota que faltase mezcla se procede a

¹ Si el asentamiento se da por corte o derrumbamiento se volverá a realizar el ensayo, de seguir fallando quiere decir que la mezcla tiene poca plasticidad y cohesión.

aumentar y si se viese que sobrara se procede a retirar, se deberá contemplar la consolidación de la capa final.

Posterior a lo mencionado se enraza la mezcla con la placa enrazadora con acabado plano y liso, luego de esto se procede a limpiar el contenedor de restos de mezcla y se procede a pesar para determinar la masa.

Luego se procede a hacer los cálculos respectivos, calculamos la densidad (peso unitario) donde:

Mc = masa del contenedor lleno de concreto, Mm = masa del contenedor, Vm= volumen del contenedor

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Luego calculamos la Densidad teórica (T):

$$T = \frac{Ms}{Vs}$$

Donde T= densidad teórica, Ms=masa total de los materiales que se usó para la amasada, Vs=sumatoria de los volúmenes de las materiales que se usó para la amasada.

Luego calculamos el contenido de vacíos (U):

$$U = \frac{T - D}{T} \times 100$$

Donde T = densidad teórica, D = densidad (peso unitario).

- NTP 339.033 o ASTM C-31:

Este informe proporciona información técnica con respecto a las muestras (desde su elaboración hasta su puesta en laboratorio)

y el curado de las mismas (como curar, desde cuándo y hasta cuándo) y el reporte final de resultados.

Los moldes para pruebas a “compresión” deben ser cilindros fundidos impermeables en posición vertical con “longitud” igual a “dos veces el diámetro” siempre que el tamaño máximo nominal sea menor o igual a dos pulgadas ($TMN \leq 2$ ”).

Las muestras que se someterán a pruebas de “flexión” deben tener una sección transversal mínima de 6”x6”, siendo la longitud 3 veces el espesor de la muestra más 2”.

Con respecto al curado: para el curado inicial se expondrán las muestras por lo menos 48h a temperatura entre 20° y 26°C siempre que el concreto sea mayor a 40kg/cm² ($f'c > 40\text{kg/cm}^2$), para el curado final se recomienda que la temperatura de exposición sea de 20° a 30°C. Si la temperatura no está en el rango especificado se pueden usar objetos que regulen la temperatura como ventiladores, hielo entre otros siempre registrando mediante termómetro que la temperatura cumpla el rango especificado.

El transporte al laboratorio no excederá 4h, además será con sumo cuidado si es posible con arena para amortiguar los impactos entre las mismas, previo a ello se debió especificar cada muestra.

c) Propiedades en Estado Endurecido

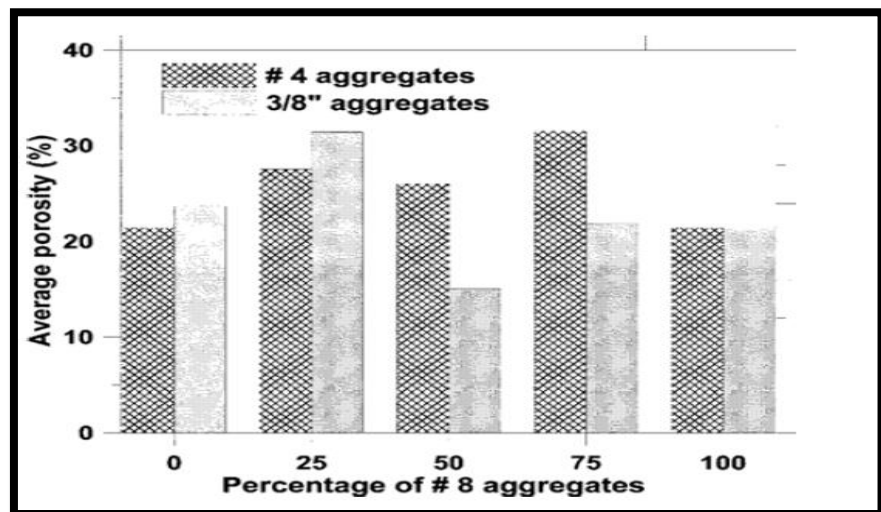
- Porosidad:

Entendemos por porosidad a los espacios intermoleculares en la estructura interna de un objeto.

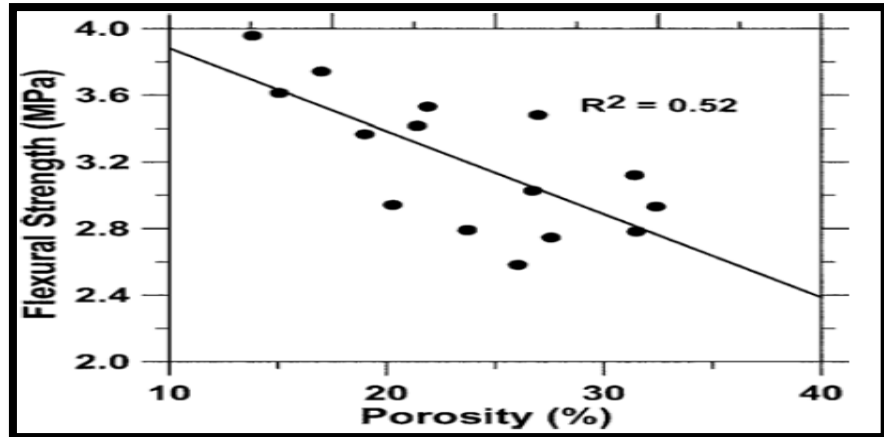
El concreto permeable se caracteriza por esta propiedad ya que no olvidemos que la principal función del pavimento permeable es drenar el agua, si hablamos de poros estamos hablando también del tamaño de agregado que se usara, de ahí que a mayor tamaño de agregado mayor será la porosidad del concreto resultante, pero también hay que tener cuidado que no afecte las resistencias mínimas otorgadas por le ACI 522R.

A continuación, podemos observar algunos diagramas de interacción del contenido de vacíos (poros), tamaño de agregado y las propiedades mecánicas.

Figura 3 Influencia del tamaño y la gradación del agregado en la porosidad del concreto permeable



Fuente: American Concrete Institute, 2010



Fuente: American Concrete Institute, 2010.

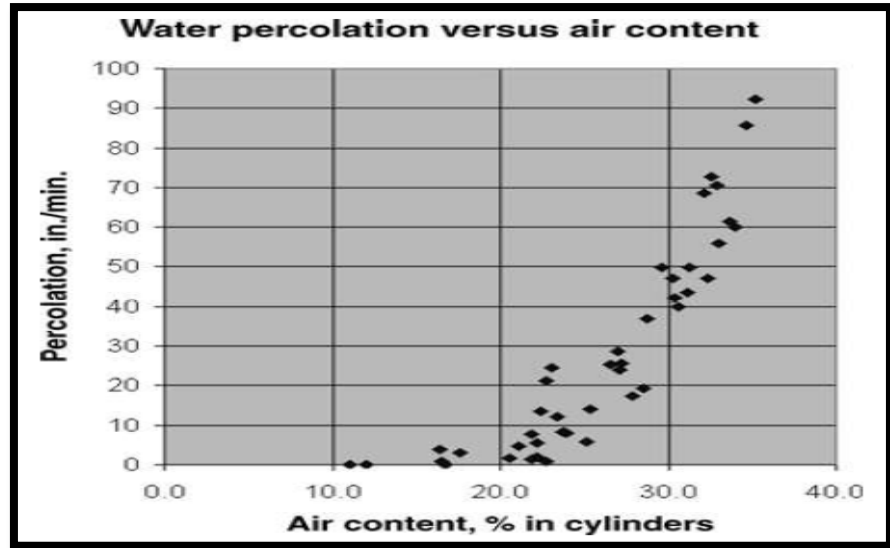
Figura 4 Relación entre la resistencia a la flexión y la porosidad para el concreto permeable (1psi=0.006895MPa)

- Permeabilidad:

Entendemos por permeabilidad a la facilidad con que un fluido atraviesa cierto material en función a su estructura interna en un determinado tiempo. El tiempo está en función de contenido de vacíos del material, el tipo de flujo (viscoso, laminar) y la presión de flujo.

Para que el concreto permeable tenga una tasa de percolación (permeabilidad) significativa necesita tener como mínimo 15 % en contenido de vacíos (según estudios realizados por Meininger 1998). Entonces la lógica sería que a mayor % de vacíos mayor será la permeabilidad, sin embargo, el $f'c$ disminuirá.

El desafío será lograr una mezcla de concreto que se encuentre en los rangos aceptables de permeabilidad como también de resistencia a compresión ($f'c$) y flexión.



Fuente: American Concrete Institute, 2010

Figura 5 Interacción entre contenido de vacíos y permeabilidad

a). Propiedades Mecánicas

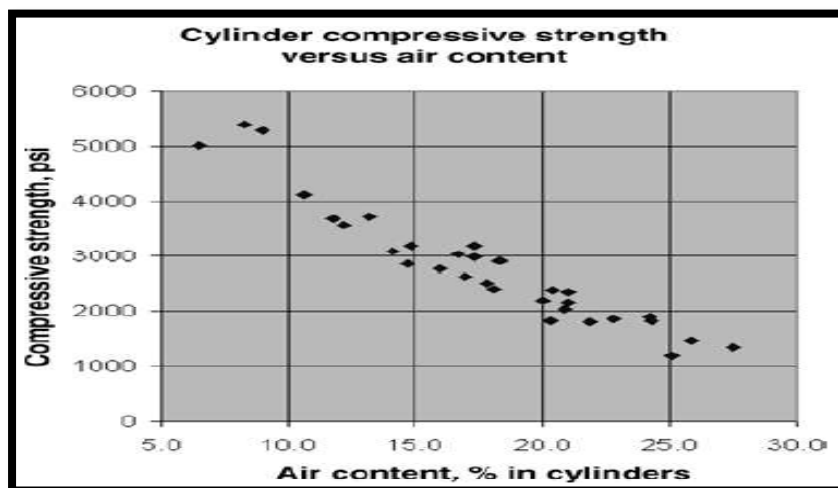
Las principales propiedades mecánicas son los siguientes:

- ✓ Resistencia a la Compresión: De acuerdo con la norma ASTM C39 la resistencia a compresión se da en cualquier muestra sometida a carga axial en unidades de medida kg/cm². El ensayo para determinar la resistencia se realizará después de 28 días para así lograr la máxima resistencia (f'c).

Las mezclas de concreto permeable pueden desarrollar resistencias a compresión en el rango de 35 a 280 kg/cm², lo cual lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Los valores típicos son aproximadamente 170 kg/cm². Los materiales seleccionados, así como las técnicas

de colocación y las condiciones ambientales, determinarán la resistencia real en el lugar. Los núcleos perforados son la mejor medida de la resistencia en el lugar, ya que las diferencias de compactación hacen que los cilindros sean fundidos. (Tennis, Leming, & Akers, Pervious Concrete Pavements, 2005).

Es preciso mencionar que la resistencia a compresión depende en gran manera del contenido de vacíos de la muestra. Podemos afirmar que a mayor cantidad de vacíos menor resistencia a compresión y a menor cantidad de vacíos mayor resistencia, como se muestra en la siguiente figura.

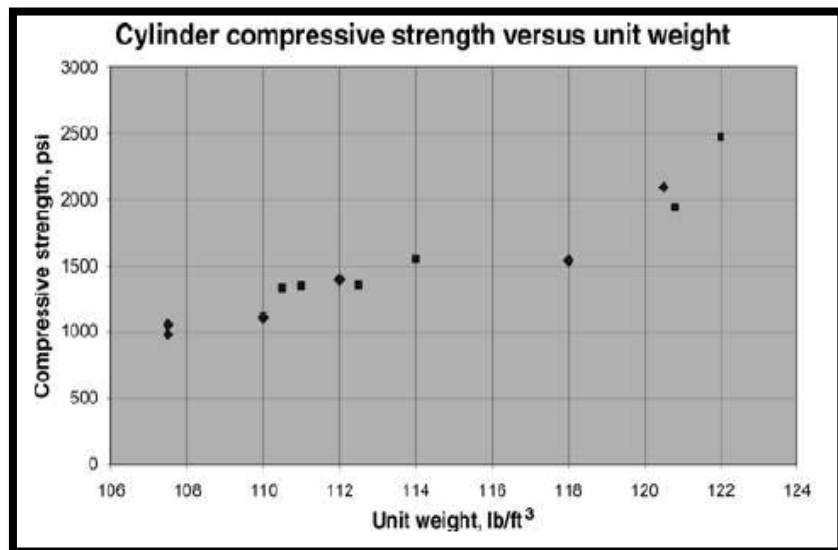


Fuente: Meininger, 1998.

Figura 6 Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la compresión para concreto permeable

Así mismo, la resistencia a compresión también está ligada al peso unitario, en este caso el peso unitario o peso

específico del concreto permeable bordea el 70% del concreto común.



Fuente: Mulligan, 2005

Figura 7 Relación entre el peso unitario y resistencia a la compresión (1psi=0.006895).

NTP 339.034 o ASTM C-39, RESISTENCIA A COMPRESION: Las propiedades del concreto permeable en estado endurecido dependen en su mayoría del mezclado, la calidad de gradación del material y la relación agua/cemento. Según reportes del ACI 522R-10 el concreto permeable aumenta su resistencia al disminuir el contenido de vacíos, pero a su vez también estaríamos reduciendo el contenido de poros el cual es característico de este tipo de concreto y son muy importantes para la percolación, así como también hay factores que reducen la resistencia a compresión, por ejemplo, durante la colocación de concreto, el grado de

compactación o la amplitud de vibración, así como también la relación agua-cemento.

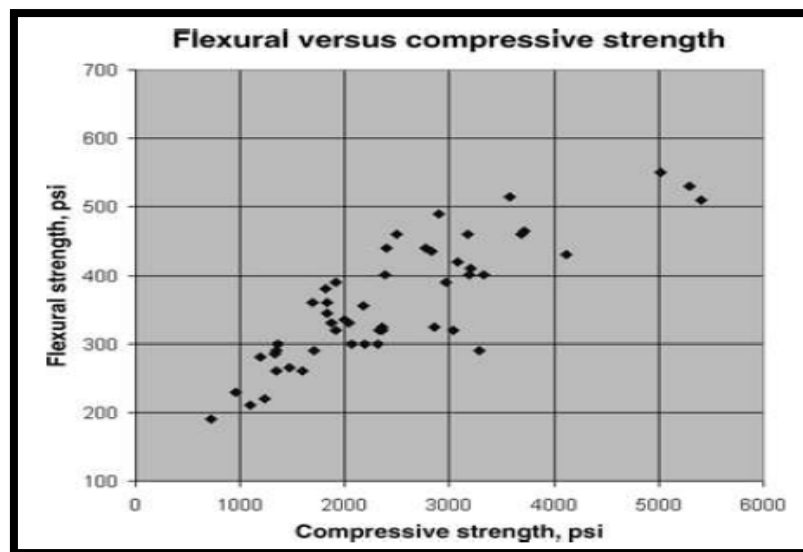
En el ACI 522R-10 o en cualquier otro reporte no hay una metodología o guía práctica para realizar el ensayo de este tipo de pavimento especial, sin embargo podemos hacer uso de la NTP 339.034(ensayos de resistencia a compresión) o también de la ASTM C39 (ensayos de resistencia a compresión) en las que nos brindan parámetros necesarios para averiguar la resistencia de las probetas de concreto ya mencionado en NTP 339.036 o ASTM C-172, los ensayos que se realizaran a las probetas serán las mismas que se realizan al concreto hidráulico convencional.

- ✓ Resistencia a la flexión: Entendemos por flexión la capacidad que tiene un elemento de deformarse y volver a su estado inicial. Para el caso en estudio “La resistencia a la flexión en hormigones permeables generalmente oscila entre aproximadamente 10 kg/cm² y 38 kg/cm². Muchos factores influyen en la resistencia a la flexión, en particular el grado de compactación, la porosidad y la proporción de agregados: cemento (A/C). Sin embargo, la aplicación típica construida con concreto permeable no requiere la medición de la resistencia a la flexión para el diseño” (Tennis, Leming, & Akers, Pervious Concrete Pavements, 2005, p. 6)

“La adición de una pequeña cantidad de arena (aproximadamente 5% en volumen) aumenta la resistencia a la flexión del concreto permeable (Neithalath 2004). Se ha informado un aumento en la resistencia a la flexión del concreto anterior cuando se usa un aditivo de polímero (Onstek et al. 1993). Se ha observado una resistencia a la flexión de aproximadamente 3 kg/cm² para un concreto permeable proporcionado con ¼ a 1/8 pulg. (6 a 10 mm) de agregado y con una porosidad del 25%”. (American Concrete Institute, 2010, p. 9)

La fórmula para estimar la fuerza flexionante será:

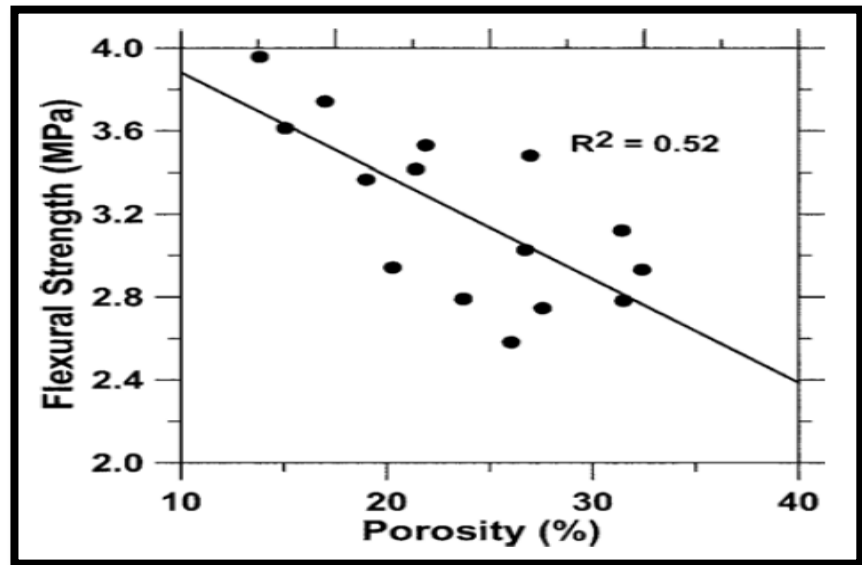
$$f_r = 0.083(f'_c)^{\frac{2}{3}}, SI.$$



Fuente: Meininger, 1998.

Figura 8 Relación entre f'_c y f_r (1psi=0.006895MPa)

En a fig. N°8. Observamos que para cada valor de f'_c corresponde un valor de f_r , por ejemplo, para un $f'_c = 300\text{psi}$ correspondería un $f_r = 500\text{psi}$



Fuente: American Concrete Institute, 2010.

Figura 9 Relación entre la porosidad y el f_r .

Mencionamos en párrafos anteriores que la porosidad del concreto permeable debe estar entre el 15 y 30%. Si observamos la figura N°9, nos damos cuenta que por ejemplo para un contenido de vacío de 25% estimamos que el valor de $f_r = 32\text{kg/cm}^2$.

- ✓ Normativa para Ensayo de Resistencia a Flexión:
- NTP 339.078, ASTM C-78 y ACI 522R-10 Resistencia a Flexión: La presente norma nos brinda los parámetros necesarios para realizar el ensayo a flexión para un concreto convencional, no obstante, el reporte ACI 522R-10

menciona pautas especialmente para el concreto en estudio (concreto permeable), que al igual que en la NTP 339.078 se usarán los mismos aparatos de ensayo.

ACI 522R (2010) menciona que: “existen relaciones entre resistencia a compresión y resistencia flexión, resistencia a compresión y contenido de vacíos, resistencia a flexión y contenido de vacíos.” (p. 9).

Crouch y otros (2006), investigaron la relación entre la resistencia a compresión y flexión para pavimentos permeables y determinaron que la relación coincide más estrictamente con la ecuación establecida por Ahmad y Shah.

$$fr = 2.3 * (f'c)^{\frac{2}{3}}, (pulg - lb).$$

$$fr = 0.083 * (f'c)^{\frac{2}{3}}, (SI).$$

El Módulo de Rotura (MR) o comúnmente llamado flexión, generalmente varía entre el 10 al 15 % de f'c, esto dependerá del tipo y dimensiones de agregado utilizado. La asociación americana de pavimentos (ACPA) así como también la asociación del cemento portland (ACP), puntualizan que el MR puede ser usado con fines de diseño, no obstante, el f'c o resistencia a compresión serán usados netamente para aceptación del concreto. (GARCÍA, 2012)

$$MR = 2.58\sqrt{F'C}$$

2.2.3.3. Aplicaciones

Las aplicaciones del concreto permeable como hemos podido ver han sido diversos, en sus inicios se usaron para construir casas, más adelante con estudios técnicos sustentados se podían aplicar en zonas de estacionamiento, ciclo vías y veredas y en la actualidad en pavimentos rígidos con tráfico liviano. Esta nueva alternativa al pavimento tradicional es muy amigable con el medioambiente por que ayuda a preservarlo.



Fuente: Google

Figura 10 Aplicación de concreto permeable en veredas.



Fuente: Google.

Figura 11 Aplicación de concreto permeable pavimentos.

“Cuando el agua en general contacta con el concreto permeable, éste percola a través de los vacíos interconectados de su estructura, haciendo que la superficie se mantenga absolutamente seca. Desde el punto de seguridad pública y confort, el pavimento permeable es muy conveniente ya que no permite la formación de charcos por lo que resulta más fácil caminar o conducir, por ende reduce considerablemente la escorrentía que es un problema en zonas de constantes precipitaciones”. (Pavimento Permeable – La Mejor Opcion Contra las Inundaciones, 2018)

2.2.3.4. Vida Útil

La vida útil del concreto permeable en pavimentos es básicamente similar al pavimento tradicional, con decir similar nos referimos que ambos están expuestos a la intemperie siendo afectados por agentes ambientales y de tránsito de

manera que la vida útil depende significativamente de ello, entre algunas de ellas tenemos:

a). Resistencia a la Congelación y Descongelación

La resistencia a congelación y descongelación depende del nivel de saturación de vacíos del pavimento permeable, y como el concreto tiene un drenaje rápido esto evita la saturación. Las evidencias anecdóticas sugieren que el concreto permeable cubierto de nieve se despeja más rápido, posiblemente porque sus vacíos permiten que la nieve se descongele más rápidamente de lo que lo haría en los pavimentos convencionales. De hecho, varias colocaciones de concreto permeables en Carolina del Norte y Tennessee han estado en servicio por más de 10 años. (Tennis, Leming, & Akers, 2005)

Para mejorar la condición de congelación y descongelación se recomienda: incorporar un aditivo inclusor de aire en la mezcla de concreto permeable, colocar un tubo PVC en la base para captar el agua y drenar hacia afuera por debajo del pavimento y utilizar 1 capa de 20 a 60 cm de agregado grueso debajo del concreto permeable. (DIVISION DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM, 2010)

b). Resistencia a la Abrasión

Abrasión es sinónimo de erosión, todos los pavimentos en general están expuestos a ser erosionados por ende el

pavimento permeable no es la excepción. Podemos afirmar sin temor a equivocarnos que la abrasión está altamente relacionada con la resistencia a compresión, cuanto más alto sea el f_c del concreto permeable mayor será la resistencia a la abrasión.

c). Resistencia a los Sulfatos

El enemigo número uno de cualquier concreto es el sulfato, el sulfato tiene la capacidad de romper la pasta de cemento ocasionando la desintegración de la misma.

El concreto permeable puede ser usado en lugares con un alto contenido de sulfato siempre en cuando este aislado, para el aislamiento se recomienda la colocación sobre una capa de 15cm con tamaño máximo 25mm, además de aislar el concreto también servirá como base y almacenamiento del agua (DIVISION DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM, 2010).

Entonces la durabilidad o vida útil del concreto permeable estará ligada a factores ambientales (descongelación, congelación y sulfatos), factores externos (cargas de transito) y obviamente también dependerá del diseño resultante.

2.2.4. Composición del Concreto Permeable

Como bien sabemos el concreto permeable está compuesto de agregado grueso, cemento, poco o nada de agregado fino y agua. A continuación, analizaremos estos componentes que hacen posible obtener el tipo de concreto en estudio.

2.2.4.1. El agregado

Los agregados son el resultado de la desintegración de las rocas ya sea por medios naturales (intemperismo) o artificiales (manipuladas por el hombre), son partículas inorgánicas denominado también como árido. La NTP 400.011 nos brinda parámetros importantes como clasificación y tipos de agregados, como también la NTP 400.037 nos brinda información de los agregados usados para elaborar concreto.

a). Clasificación de los Agregados

- Agregado Fino:

Entendemos por agregado fino a todo material proveniente de la atomización o disgregación de los materiales pétreos, estos deberán pasar la malla 3/8" y retenerse en la malla N°200.

Tabla 1 Granulometría del Agregado Fino

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%)
9.5mm (3/8")	100
4.75mm (N°4)	95 a 100
2.36mm (N°8)	80 a 100
1.18mm (N°16)	50 a 85
600um(N°30)	25 a 60
300um(N°50)	5 a 30
150um (N°100)	0 a 10

Fuente (NORMATECNICAPERUANA, 2014)

Entre los límites de impurezas en el agregado fino tendremos:

Tabla 2 Límites de impurezas

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (Max.)
Terrones de arcilla y partículas friables	3.0
Impurezas orgánicas	Se considera agregado fino satisfactorio cuando se compruebe conformidad con la NTP 400.013, de no ser así se deberá evaluar la resistencia en morteros a los 7 días debiendo no ser menor del 95% según NTP 400.024

Fuente (NORMATECNICAPERUANA, 2014)

Para límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos para el agregado fino será: si usamos solución de sulfato de sodio la pérdida promedio de masa no podrá exceder del 10% y si usamos solución de sulfato de magnesio no sobrepasará el 15% de la pérdida promedio de masa. (NORMATECNICAPERUANA, 2014).

- Agregado Grueso:

Entendemos por agregado grueso a aquellas partículas inorgánicas provenientes de la de atomización de rocas que

básicamente se retienen en la malla N°4. Estas se clasifican en grava y piedra chancada. La grava por lo general se encuentra de forma natural en canteras y lechos de los ríos producto del intemperismo mientras que la piedra chancada se obtiene por trituración artificial de rocas

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

Fuente: NTP, 2014

Figura 12 Requisitos granulométricos del agregado grueso.

Entre los límites de impureza o sustancias deletéreas tenemos:

Tabla 3 Límites de impurezas en el agregado grueso

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (Max)
<i>Terrones de arcilla y partículas friables</i>	5%
<i>Material más fino que la malla N°200</i>	1.0 ^A , A= 1.5% si el material está libre de limos y arcillas
<i>Carbón y lignito:</i>	
<i>Cuando la apariencia de la superficie de concreto es importante.</i>	0.5%
<i>Otros concretos</i>	1%

Fuente: (NORMATECNICAPERUANA, 2014)

✓ Hormigón: “Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla dosificada en proporciones arbitrarias de grava y arena. Este material se da en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal y como se extrae de la cantera” (Rivva, Harman, Pasquel, Badoino, & Romero, 1998).

b). Importancia del Agregado en el Concreto

Pudimos notar en párrafos anteriores que el agregado proviene de la desintegración natural o artificial de materiales pétreos, el agregado ocupa casi el 75% en volumen por unidad cubica de concreto lo cual a su vez también reduce el costo por unidad cubica de concreto.

El agregado es el encargado de brindarle propiedades mecánicas al concreto como las que ya mencionamos que son la abrasión y el intemperismo, así mismo reduce la

posibilidad de cambios de volumen en tiempo de fraguado, endurecimiento, humedecimiento y secado.

2.2.4.2. Cemento

El cemento es un material aglomerante pulverizado resultante de la mezcla de caliza, arcilla y yeso adicionado a altas temperaturas. Entendemos por aglomerante a la capacidad de unir partículas de distintas propiedades. Este material reacciona en contacto con el agua uniendo la grava y arena para formar un único sólido conocido como concreto hidráulico.

a). Tipos de Cemento

- Cemento Portland

Está compuesta por:

CLINKER + YESO + CALIZA(5%MAX)

Existen cinco tipos de cemento portland:

TIPO I: el cemento portland tipo I tiene un uso general o el usado comúnmente.

TIPO II: se usa el tipo II cuando requerimos moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación.

TIPO III: se usa cuando se desea lograr altas resistencias inicial o a edad temprana, si el tipo I y II alcanzan su máxima resistencia a los 28 días pues el tipo III alcanzara a los 7 días.

TIPO IV: se usa cuando se desea un bajo calor de hidratación

TIPO V: se usa cuando el concreto será expuesto a sulfatos que sobrepasan los límites especificados (alta resistencia a sulfatos).

- Cemento Portland Adicionados

CLINKER + YESO + Minerales Adicioandos

Estos minerales adicionados pueden ser puzolana, escoria de alto horno o fillers.

- Cemento Portland puzolánico

Puzolana: son aquellos materiales silico-aluminosos procedente de volcanes, por si mismos no tienen capacidad cementante o aglomerante, sin embargo, cuando están finamente pulverizados reaccionan químicamente con el agua lo cual desacelera el tiempo de fraguado o endurecimiento.

- Cemento Portland puzolánico IP

Básicamente es un aglomerante que brinda una alta resistencia a sulfatos como las que se encuentran en ambientes marinos o en algún otro lugar expuesto a sulfatos donde se requiere mayor resistencia, es usado también en construcción de muros de contención, túneles, cimentaciones, presas etc.

- Cemento Portland puzolánico I (PM)

Es un aglomerante modificado o adicionado con un contenido de puzolana menor al 15% y es usado para obras en general.

b). Consideraciones Adicionales

El cemento empleado en obra deberá ser del mismo tipo y marca que se usó para las proporciones de mezcla, salvo se haya calculado la desviación estándar de resistencia usando el mismo tipo, pero de diferentes marcas. No deben aceptarse en obra bolsas de cemento averiadas o con aberturas o que muestre signos de haber sido afectado por intemperismo. Se considerará que una bolsa de cemento tiene 1 pie³ de capacidad con un peso de 42.5kg. En caso no se tenga un valor exacto, el peso específico del cemento será 3.15 kg/m³. (Rivva, Harman, Pasquel, Badoino, & Romero, 1998)

2.2.4.3. Agua

El agua es aquel elemento indispensable para la elaboración del concreto, de manera que, básicamente cumple tres funciones, reaccionar químicamente con el cemento, lubricar y/o proporcionar trabajabilidad a la mezcla y acondicionar las estructuras de vacíos. Dado la importancia de dicho elemento, será imprescindible cumplir con los requisitos de la NTP 339.088 (AGUA).

Para elaborar mezclas de concreto no deberá usarse aguas ácidas, calcáreas, minerales, aguas proveniente de relaves¹, aguas con residuos industriales, agua con contenido de sulfato

mayor a 1% o aguas que contengan algún tipo de materia orgánica.

Tabla 4 Límites de impurezas en el agua

IMPUREZAS	MAXIMO (ppm)
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300ppm
Sales de Magnesio	150ppm
Sales Solubles totales	1500ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500ppm
Materia orgánica	10ppm

Fuente (elaboración propia).



Fuente: Google

Figura 13 Forma correcta en que se deben hacer mezclas en obra

- Relación Agua/ Cemento

Los estudios realizados han propuesto que la relación agua cemento (a/c) se encuentra en el rango de 0.26 a 0.45 el cual brindará estabilidad a la pasta así como también revestimiento, a su vez hay que ser minuciosos con la humedad del agregado por lo general deberá trabajarse con materiales secos para así lograr un hormigón permeable consistente (American Concrete Institute, 2010).

2.2.5. R.N.E (CE.010 Pavimentos Urbanos)

En esta presente norma se encuentran los requerimientos mínimos para cuando se desea realizar un proyecto de pavimentación, enfoca puntos como técnicas de investigación en campo, ensayos en laboratorios, condiciones de los materiales y pruebas o verificación de control según sea el caso. Así como también del diseño estructural y mantenimiento

2.2.5.1. Requisitos mínimos que debe cumplir el pavimento permeable

El pavimento es denominado por la norma CE.010 como un pavimento especial, y como pavimento especial deberá cumplir con un módulo de Rotura $MR \geq 3,4 \text{MPa}$, de acuerdo a lo que indica la siguiente figura.

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rigido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	N.A.*	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material	Vías locales	Concreto asfáltico ***	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm ²)	f _c ≥ 38 MPa (380 kg/cm ²)
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
	Vías expresas			
Notas: * N.A.: No aplicable; ** N.R.: No Recomendable; *** El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.				

Fuente: MVCS & SENCICO, 2010

Figura 14 Requisitos mínimos para un pavimento rígido.

La norma (MVCS & SENCICO, 2010) aclara en 4.3.2 inciso “d” lo siguiente: menciona que los estacionamientos que están próximos a las vías de tránsito tendrán de preferencia las mismas características estructurales, salvo se utilice un pavimento alternativo como sería el caso de pavimento permeable, obviamente sustentado por su respectivo diseño.

La norma CE.010 menciona las ciclovías, aceras o veredas y pasajes peatonales como pavimento especial.

Elemento		Tipo de Pavimento	Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
		Espesor compactado: ≥ 150 mm			
Base			CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60 %
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm			
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm			
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)			
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*			
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 17,5$ MPa (175 kg/cm ²)			
	Adoquines	$f_c \geq 32$ MPa (320 kg/cm ²)			N.R. **

* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

** N.R.: No Recomendable.

Fuente: MVCS & SENCICO, 2010

Figura 15 Requisitos mínimos para un pavimento rígido especial.

El pavimento permeable es a base de concreto hidráulico (cemento portland) pudiéndose aplicar en ciclovías, veredas o aceras, pasajes peatonales, calles y plazuelas con el $f_c \geq 175$ kg/cm², y como sabemos el (American Concrete Institute, 2010) añade que la resistencia a compresión del pavimento permeable fluctúa entre 35 y 280 kg/cm², lo cual razonablemente puede ser aplicado sin ningún inconveniente, no obstante, esto deberá ser demostrado con pruebas de laboratorio para su conformidad.

2.2.6. Pavimentos Permeables (Firmes Permeables)

Para poder diseñar un pavimento permeable o firme permeable conocido comúnmente en otros países básicamente se tiene que considerar lo siguiente: La lluvia de diseño, capacidad de almacenamiento de agua e infiltración de la superficie de rodadura como también de la sub-rasante.

Básicamente los pavimentos permeables se clasifican en 2 tipos (Garcia Ganuza, 2010):

- Pavimentos permeables discontinuos
- Pavimentos permeables continuos

2.2.6.1. Pavimentos permeables discontinuos

Es la resultante de la combinación de materiales impermeables con materiales porosos, que mediante las ranuras de contacto son capaces de percolar el agua.

Dentro de los pavimentos discontinuos tenemos:

- Césped poroso.

Básicamente son celdas prefabricadas de hormigón o plástico con los huecos ocupados con césped o grava



Fuente: Google

Figura 16 Césped poroso.

- Adoquines con ranuras.

Entre estos tipos tenemos los adoquines en las que en las ranuras se llenan con grava y las que no necesitan rellenarse con nada ya que las ranuras están incorporadas en su granulometría.



Fuente: Google

Figura 17 Adoquines con ranura

2.2.6.2. Pavimentos permeables continuos

Estos tipos de pavimentos son caracterizados por absorber el agua en su totalidad de área construida únicamente con material poroso. Dentro de estos pavimentos tenemos:

- Mezcla Bituminosa Porosa:

Para los que son mezclas bituminosas porosas básicamente se puede usar dos tipos, la mezcla bituminosa convencional como la B 60/70 o la mezcla bituminosa modificada con polímero como es el BM.3b (Rodrigues, Castro, Calzada, & Vega, 2011).



Fuente: Google

Figura 18 Asfalto poroso

- Hormigón Poroso:

Para el caso de hormigón poroso, como ya vimos en capítulos anteriores es una mezcla de agregado grueso con aglomerante hidráulico que es el cemento con poco o nada de finos.



Fuente: Google

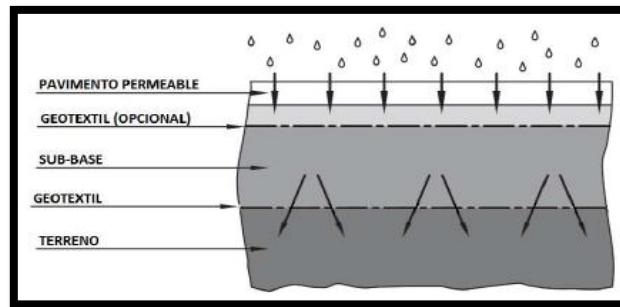
Figura 19 Concreto poroso.

La idea de utilizar el pavimento permeable como alternativa de drenaje hidráulico no basta con diseñar un concreto poroso que sea capaz de absorber el agua de lluvia y escurrirla, sino que también hay que analizar el destino final del agua absorbida.

En función a esto (Rodrigues, Castro, Calzada, & Vega, 2011) clasifican tres tipos de pavimentos permeables:

2.2.6.3. Pavimento Permeable con Infiltración

En este caso, el agua absorbida pasa través de las capas del pavimento, almacenándose en la sub base para después infiltrarse al sub rasante y así recargar acuíferos naturales.

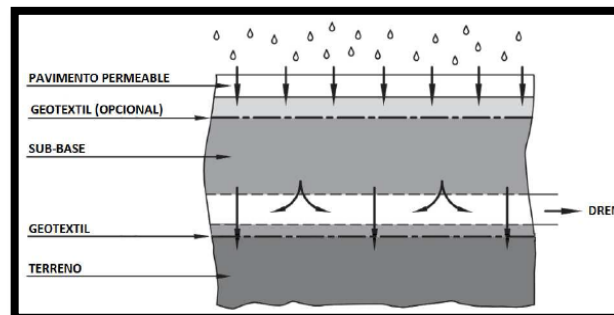


Fuente: García, 2011.

Figura 20 Pavimento con infiltración directa.

2.2.6.4. Pavimento permeable con almacenamiento

Estos pavimentos permeables con almacenamiento están diseñados funcionalmente para retener el agua en la sub base evacuarlo mediante dren y darle uso o reutilización no potable a conveniencia ya que se supone una infiltración lenta en la sub rasante.

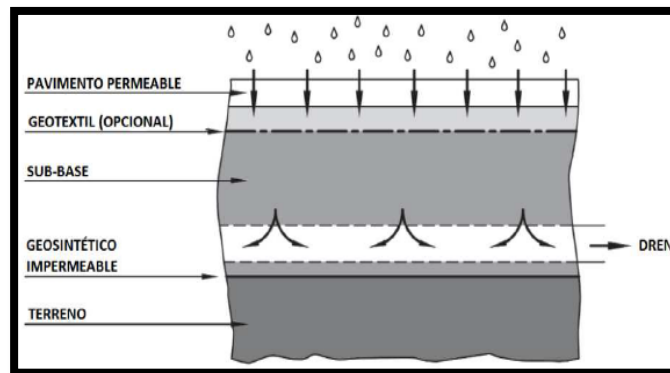


Fuente: García, 2011

Figura 21 Pavimento con almacenamiento.

2.2.6.5. Pavimentos permeables con drenaje diferido

Estos pavimentos son caracterizados por tener una sub rasante con una tasa de infiltración por debajo de los límites, de manera que el agua absorbida no pasa, evitando que pase y cause inestabilidad al pavimento, para esto se coloca un geotextil que impermeabiliza la sub rasante y unos drenes de PVC con huecos para encausar las aguas a una red de saneamiento.



Fuente: García, 2011

Figura 22 Pavimento con drenaje diferido.

Según el pavimento permeable		Según el destino final del agua
Pavimentos permeables discontinuos	A. Césped o grava con refuerzos	1. Infiltración
	B. Adoquines con ranuras	
Pavimentos permeables continuos	C. Mezcla bituminosa porosa	2. Almacenamiento
	D. Hormigón poroso	3. Drenaje diferido

Fuente: Rodríguez, Castro, Calzada & Vega, 2011.

Figura 23 Selección del tipo de pavimento permeable.

2.2.7. Consideraciones Hidrológicas e Hidráulicas

Para el diseño de pavimento permeable hay que tener en cuenta la lluvia de diseño, la capacidad o volumen de almacenamiento del pavimento y la infiltración tanto de la superficie de rodadura como de la sub rasante.

Entonces un pavimento permeable debe ser capaz de gestionar un evento cualquiera de tormenta y a su vez tiene que tener un comportamiento estructural adecuado. En función a esto manejaremos dos criterios: Criterio Hidrológico e Hidráulico

En lo que respecta a la lluvia de diseño se deberá tomar periodos de retorno entre 5 y 10 años, se considerará:

- ✓ T= 5 años, siempre y cuando exista una red de drenaje bien desarrollada, aguas abajo.
- ✓ T=10 años o más, en el caso de que no exista ninguna red de drenaje.

Con registros de lluvia entre 24 y 48 horas en el que probablemente se presenten las máximas avenidas (MINVU, 2003).

Con la tabla de curvas IDF podemos obtener la intensidad de lluvia (mm/h), la cual se necesitará para saber el volumen de agua que almacenará el pavimento.

2.2.7.1. Diseño Hidrológico

a). Precipitación Máxima en 24 horas.

De acuerdo a la información proporcionada por el ICG en el Congreso Nacional de Ingeniería Civil (Chiclayo 2009), cuyo tema se trató de Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, afirma que “en caso de que solo se cuente con datos de precipitación máxima en 24 horas, estos deben ser sometidos a un tratamiento que permita conocer su distribución temporal, para lo cual se debe utilizar algún logaritmo de desegregación de los datos globales en incrementales, es decir estimar la intensidad a partir de precipitaciones máximas en 24 horas”. (INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA, 2009)

El modelo usado en la presente tesis es la del Modelo General de Frederich Bell (1969); este modelo permite calcular la máxima lluvia asociada a un periodo de retorno. La expresión es la siguiente: (Gonzalo, 2015).

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

Donde:

t: duración en minutos.

T: periodo de retorno en años.

P_t^T : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años.

P_{60}^{10} : Precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años.

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir de modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

Donde:

I: intensidad máxima en mm/h

a, b: parámetros de modelo. Para nuestro caso se considerará los valores de 0.4602 y 0.876

P_{24} : Precipitación máxima en 24 horas.

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, se calcula indirectamente, mediante la misma relación exponencial integradora de las tres variables involucradas.

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde los valores de K, m y n se obtienen mediante regresión múltiple.

Los métodos probabilísticos usados para el análisis de frecuencia, son las siguientes.

- Distribución Normal
- Distribución Log Pearson Tipo III

b). Análisis de frecuencia

Es una herramienta utilizada para, predecir el comportamiento futuro de las precipitaciones en un sitio de interés, a partir de la información histórica de precipitaciones. Es un método basado en procedimiento estadístico que permite calcular la magnitud de la precipitación asociado a un periodo de retorno.

Este valor se emplea principalmente en el diseño de obras de control y mitigación de eventos extremos sean estos máximos o mínimos.

Para determinar la magnitud de eventos extremos cuando la distribución de probabilidades no es una función fácilmente invertible, se requiere conocer la variación de la variable respecto de la media. Chow en 1951, propuso determinar esta variación a partir de un factor K_T que puede ser expresado de la siguiente manera:

$$X_T = \mu + K_T \sigma$$

Y se estima a partir de los datos, mediante la siguiente relación:

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

Para una distribución dada, puede determinarse una relación K_T y el periodo de retorno T_r . Esta relación puede expresarse en términos matemáticos o por medio del uso de una tabla.

El análisis de frecuencia permite determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad y determinar con el factor de frecuencia la magnitud del evento para un periodo de retorno dado.

A continuación, se presenta el marco teórico de cada una de estas distribuciones.

- Distribución normal.

Es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como campana de Gauss. Aunque muchas veces no se ajusta a los datos hidrológicos tiene una amplia aplicación por ejemplo a los datos transformados que siguen la distribución normal.

Su densidad es la siguiente:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

Los dos parámetros de la distribución son: la media μ y desviación estándar σ para los cuales \bar{X} (media) y S (desviación estándar) son derivados de los datos.

El factor de frecuencia K_T será igual al valor de z, cuya fórmula a aplicar para su cálculo es la siguiente:

- Distribución de Gumbel

$$z = w - \frac{2,515517 + 0,802853w + 0,010328w^2}{1 + 1,432788w + 0,1889269w^2 + 0,001308w^3}$$

Una familia importante de distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológica es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequías (máximos y mínimos).

Su función de densidad es:

$$F(x) = \int f(x).dx = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x - \beta}{\alpha}\right)\right)$$

Donde α y β son parámetros a estimar con la siguiente formula:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S ; \quad \beta = \bar{X} - 0.5772\alpha$$

Donde \bar{X} es la media y S la desviación estándar, estimada con la muestra.

El factor de frecuencia K_T se determinó con la siguiente expresión:

$$K_t = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

Donde T es el periodo de retorno.

- Distribución Log-Pearson Tipo III

Esta distribución es ampliamente usada, para el análisis de frecuencia de caudales y precipitaciones máximas.

Para realizar la estimación de parámetros en el caso de esta distribución de probabilidad es necesario transformar los datos con el logaritmo natural en base 10.

Su función de densidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} dx$$

Donde, sustituyendo:

$$y = \frac{x - \delta}{\alpha}$$

Se obtiene la siguiente expresión transformada:

$$F(y) = \frac{1}{r(\beta)} \int_0^y y^{\beta-1} e^{-y} dy$$

Donde α , β y δ , parámetros que son estimados con las siguientes ecuaciones:

$$\beta = \left(\frac{2}{CS_{\log(x_i)}} \right)^2 \quad \alpha = \frac{S_{\log(x_i)}}{\sqrt{\beta}}$$

$$\delta = \bar{X}_{\log(x_i)} - \alpha \times \beta$$

Dónde: C, es el coeficiente de asimetría, $S_{\log(x_i)}$, es la desviación estándar y $\bar{X}_{\log(x_i)}$, es el promedio de los valores transformados con logaritmo en base 10.

- Prueba de Ji-cuadrado

Es aplicable para variables aleatorias discretas o continuas.

Sea una muestra aleatoria de tamaño n tomada de una población con una distribución específica $f_0(x)$ que es de interés verificar.

Suponer que las observaciones de la muestra están agrupadas en k clases, siendo o_i la cantidad de observaciones

en cada clase $i = 1, 2, \dots, k$. Con el modelo especificado $f_0(x)$ se puede calcular la probabilidad p_i que un dato cualquiera pertenezca a una clase i :

$$e_i = p_i n; \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Tenemos entonces dos valores de frecuencia para cada clase i
 o_i : Frecuencia observada (corresponde a los datos de la muestra)

e_i : Frecuencia esperada (corresponde al modelo propuesto)

La teoría estadística demuestra que la siguiente variable es apropiada para realizar una prueba de bondad de ajuste:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Con grado de libertad igual a:

$$v = k - r - 1$$

Donde "r" es la cantidad de parámetros de la distribución que deben estimarse.

Para el planteamiento de la hipótesis se consideran dos tipos de hipótesis:

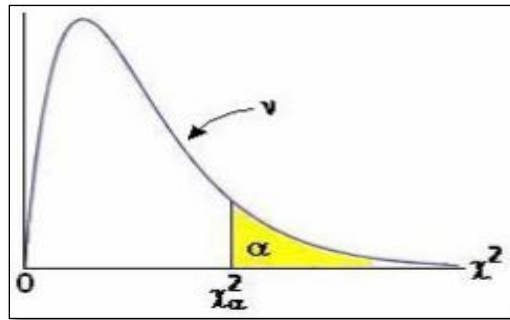
- Hipótesis (H_0): la distribución se ajusta adecuadamente a la muestra.
- Hipótesis (H_1): la distribución no se ajusta adecuadamente a la muestra.

Dado un nivel de significancia α , se define un valor crítico X_t^2 para el rechazo de la hipótesis propuesta.

Si las frecuencias observadas no difieren significativamente de las frecuencias esperadas calculadas con el modelo propuesto, entonces el valor estadístico de prueba X^2 será cercano a cero, pero si estas diferencias son significativas, entonces el valor del estadístico de X^2 estará en la región de rechazo de H_0 .

$$\text{rechazo } H_1 \leftrightarrow X^2 > X_t^2$$

En la siguiente figura se representa la región de rechazo pintado de color amarillo.



Fuente: Google

Figura 24 Región de rechazo pintado de color amarillo.

c). Tiempo de concentración

Según la Norma Os 060 define al tiempo de concentración como el tiempo requerido para que una gota de agua, caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través del conductor hasta el punto considerado. Transcurrido el tiempo de concentración que toda la superficie de la cuenca contribuye a la salida. Como existe

una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración T_c .

Este tiempo depende de muchos factores, entre ellos están la geometría de la cuenca, pendiente, área, características del suelo, etc. (Resumen de Norma OS 060, 2018)

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$T_c = t_0 + t_f$$

Donde, t_0 es el tiempo de entrada hasta alguna alcantarilla, y el t_f es el tiempo de flujo de los alcantarillados hasta el punto de

interés $\sum \frac{L_i}{V_i}$

La ecuación empleada para calcular el tiempo de concentración se muestra a continuación:

- Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.01947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en minutos.

L : longitud de curso principal en metros.

H : diferencia de elevación en m.

- Modelo de Frederich Bell

Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función del periodo de retorno, la duración d la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora y periodo de retorno de 10 años.

Según esta organización la lluvia se clasifica respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h):

Débiles: cuando su intensidad es ≤ 2 mm/h

Moderadas: > 2 mm/h y ≤ 15 mm/h

Fuertes: > 30 mm/h y ≤ 60 mm/h

Torrenciales: > 60 mm/h

Las lluvias torrenciales son las causantes de estragos, como inundaciones repentinas. Atendiendo a esta clasificación se tiene que en la zona de estudio las lluvias son muy fuertes.

d). Intensidad de diseño para duraciones menores a 24 horas
(Curva I-D-F)

La ecuación de la curva Intensidad – Duración - Frecuencia, se calcula indirectamente. Mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I: intensidad máxima (mm/h)

K, m, n: Factores característicos de la zona de estudio.

T: periodo de retorno (años)

t: duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\log(I) = \log(K) + m \cdot \log(T) - n \cdot \log(t)$$

O bien: $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$

Donde:

$$Y = \log(I) \qquad a_0 = \log(K)$$

$$X_1 = \log(T) \qquad a_1 = m$$

$$X_2 = \log(t) \qquad a_2 = -n$$

Los factores de K, m y n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas mediante regresión múltiple.

e). Periodo de Retorno.

El periodo de retorno es uno de los parámetros más significativos para ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas.

El periodo de retorno, representa el número de años en que se espera que medianamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor.

En Hidrología, los periodos de retorno varían típicamente de 10 a 100 años, y en lugares donde la precipitación probable no ha sido definida, hasta 1000 años. La selección del periodo de retorno depende de varios factores, entre las cuales se incluyen

el tamaño de cuenca, importancia de la estructura, y el grado de seguridad deseado.

El periodo de retorno más corto en drenaje es de 5 a 10 años. Estos valores están asociados usualmente con áreas de drenaje menores a 1Km^2 . Se pueden usar periodos de retorno más largos.

Para efectos de esta tesis el periodo de retorno considerado es de 10 años.

2.2.7.2. Metodología chile:

La metodología chilena a través de MINVU, proporciona información acerca de manejo hidrológico del agua pluvial. Recomienda que se trabaje con una tormenta de diseño con periodos de retorno entre 5 y 10 años según la red de drenaje local, con registro de lluvia entre 24 y 48 horas. (MINVU, 2003). Con respecto a la infiltración del terreno este deberá hacerse in situ en diferentes lugares y sacar un promedio con el cual se trabajará.

2.2.7.3. Volumen afluente acumulado:

El volumen afluente o a infiltrar acumulado para un periodo de retorno de T años, generadas por las intensidades medias, se recomienda determinar el volumen en función al IDF. En otras palabras, el volumen acumulado de lluvia (VOL_{afllu}) en un determinado tiempo (t) será:

$$Vol_{aflu} = 1.25 * 0.001 C I_t A t = 0.00125 C A P_t^T$$

Donde:

C= Coeficiente de escurrimiento superficial

I_t= Intensidad de la lluvia del periodo de retorno T y duración t
(mm/h)

A= Área total aportante (m²)

t = tiempo acumulado en horas.

P_t^T = Corresponde la precipitación acumulada en el tiempo t
para la lluvia de periodo de retorno T años

Así mismo es recomendable factorar el volumen afluente para considerar la porción de lluvia que cae antes y después de la porción más intensa de la lluvia, el factor es 1.25

Tipo de superficie	Coefficiente
Áreas comerciales:	
céntricas	0.70-0.95
suburbios	0.50-0.70
Áreas residenciales:	
casas aisladas	0.30-0.50
condominios aislados	0.40-0.60
condominios pareados	0.60-0.75
suburbios	0.25-0.40
departamentos	0.50-0.70
Áreas industriales:	
grandes industrias	0.50-0.80
pequeñas	0.60-0.90
parques y jardines	0.10-0.25
Calles:	
asfalto	0.70-0.95
concreto	0.80-0.95
adoquín	0.50-0.70
ladrillo	0.70-0.85
pasajes y paseos peatonales	0.75-0.85
techos	0.75-0.95
Prados: suelo arenoso	
plano (2%)	0.05-0.10
pendiente media (2%-7%)	0.10-0.15
pendiente fuerte (>7%)	0.15-0.20
Prados: suelos arcillosos	
planos (<2%)	0.13-0.17
pendiente media (2%-7%)	0.18-0.22
pendiente fuerte (>7%)	0.25-0.35

Fuente: (MINVU, 2003)

Figura 25 Coeficientes de escorrentía

Cuando existan áreas aportantes la escorrentía se calculará de la siguiente manera:

$$C = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n / A$$

Donde C1, C2, C3, Cn, pueden ser áreas aportantes de techos, patios, pavimentos jardines, etc.

2.2.7.4. Volumen de almacenamiento:

Para poder calcular el Vol_{alm} es necesario saber la tasa infiltración estimada en función al tiempo, por lo que se deduce que el Vol_{alm} es la diferencia entre VOL_{aflu} y el VOL_{infil} ambos en función del tiempo en m^3 . (MINVU, 2003).

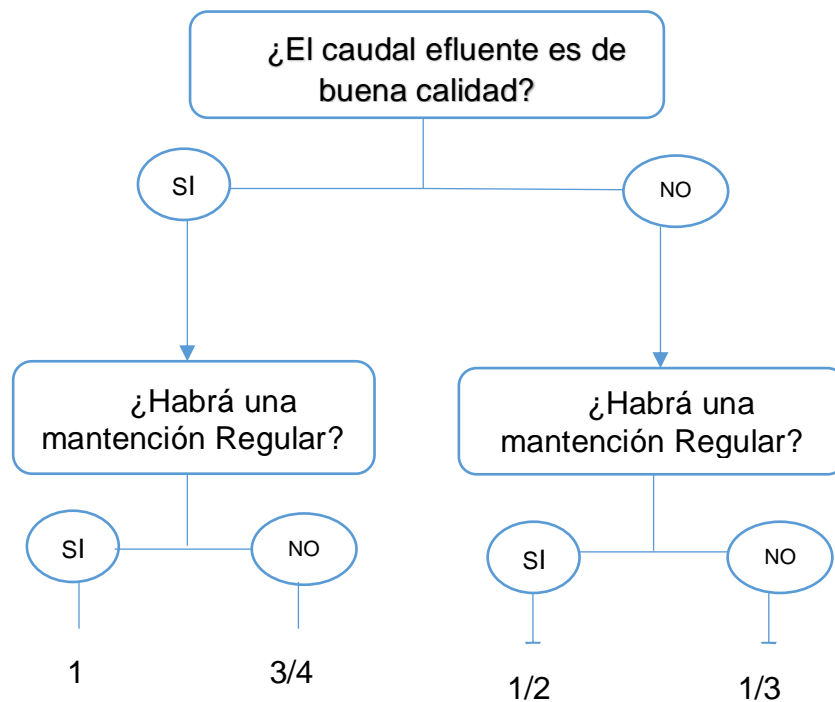
$$VOL_{infil} = 0.001fC_sA_e t$$

f = Capacidad de infiltración del suelo (mm/h).

C_s = Coeficiente de seguridad que afecta la capacidad de infiltración dependiendo las condiciones del agua y mantenimiento.

A_e = Area del pavimento poroso (m²).

t = tiempo acumulado en horas.



Los valores de C_s en función al volumen y calidad.

Por lo tanto, el volumen almacenado será:

$$Vol_{alm} = Max(Vol_{afloe(t)} - Vol_{infil(t)})$$

Es preciso resaltar que, si la tasa de infiltración del terreno es mayor la intensidad de la lluvia o incluso al de menor

duración, entonces no existirá volumen de almacenamiento en la sub base ya que basta el contacto entre la sub base y la sub rasante.

El espesor de la sub base será:

$$e = \frac{Vol_{alm}}{PA_e}$$

Donde:

P = es la porosidad de la sub base considerado para efectos de diseño que debe ser como máximo 30%.

2.2.7.5. Tiempo de vaciado:

Se recomienda que el tiempo necesario para la infiltración al terreno sea menor a 48 horas.

$$t_m = \frac{pe_s}{C_s f}$$

Donde:

e_s = Espesor definitivo de la sub-base (mm).

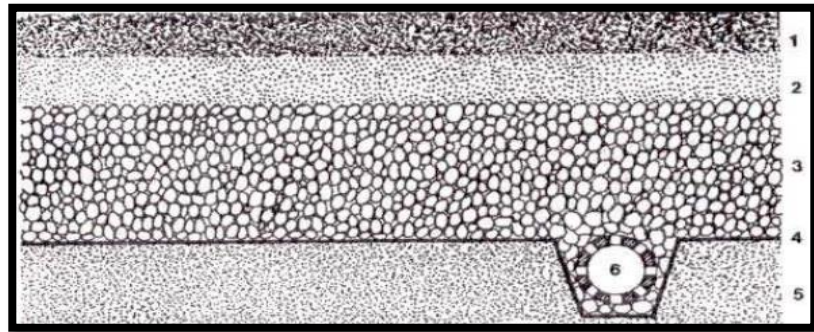
f = infiltración de la sub rasante (mm/h).

C_s = Coeficiente de seguridad adoptado según la calidad de agua.

p = la cantidad de porosidad máxima en la sub base (30%)

2.2.7.6. Drenes:

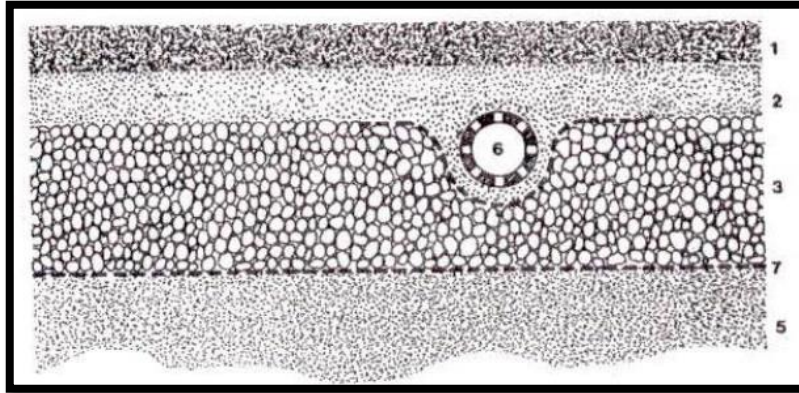
Se considerarán drenes cuando la infiltración de la sub rasante sea inferior a la intensidad de lluvia, estos drenes son por lo general tubería PVC con huecos y cubiertos con geo textil para evitar la intrusión de partículas colocados en el fondo de la sub base. (MINVU, 2003).



Fuente: MINVU, 2003

Figura 26 1.-carpeta de rodado 2.- filtro o base granular 3.-sub-base granular 4.-geotextil impermeable 5.- sub rasante 6.- dren PVC.

Puede darse el caso también de que el pavimento tenga cierta capacidad de infiltración de la sub rasante que esta por los límites mínimos de infiltración, en este caso se puede usar un dren superior en la base granular de manera que ayude a evacuar el agua infiltrada. (MINVU, 2003).



Fuente: MINVU, 2003

Figura 27 1.-carpeta de rodado 2.- filtro o base granular 3.-sub-base granular 5.- sub rasante 6.- dren PVC 7.- filtro geotextil no tejido.

2.2.7.7. Zarpas o separadores:

Son elementos de concreto o asfalto no poroso verticales que evita la distorsión de acumulación de agua en dirección de la pendiente, el espaciamiento entre ellos se calcula:

$$L_{max} = \frac{e_s}{2S_0}$$

e_s = espesor de la sub – base ;

S_0 = pendiente longitudinal en tanto por uno

2.2.7.8. Criterio Estructural

Este criterio estructural se basa en el Índice Medio Diario (IMD) en función al tipo de vía (Garcia Ganuza, 2010).

Al igual que en los pavimentos convencionales el diseño estructural busca definir los espesores mínimos según las circunstancias de tráfico y terreno dados.

Además, busca comprobar la calidad de la sub rasante para asegurar la capacidad portante de la misma mediante CBR (%) (The Californian Bearing Ratio), incluso en los manuales de diseño AASHTO 93 se recomienda que el CBR mínimo sea 5%. Hay que prestar mucha atención cuando el $CBR < 5\%$, aunque este porcentaje puede mejorar mediante compactación, no obstante perderá infiltración natural, de manera que hay que ser cuidadosos al momento de plantear el tipo de pavimento permeable, pavimento permeable con infiltración, pavimento permeable con almacenamiento o pavimento permeable con drenaje diferido los cuales vimos párrafos anteriores.

Con respecto a los espesores, la base estará conformado por grava con tamaño máximo nominal 1" (13mm) con espesores que varían entre 25mm y 50mm, la sub base está conformado por grava con diámetro entre 20mm y 75mm y el espesor recomendado 15cm, no hay que olvidar que el espesor de este último se diseña en función al volumen de calidad de agua almacenado.

En las siguientes tablas observaremos resumidamente lo mencionado:

2.2.7.9. Criterio aplicado en EE. UU:

	Descripción del suelo	Resistencia - CBR
Excelente	Contiene un alto porcentaje uniforme de materiales granulares. Las clases unificadas del suelo (USC): GW, GM, GC, GP; algunos SM, SP y SC. Grupos de Suelos AASHTO: A-1, A-2 y algunos de los A-3	15 o más
Bueno	Contiene algunos materiales granulares mezclados con limo y / o arcilla. Las clases unificadas del suelo (USC): SM, SP, SC: algunos ML, CL, CH. Grupos de Suelos AASHTO: A-2, A-3, algunos A-4, y unos pocos A-6 o A-7	10-14
Razonable	Arenas arcillosas, limos arenosos, o arcillas limosas, pueden tener cierta plasticidad. USC: ML, CL, algunos MH, CH. AASHTO: Que van desde la A-4 a A-7 (bajos índices de grupo)	6-9
Pobre	Arcillas plásticas, limos finos, arcillas limosas finas o micáceas. USC: MH, CH, OL, OH. AASHTO: desde A-4 a A-7 (los índices más altos de grupo)	5 o menos

Fuente: Traducción propia

Figura 28 CBR estimado en función al tipo de suelo (EE. UU)

Categoría de tráfico	Descripción	EAL ¹	CBR		
			≥ 15	10 - 14	6 - 9
1	Tráfico ligero	≥ 5	127	178	229
2	Tráfico ligero-medio (máx. 1000 vpd ²)	6 - 20	152	203	279
3	Tráfico medio (máx. 3000 vpd)	21 - 75	178	229	305

¹ EAL (equivalent axial load) Equivalencia de cargas por eje: la AASHTO-93 establece que se deben transformar los diferentes ejes que circulan por una ruta a un eje simple doble de 80 kN (18 Kips) de peso, considerado como eje patrón, referido al carril de diseño.
² Vehículos por día.

Fuente: Traducción propia

Figura 29 Espesores mínimos totales (mm) en función al CBR y EAL (EE. UU).

2.2.7.10. Criterio aplicado en CHILE:

Capa	Espesor mínimo (cm)
Superficie: Acera/Andén	4
Superficie: Calles de bajo tráfico	5
Base	15
Sub-base granular	15

Fuente: MINVU, 2003

Figura 30 Espesores mínimos según MINVU.

Capa	Características estructurales
Carpeta de rodado	Sobre 8.000N según ensayo de estabilidad Marshall
en pasajes	espesor $\geq 4,0$ cm
en calles	espesor $\geq 5,0$ cm
Base chancada	C.B.R. $\geq 80\%$ y espesor $\geq 15,0$ cm
Subbase estabilizada	C.B.R. $\geq 40\%$ y espesor $\geq 10,0$ cm

Fuente: MINVU, 2003

Figura 31 Espesores mínimos según SERVIU-CHILE.

2.2.7.11. Filtro granular superior o base y sub-base

El filtro granular o base será de espesor entre 2.5cm a 5cm lo recomendado según la normativa chilena. Particularmente está compuesto de material granular medio de ½" a ¾" máximo.

La sub-base normalmente está formada por material granular de 1" a 3" y el espesor será de acuerdo al volumen de almacenamiento, el cual, será producto de un cálculo en función al área neta de pavimento y área aportante (MINVU, 2003)

Si hacemos una comparativa con los espesores de diseño usados en EE.UU y CHILE vemos que difieren en algunos centímetros, por ejemplo, si tenemos un suelo ML o CL con un CBR = 7% obtenido de EMS aplicando ambos criterios tendremos: Usando espesores propuestos por EE.UU obtenemos que para un CBR 7% y para un tráfico ligero, el espesor total = 279mm (27.9cm), usando espesores propuestos por CHILE para el mismo CBR y Trafico. El espesor total = calles de bajo tráfico + base +sub base (5+15+15)= 35cm de espesor total.

Debemos recordar que lo mencionado en tablas anteriores son consideraciones mínimas que si bien es cierto pueden o no ser definitivas, los espesores finales de diseño deberán ser aquellos que resulten de una memoria de cálculo y a su vez comparado con las proporcionadas en las tablas anteriores, considerando finalmente los espesores aquellos que aporten mayor estabilidad al pavimento.

2.2.7.12. Elección del tipo de cargas a dar servicio

Es importante saber el tipo de cargas que soportará el concreto permeable para estimar los espesores del pavimento

en conjunto, en consecuencia veremos la clasificación según Interpave y el Reglamento Nacional de Vehículos

1	2	3	4	5	6
Parqueaderos	Peatonal	Vehicular	Comercial	Industrial	Trafico pesado
No vehiculos grandes	Vehiculos grandes solo en caso de emergencia	Un vehiculo grande por semana	Diez vehiculos grandes por semana	Cien vehiculos grandes por semana	Mil vehiculos grandes por semana
Cero ejes estandar	100 ejes estandar	15000 ejes estandar	150000 ejes estandar	1500000 ejes estandar	15000000 ejes estandar
Patio	Bahias de estacionamiento y pasillos	Calles peatonales	Rutas de acceso a pequeños mercados	Locales industriales	Via primaria
Via privada	Plataforma en estacion de tren	Acceso a guarderias	Via de acceso a colegios o universidades	Via secundaria	Bodega o centro de distribucion
Con fines decorativos	Exposicion de carros	Parqueaderos en areas residenciales	Acceso a edificio de oficinas	Desarrollo Industrial ligero	Paradero de buses
Parques de recreacion	Caminos peatonales en estadios	Viveros y areas de demostracion	Acceso a complejos residenciales	Mercados o industrias	Paradero de tractocamiones
Andenes	Andenes con ocasional entrada de vehiculos	Cementerios	Acceso a viveros	Plaza de la ciudad	Paradero de camiones
	Interseccion entre vias privadas y andenes	Parquedero de hoteles	Estacion de bomberos	Via peatonal y vehicular a la vez	Glorietas
		Parquedero de automoviles en aeropuertos	Parquedero de vehiculos en aeropuertos	Vias de acceso a aeropuertos	Vias para solo buses
		Centros deportivos	Acceso a estadios, antejardines		

Fuente: (INTERPAVE, 2010)

Figura 32 Elección del tipo de carga

Sabiendo el tipo de carga al que se brindara servicio según Interpave, se debe recurrir al Reglamento Nacional de Vehículos para clasificar el tipo de vehículo.

El capítulo I (Clasificación Vehicular) nos deriva al anexo I (figura 33), en donde clasificaremos el vehículo por categorías entre ellas tenemos: categoría L, categoría M, categoría N y categoría O y combinaciones.

Figura 33 Clasificación vehicular, por categorías

ANEXO I : CLASIFICACIÓN VEHICULAR	
Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.	
L₁	: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
L₂	: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
L₃	: Vehículos de dos ruedas, de mas de 50 cm ³ ó velocidad mayor a 50 km/h.
L₄	: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de mas de 50 cm ³ ó una velocidad mayor de 50 km/h.
L₅	: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de mas de 50 cm ³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.
Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.	
M₁	: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
M₂	: Vehículos de mas de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
M₃	: Vehículos de mas de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.
Los vehículos de las categorías M ₂ y M ₃ , a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:	
Clase I	: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos
Clase II	: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
Clase III	: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

N₁ : Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N₂ : Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

N₃ : Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Categoría O: Remolques (incluidos semiremolques).

O₁ : Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O₂ : Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.

O₃ : Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.

O₄ : Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

COMBINACIONES ESPECIALES

S : Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

SA : Casas rodantes

SB : Vehículos blindados para el transporte de valores

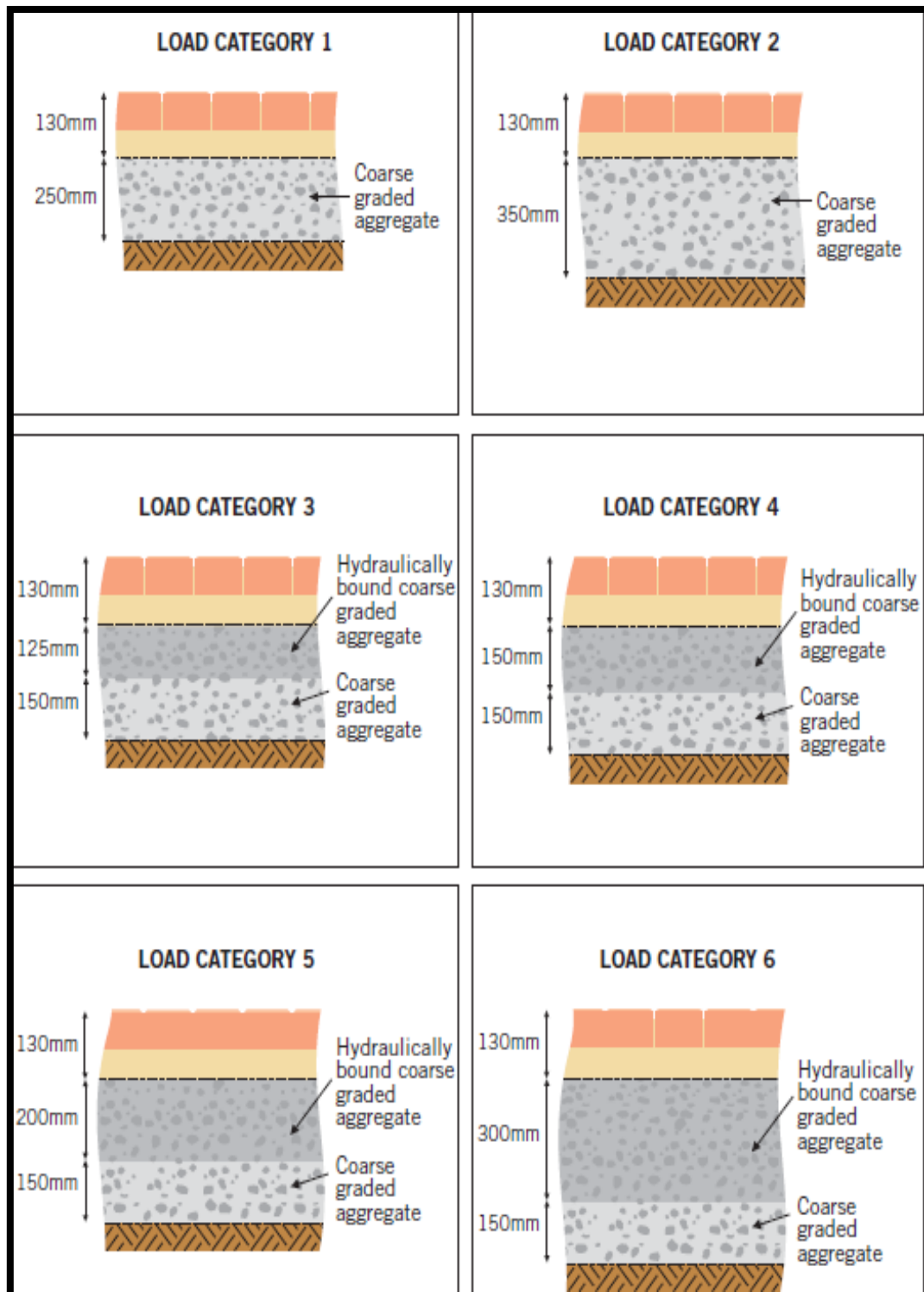
SC : Ambulancias

SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N₁ convertido en ambulancia será designado como N₁SC.

Fuente: (MTC, REGLAMENTO NACIONAL DE VEHICULOS, 2019)

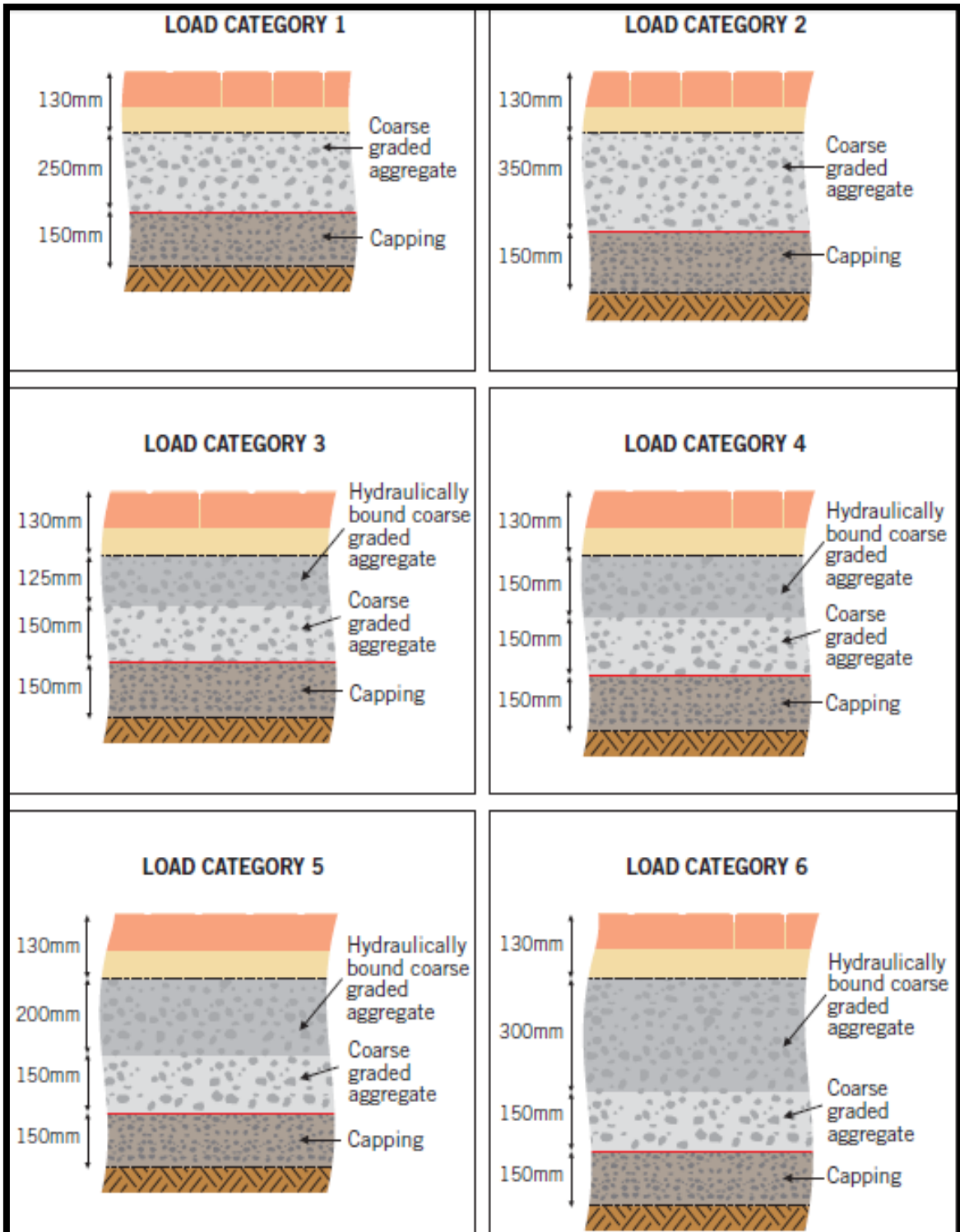
Para casos de infiltración total o parcial:



Fuente: (INTERPAVE, 2010)

Figura 34 Elección del sistema de pavimento.

Para casos de cero infiltraciones:



Fuente: (INTERPAVE, 2010)

Figura 35 Elección del sistema de pavimento

2.2.7.13. Metodología SUDS

Para el diseño de pavimentos permeables el manual SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) en función a repetidos estudios de suelos y sus propiedades postulan lo siguiente:

Soil classification	Typical range for coefficient of permeability, k (m/s)	Typical range of CBR values
Heavy clay	10^{-10} to 10^{-8}	2 to 5
Silty clay	10^{-9} to 10^{-8}	3 to 6
Sandy clay	10^{-9} to 10^{-6}	5 to 20
Poorly graded sand	5×10^{-7} to 5×10^{-6}	10 to 40
Well graded sand	5×10^{-6} to 10^{-4}	10 to 40
Well graded sandy gravel	10^{-5} to 10^{-3}	30 to 80

Fuente: (SUDS, 2007)

Figura 36 Guía de clasificación de suelos.

2.2.7.14. Sobre los Geo-sintéticos

Los geo textiles usados como separadores en capas en función a la elección del tipo de pavimento deberán cumplir con las siguientes especificaciones dadas en manual de carreteras del ministerio de transportes (MTC, 2013).

<i>Geotextiles para pavimentación</i>			
Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	450
Elongación en Rotura	ASTM D-4632	%	≥ 50
Masa por Unidad de Área	ASTM D-5261	g/m ²	140
Retención Asfáltica	ASTM D-6140	l/m ²	Notas 2 y 3
Punto de Fusión	ASTM D-276	°C	150

Notas:

- (1) Todos los valores numéricos representan el VMPR (Valor Mínimo Promedio por Rollo), en la dirección más débil.
- (2) Únicamente el asfalto requerido para saturar al geotextil. La retención asfáltica debe ser suministrada en una certificación del fabricante. El valor no indica la tasa de aplicación de asfalto requerido en la construcción. Refiérase al Apéndice para la discusión sobre la tasa de aplicación de asfalto.
- (3) La propiedad de retención asfáltica del producto debe cumplir con los VMPR suministrados en la certificación del fabricante.

Figura 37 Clasificación de Geo textiles para pavimentación

2.2.7.15. Sobre el Mantenimiento

Se deben cumplir básicamente 3 cosas:

Control de vehículos: se deberá tener cuidado con todo tipo de vehículos ya que estos pueden trasladar sedimento contaminando la superficie del pavimento llevando a la obstrucción y falla temprana de la misma.

Ubicación: el mantenimiento periódico se dará en función a la ubicación del pavimento, se recomienda que para zonas de alta contaminación se realice el mantenimiento cada 2 meses y en lugar de baja contaminación como zonas residenciales o parques cada 20 meses (INTERPAVE, 2010).

Sensibilización: consiste básicamente en implementar señalización u otros tipos de mensajes que ayuden a identificar fácilmente al pavimento poroso y su funcionalidad, estos se

encargarán de sensibilizar al público sobre estos materiales que son desconocidos por la mayoría

2.2.7.16. *Sobre las Tuberías de Drenaje*

Las tuberías a usarse como drenaje pueden ser PVC o HDPE perforadas, por lo general estas tienen un diámetro de 10cm o 20cm el cual se definirá mediante cálculo en función de un diámetro inicial asumido y el caudal calculado, los orificios deberán ubicarse para $D = 4''$ tendrá un total de 4 ranuras equidistantes a 45° de su eje horizontal y con respecto a la vertical 45° en cualquier cuadrante.

Las perforaciones por ningún motivo deberán realizarse en la parte superior e inferior, ya que, en la primera facilita la intrusión de fango el cual terminará por sedimentar la tubería y en la segunda generará pérdida del agua captada. El diámetro de los orificios será del orden de 1 cm y tendrán espaciamiento mínimo de 10cm en el eje longitudinal.

2.2.8. Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis

Este proceso de análisis estadístico fue adaptado y diseñado a partir de (Flores & Pacompia, 2015).

2.2.8.1. Análisis estadístico

Es muy importante para la evaluación de los resultados que se obtienen, ya que permite que la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas sea convincente, y en función a los parámetros estadísticos se puedan evaluar los resultados.

El presente trabajo de Tesis analiza diferentes estadígrafos con datos agrupados, dado que nos permite obtener la distribución de frecuencias y determinar las diferentes medidas de la manera más adecuada, teniendo en cuenta cómo se distribuyen realmente los datos y obteniendo la gráfica real de la Campana de Gauss. (Flores & Pacompia, 2015)

2.2.8.2. Distribución de frecuencias.

Conjunto de observaciones que adquiere un resultado sólido cuando es presentado en una tabla de distribución de frecuencias, siendo la estadística descriptiva la que se encarga de la recopilación, presentación y descripción de los datos.

2.2.8.3. Rango (R)

Es la diferencia entre el máximo y mínimo valor de un conjunto de datos.

$$R_x = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

2.2.8.4. Numero de intervalos de clase (K).

Son los niveles de una tabla de distribución y se relaciona con la cantidad de datos (N) de la muestra. Se calcula generalmente con la Regla de Sturges, cuya fórmula es:

$$K = 1 + 3.3 * \log (N)$$

2.2.8.5. Tamaño de intervalo de Clases (C).

Diferencia entre cada uno de los reportes de clase de cada nivel, para su cálculo se emplea la siguiente relación:

$$C = \frac{R_x}{K}$$

2.2.8.6. Determinación de los intervalos de clase.

El dato cuyo valor es mínimo, es considerado como límite inferior del primer intervalo de clase, luego se le agrega el ancho de clase para obtener así el límite superior de la primera clase, repitiéndose esta operación K veces.

$$L_i = [L_1, L_2]$$

$$L_1 = X_{\text{mín}}$$

$$L_2 = X_{\text{mín}} + C$$

2.2.8.7. Marcas de clase (X_i).

Representa la semisuma o los puntos medios de cada intervalo de clase:

$$X_i = \left[\frac{L_{i-1} + L_i}{2} \right]$$

2.2.8.8. Frecuencia absoluta (fi).

Es el número de datos u observaciones de cada clase, lo cual es determinado mediante la tabulación.

2.2.8.9. Frecuencia Acumulativa Absoluta (Fi).

Es la suma de forma ascendente de cada una de las frecuencias absolutas.

2.2.8.10. Medidas de tendencia central y posición.

Aquellas que nos permiten visualizar el valor más representativo de un conjunto de números. Entre las principales tenemos: Media Aritmética, Mediana, Moda, Media Geométrica, Media armónica.

a. Media Aritmética (u):

Comúnmente llamado “Promedio”. Permite determinar el centro de gravedad de un conjunto de observaciones. Es el resultado de la suma de valores de un conjunto entre el número de valores del mismo.

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n fi * Xi}{n}$$

b. Mediana (u_m):

Medida de Tendencia Central que divide la muestra en dos partes iguales.

- Características:

- No presenta distorsiones en los extremos.
- Los elementos de la muestra no pueden representarse algebraicamente.
- Los elementos deberán ser ordenados de forma ascendente o descendente para poder determinar la Mediana.

$$u_m = L_m + \left[\frac{\frac{n}{2} - F_{m-1}}{f_m} \right] * C_m$$

Donde:

L_m : Límite inferior del intervalo de clase donde se encuentra la Mediana.

n : Número de elementos.

F_{m-1} : Frecuencia acumulativa absoluta, anterior a la clase donde se encuentra la Mediana.

C_m : Tamaño de intervalo de clase de la mediana.

f_m : Frecuencia absoluta donde se encuentra la mediana.

c. Moda (u_0):

Representa el elemento que se repite con mayor frecuencia, cuando hay una sola se denomina Mono modal y si hay dos, Bimodal.

- Características:
 - No se representa algebraicamente.
 - Muy poco usada y poco conocida.

- Los valores extremos no influyen en ella.
- Su valor es sencillo de determinar.

$$u_o = L_o + \left(\frac{D_1}{D_1 + D_2} \right) * C_m$$

Donde:

L_o : Límite inferior del intervalo de clase donde se encuentra la Moda.

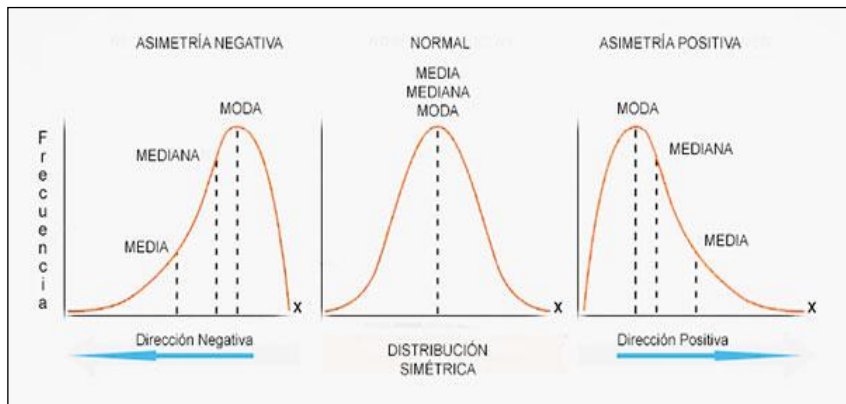
D_1 : Diferencia entre la f_i donde se encuentra la moda y la f_i de la clase anterior.

D_2 : Diferencia entre la f_i donde se encuentra la moda y la f_i de la clase posterior.

C_m : Ancho de intervalo de clase modal.

d. Relación entre la Media, Mediana y Moda.

- Distribución Simétrica Perfecta: $u = u_m = u_o$
- Distribución asimétrica con cola a la derecha: $u > u_m$
- Distribución asimétrica con cola a la izquierda: $u < u_m$



Fuente: Google

Figura 38 Distribuciones de la Campana de Gauss.

e. Percentiles (Pr).

Son 99 valores que dividen en 100 partes iguales a la muestra de datos ordenados.

$$P_r = L_i + \left[\frac{\frac{K * n}{100} - F_{i-1}}{f_i} \right] * C_m$$

Donde:

L_i : Límite inferior de la clase donde se ubica el percentil.

n : Suma de las frecuencias absolutas.

f_i : Frecuencia absoluta de la clase del percentil.

C_i : Amplitud de la clase.

F_i : Frecuencia absoluta acumulada anterior a la clase del percentil.

2.2.8.11. Medidas de dispersión:

Son de vital importancia para poder describir de manera adecuada un conjunto de datos.

Permite expresar la cantidad de dispersión que hay entre un conjunto de números. Indica si los valores analizados están relativamente cercanos uno del otro o si se encuentran dispersos.

- Varianza o Variación (σ^2):

Permite determinar cómo los valores, se acomodan alrededor de un punto central.

Se calcula empleando la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - u)^2}{n - 1}$$

- Desviación Estándar (σ) :

Permite visualizar la desviación de los elementos entre ellos. Además sirve para determinar la mayor o menor desviación de los valores de la muestra, con respecto a una medida central (u). Hay que tener en cuenta que la media y la desviación estándar tiene las mismas unidades.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - u)^2}{n - 1}}$$

- Coeficiente de Variabilidad (C_v) :

Cuando las unidades y características de las poblaciones son diferentes, el coeficiente de variabilidad lo compara.

- El valor del C.V. oscila entre 0 – 7% para datos cualitativos.
- Para trabajos experimentales en laboratorio, su valor esta entre 5 – 15%

$$C_v = \frac{\sigma}{u} * 100$$

Tabla 5 Parámetros de la Desviación Estándar y el Coeficiente de Variabilidad

CLASE DE OPERACIÓN		DISPERSIÓN TOTAL				
		DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (GK/CM2)				
		E	EXCELENT	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en obra		Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en Laboratorio		Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal

- Coeficiente de Pearson de 1^{er} orden (As):

Se calcula una vez obtenido los valores de la media aritmética, moda, y desviación estándar, con la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{u - u_o}{\sigma}$$

- Coeficiente de Pearson de 2^{do} orden (As):

Se calcula con los valores de la mediana y los percentiles 10, 25, 75 y 90, con la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{P_{75} + P_{25} - 2u_m}{P_{75} - P_{25}}$$

Interpretación:

Cuando: $A_s = 0$: La distribución de los datos será simétrica.

$A_s > 0$: La distribución de los datos será sesgado hacia la derecha.

As < 0: La distribución de los datos será sesgado hacia la izquierda.

- Coeficiente de Curtosis (K):

Representa el grado de apuntalamiento o concentración de un conjunto de datos con relación a la media, es decir es la deformación vertical de una curva. Está definido por:

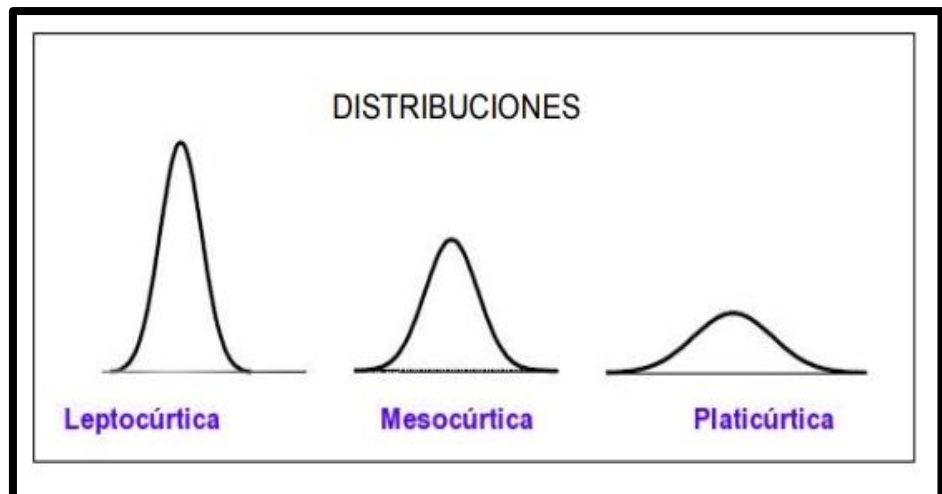
$$K = \frac{P_{75} - P_{25}}{2 * (P_{90} - P_{10})}$$

Hay tres tipos de Coeficiente de Curtosis:

Leptocúrtica (K>0.263): Cuando la curva adquiere el máximo grado de pronunciamiento con respecto a la media.

Mesocúrtica (K=0.263): Cuando la curva tiene un grado de elevación normal.

Platicúrtica (K<0.263): Cuando la curva adquiere el mínimo apuntalamiento con respecto a la media.

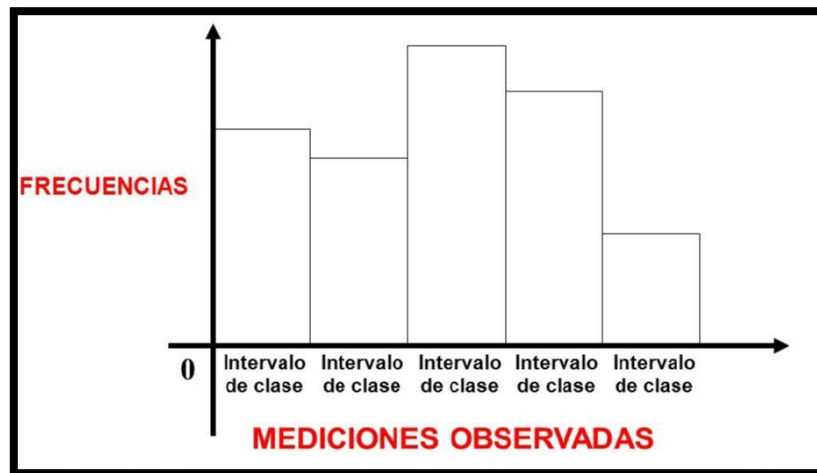


Fuente: INEI

Figura 39 Distribuciones del coeficiente de curtosis.

2.2.8.12. **Histograma de Frecuencias:**

Es la representación gráfica de barras o rectángulos continuos, en cuyo eje horizontal se ubica los límites reales de clase y el eje horizontal está dado por las frecuencias relativas (f_i) o las frecuencias relativas (h_i), de la siguiente forma:



Fuente: Vásquez & Asociados

Figura 40 Histograma de Frecuencia.

2.2.8.13. **Distribución Normal:**

Modelo probabilístico que se emplea con frecuencia que sirve como una buena aproximación de muchas distribuciones. Se dice que la variable aleatoria continua "X", que toman valores reales $(-\infty < X < +\infty)$, se distribuye normalmente con parámetros μ y σ y se describe por $X \rightarrow N(\mu, \sigma)$, si su función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde:

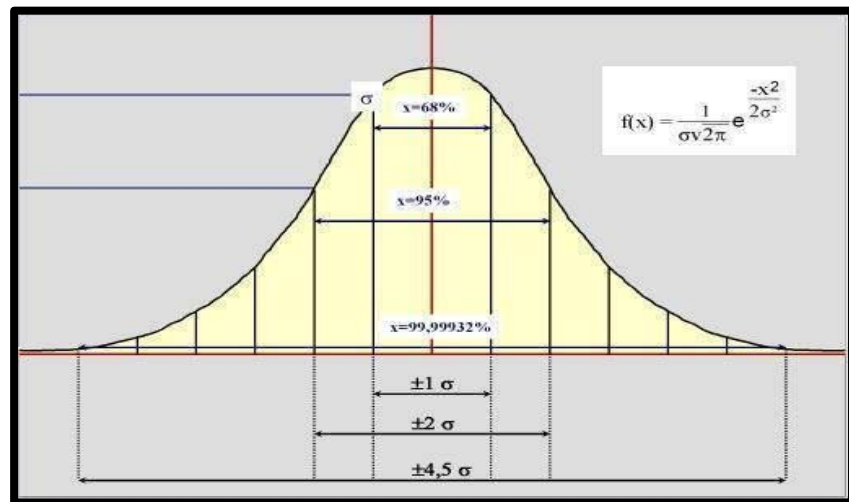
σ : Desviación típica, es una medida de dispersión de la resistencia a la compresión $f'c$ alrededor de la media.

X : valores de la variable aleatoria continua ($f'c$ de cada prueba)

μ : media aritmética, indica el lugar en el que están concentrados los valores que toma la variable x ($f'c$ de cada prueba).

σ^2 : Varianza, mide la variabilidad alrededor de la media.

π, e : Constantes.



Fuente: Google

Figura 41 Distribución de Gauss.

2.2.8.14. Prueba de hipótesis:

La hipótesis es la razón de cualquier investigación, condicionando su diseño.

Es un procedimiento que se basa en la teoría de probabilidad y la evidencia muestral, cuyo objetivo es determinar si la hipótesis es racional o irracional, de ahí concluir si ésta se rechaza o se acepta.

En el presente proyecto se plantearán dos hipótesis, hipótesis nula e hipótesis alternativa o de investigación. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta. (Morales, 2012, p. 150).

En el caso de que se rechace la hipótesis nula, quiere decir que el factor estudiado ha influido grandemente en los resultados obtenidos, se acepta entonces la hipótesis alternativa.

✓ Procedimiento para una prueba de hipótesis:

1° Formular la hipótesis adecuada (H_0 , H_1)

2° Especificar el nivel de significancia (α)

3° Establecer la regla de decisión.

4° Calcular el estadístico (z o t)

5° Concluir de acuerdo a los resultados obtenidos.

El nivel de significancia con el que se realizará la prueba de hipótesis será la que usualmente se usa para analizar resultados de resistencia del concreto:

$$\alpha = 0.05 \text{ con } 95\% \text{ de probabilidad de certeza.}$$

Para el caso de este trabajo de investigación se realizará, la prueba de hipótesis de dos colas para la media poblacional. Llamada así, porque presenta dos colas de rechazo. La fórmula empleada será la siguiente: $n < 30$

$$t = \frac{\bar{x} - u}{s / \sqrt{n}}$$

Donde:

\bar{x} : Media muestral.

u : Media poblacional

s : Desviación estándar muestral

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Concreto**

El concreto es un material resultante de la combinación de agua, piedra, arena y cemento según dosificación caracterizado por ser impermeable.

- **Concreto Permeable**

A diferencia del concreto, el concreto permeable es amigable con el agua ya que estas atraviesan sin problemas su estructura interna, resultante de la combinación de agua, cemento, grava y poco o nada de fino.

- **Compresión**

Propiedad mecánica del concreto en general que mide la fuerza/deformación con que un espécimen es quebrado o fallado, con fines de diseño o aceptación.

- **Flexión**

Propiedad mecánica del concreto en general que mide la capacidad de ser deformado y volver a su posición original.

- **Permeabilidad**

Propiedad física de una materia, que tiene la capacidad de absorber y retener el agua en función a su composición o estructura interna de un objeto.

- **Infiltración**

La infiltración es el tiempo que tarda un fluido en atravesar cierto material en función a su estructura interna.

- **Dosificación**

La dosificación son cantidades o proporciones correctamente calculadas que serán usadas para mezclar y obtener un nuevo material.

- **Revenimiento**

El revenimiento es una prueba de consistencia que se realiza al concreto en estado fresco en función a su trabajabilidad y a la relación a/c.

- **Granulometría**

Es la distribución u ordenamiento del tamaño de los materiales pétreos, sirven para evaluar los agregados y determinar algunas propiedades ingenieriles.

- **Fraguado**

Es el proceso de endurecimiento del concreto.

- **Cemento**

El cemento es un material aglomerante pulverizado resultante de la mezcla de caliza, arcilla y yeso adicionado a altas temperaturas. Entendemos por aglomerante a la capacidad de unir partículas de distintas propiedades.

- **Aditivo**

En ingeniería civil el aditivo son sustancias que son usadas para mejorar algunas propiedades del concreto en estado fresco.

- **Lluvia**

De acuerdo con la definición oficial de la organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro de 0.5 mm o gotas menores, pero muy dispersas.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1.1. Tipo de investigación

En base a lo que menciona (ROMAN, 2018), podemos afirmar que esta investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo.

Cuantitativo: Este tipo de investigación confía en la recolección y análisis de datos para conocer la realidad, por tanto decimos que es del tipo cuantitativo porque confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población.

3.1.1.2. Nivel de investigación

Afirmamos que el nivel de investigación es Experimental, Analítico y Descriptivo por lo siguiente:

- ✓ **Experimental.** Se presentan variables que permiten la modificación de las variables dependientes, como son la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la permeabilidad del concreto permeable.

- ✓ **Descriptivo.** Tiene por finalidad describir registrar analizar e interpretar la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos, teniendo como objetivo fundamental interpretar realidades del hecho.
- ✓ **Analítico.** Los resultados obtenidos serán analizados estrictamente para poder dar conclusiones fehacientes y veraces, contrastadas con las hipótesis planteadas anteriormente.

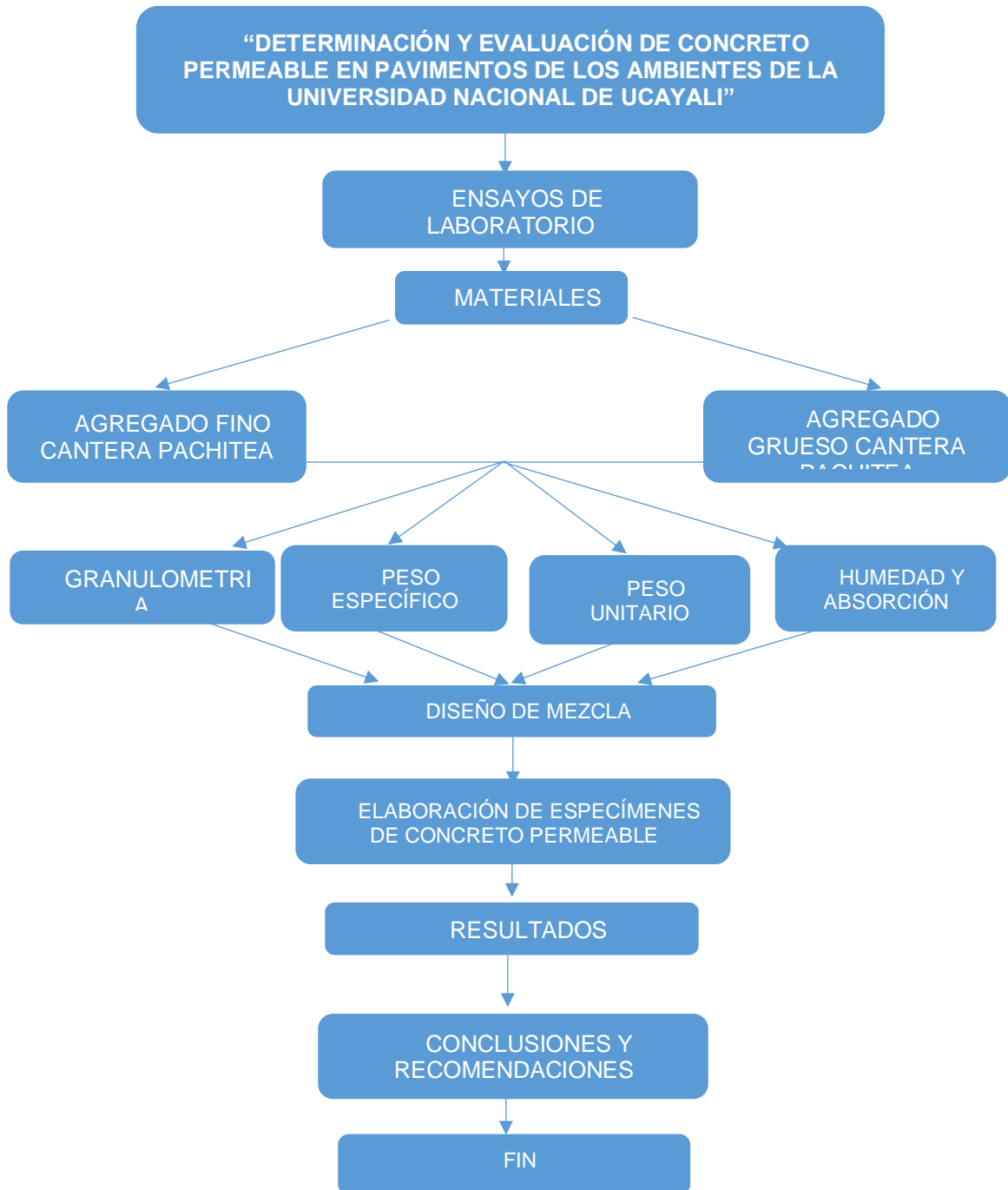
3.1.2. Diseño de Investigación

3.1.2.1. Diseño Metodológico

Afirmamos que el diseño de investigación es Experimental por lo siguiente:

- El investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas, teniendo como objetivo describir de qué modo y por qué causa puede producirse un fenómeno.
- Es aquella investigación donde se verifica la hipótesis mediante manipulación deliberada por parte del investigador.
- Esta investigación determinará la relación causa-efecto de un fenómeno físico.

3.1.2.2. Diseño de Ingeniería.



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 42 Diseño de ingeniería

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

3.2.1.1. Descripción:

Dado la singularidad de la investigación la población es 30 muestras, 24 del total fueron ensayados a compresión y 6 a permeabilidad, de las cuales para su obtención se usó cemento portland tipo I, agregado fino, grava TMN 3/4", agua y aditivo plastificante.

3.2.1.2. Cuantificación:

De las 30 muestras en total, se seleccionó de la siguiente manera:

24 briquetas para ensayos a compresión para evaluar la conformidad con la norma CE.010, de las cuales 12 fueron con agregado fino 10% en volumen y 12 con 0% de fino, ambos con aditivo plastificante con 2% en volumen como a continuación observamos:

Tabla 6 12 Muestras con fino 10% y 2% aditivo

Muestra	Cilindro	Fino 10%	Aditivo 2%	Total
7 días	4	1	1	4
14 días	4	1	1	4
28 días	4	1	1	4
TOTAL				12

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7 12 Muestras con fino 0% y 2% aditivo

Muestra	Cilindro	Aditivo 2%	Total
7 días	4	1	4
14 días	4	1	4
28 días	4	1	4
TOTAL			12

Fuente: elaboración propia.

Además se elaboraron 6 especímenes para ensayarlos a permeabilidad:

Tabla 8 6 Muestras para ensayo de permeabilidad

Especímenes para permeabilidad
Con Fino
3
Sin Fino
3

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Muestra

3.2.2.1. Descripción:

Las muestras son la misma cantidad de población descrita en líneas anteriores, con un 10% de fino, 0% fino y 2% de aditivo, las cuales se ensayaron a compresión y permeabilidad para evaluar y comparar con normativas existentes como la NTP y ACI.

3.2.2.2. Cuantificación:

Se tomó del universo (100%), 24muestras para ensayo netamente a compresión y 6 para ensayos de permeabilidad. El universo contiene aditivo en 2% del total del peso del cemento.

Se ensayaron 12 especímenes con 10% fino del volumen total y 12 especímenes se ensayaron con 0% de fino, del mismo modo para el ensayo de permeabilidad, 3 se ensayaron con 10% de fino y 3 con 0% de fino, recordando que el universo contiene aditivo en 2% ya mencionado.

3.2.3. Ensayos y Diseños Realizados

3.2.3.1. Materiales usados para la elaboración del concreto permeable:

Para diseño del concreto permeable que servirá de superficie de rodadura del pavimento permeable se consideró los siguientes materiales:

- Agregado grueso:

El agregado grueso utilizado en la investigación es de tamaño máximo nominal 3/4" o USO 67, el agregado se recopiló de un acopio procedente del río Pachitea, previo transporte al laboratorio para los estudios y ensayos pertinentes, se zarandó el hormigón para obtener sólo agregado grueso lo cual es la base del diseño, en las siguientes imágenes apreciamos lo mencionado:



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 43 Zarandeo de hormigón para selección de grava TMN 3/4".

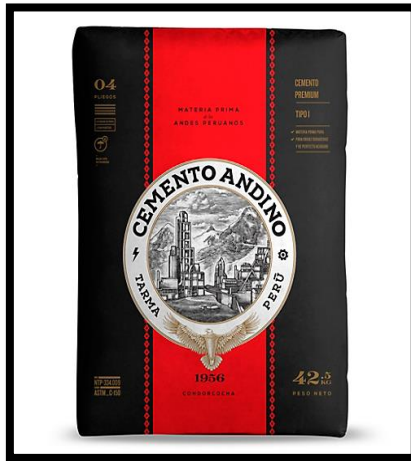
Figura 44 Zarandeo de hormigón para selección de grava TMN 3/4".

- Agregado Fino:

El agregado fino utilizado en el diseño también lo obtuvimos del mismo acopio mediante zarandeo del hormigón.

- Cemento:

En la investigación se usó cemento portland tipo I, obtenido de la molienda de Clinker y yeso. Ofrece beneficios como altas resistencias a mediano y largo plazo, excelente trabajabilidad y acabado y bajo contenido de álcalis. Es usado generalmente en estructuras sólidas y de acabados perfectos, así como también en obras en general.



Fuente: UNACEM

Figura 45 Cemento Andino tipo I.

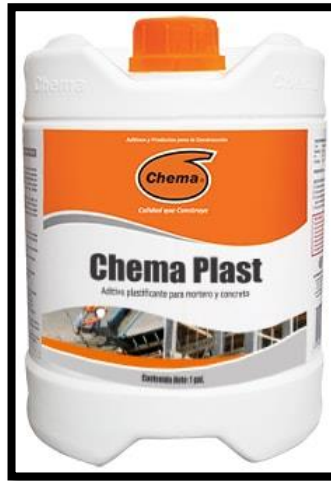
- Agua:

El agua es aquel elemento indispensable para la elaboración del concreto, de manera que, básicamente cumple tres funciones, reaccionar químicamente con el cemento, lubricar y/o proporcionar trabajabilidad a la mezcla y acondicionar las estructura de vacíos. Dado la importancia de dicho elemento, será imprescindible cumplir con los requisitos de la NTP 339.088 (AGUA).

Para elaborar mezclas de concreto no deberá usarse aguas acidas, calcáreas, minerales, aguas proveniente de relaves, aguas con residuos industriales, agua con contenido de sulfato mayor a 1% o aguas que contengan algún tipo de materia orgánica.

- Aditivo:

El aditivo que usamos fue el Chema Plast en su versión Plastificante, ya que fue necesario para extender la trabajabilidad de la mezcla del concreto permeable.



Fuente: Google

Figura 46 Aditivo Chema plast

3.2.3.2. Caracterización de los agregados grueso y fino

1. Granulometría:

La NTP 400.012 nos brinda un alcance de cómo saber la granulometría del agregado ya sea fino, grueso o global.

Como procedimiento inicial se procederá a secar la muestra a una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, seguidamente se seleccionan los tamices que se emplearán para la granulometría, en nuestro caso fue de el tamiz N°4, 3/8", 1/2" y 3/4" como tamaño máximo nominal (TMN). A continuación, se acomodan los tamices en forma decreciente para el paso óptimo del agregado desde el

tamiz superior, agitar los tamices ya sea manual o mecánicamente para obtener resultados óptimos.

- **Procedimiento:**

- Procedemos a separar la muestra por cuarteo y así nos aseguramos que no contenga impurezas:



Fuente: Elaboración propia

Figura 47 Cuarteo del agregado para ensayo de granulometría.

- Procedemos a pesar la muestra seleccionada:



Fuente: Elaboración propia

Figura 48 pesado de la muestra seleccionada por cuarteo.

- Seleccionamos los tamices N° 21/2", N° 2", N° 11/2" hasta la N°4 que se usara para el agregado grueso luego pesamos el material retenido en cada tamiz:



Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Tamizado de la muestra obtenida del cuarteo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 50 Pesado del material retenido en cada malla.

- Para el agregado fino pesamos y seleccionamos los tamices N°4, N°10 hasta el N°200:



Fuente: Elaboración propia
Figura 51 Tamizado del agregado fino

- Pesamos el material retenido en cada tamiz.



Fuente: Elaboración propia
Figura 52 Pesado del material retenido en cada tamiz.

- Como procedimiento final, tanto para el agregado grueso como para el fino se toman los pesos de los materiales retenidos en cada malla y se calculan los porcentajes en función al peso total.

2. **Peso Unitario seco suelto:**

En función a la NTP 400.017, el peso Unitario o volumétrico suelto es el resultado de dividir el peso de muestra entre el volumen del recipiente que ocupa la muestra.

El término suelto indica que la muestra no será varillada ni compactada, bastará con contener la muestra en el recipiente (briqueta) tal cual.

- **Procedimiento para el agregado grueso:**
 - Pesamos el recipiente contenedor vacío (briqueta):



Fuente: Elaboración propia

Figura 53 Pesado de la briqueta.

- Pesamos la briqueta llena con material.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 54 Pesado de la briqueta conteniendo la muestra.

- Hallamos el volumen del contenedor(briqueta):

El volumen de la briqueta se halla por la siguiente formula:

$$vol = \frac{\pi * d^2 * h}{4}$$

- Remplazamos en la fórmula para obtener el valor de PUS.

$$PUS = \frac{(Peso\ de\ contenedor\ +\ muestra) - (Peso\ de\ contenedor)}{volumen\ del\ contenedor}$$

- **Procedimiento para el agregado fino:**

- Se pesa la briqueta y luego se procede a llenar el agregado fino sin compactar hasta enrasarlo
- Se procede a pesar la briqueta enrasada



Fuente: Elaboración propia

Figura 55 Llenado de la briqueta con agregado fino.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 56 Pesado de la briqueta + la muestra.

- Se calcula el volumen de la briqueta y se reemplaza en la fórmula para hallar el PUSC

$$PUSC = \frac{(\text{Peso de contenedor} + \text{muestra}) - (\text{Peso de contenedor})}{\text{volumen del contenedor}}$$

3. **Peso Unitario seco Compactado:**

Para hallar el PUSC la misma NTP 400.017 recomienda que, para llenar el contenedor para ser pesado, antes la muestra deberá ser varillado en capas de 1/3 del total hasta llegar al enrase, en la primera varillada tener cuidado que la varilla no choque el fondo del contenedor bruscamente, y en el resto varillar uniformemente hasta la capa anterior.

- **Procedimiento:**

- Pesar la briqueta vacía y luego pesarla conteniendo la muestra.



Fuente: Elaboración propia

Figura 57 Llenado y compactado por capas del agregado grueso

- Determinar el volumen del contenedor (briqueta).

$$vol = \frac{\pi * d^2 * h}{4}$$

- Reemplazar datos en la formula

$$PUSS = \frac{(Peso\ de\ contenedor\ +\ muestra) - (Peso\ de\ contenedor)}{volumen\ del\ contenedor}$$

El procedimiento para el agregado fino será similar:

- Pesar el contenedor más muestra contenida y anotar el resultado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 58 Llenado y compactado con 25 golpes cada capa, del agregado fino.

- Determinar el volumen de briqueta.

$$vol = \frac{\pi * d^2 * h}{4}$$



Fuente: Elaboración propia

Figura 59 Pesado de la muestra con el fino compactado.

- Reemplazar datos en Formula.

$$PUSS = \frac{(\text{Peso de contenedor} + \text{muestra}) - (\text{Peso de contenedor})}{\text{volumen del contenedor}}$$

4. **Contenido de Humedad (%W):**

Para hallar el contenido de humedad la NTP 339.127 recomienda lo siguiente: pesar la tara (recipiente en el que se almacenara el agregado), pesar la muestra y tara a la vez, poner en un horno a 110C° por 24 horas y finalmente retirar la tara y calcular el contenido de Humedad.

- Procedimiento:
 - Pesar la tara vacía.

- Pesar tara más muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 60 Pesado de la tara.



Fuente: Elaboración propia

Figura 61 Pesado de la tara + muestra.

- Poner en horno para su secado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 62 Colocación de la muestra al horno de secado

- Retirar y calcular el contenido de humedad.

5. Peso Específico y Absorción:

La absorción (NTP 400.021) es la capacidad que tiene el agregado de almacenar agua en su estructura interna, se obtiene después de ser sumergido 24 horas y posteriormente secado en horno, la diferencia de pesos en % será la absorción resultante. Con este ensayo se obtiene también el Peso Específico.

- Procedimiento:
 - Sumergimos el agregado seleccionado previamente pesado durante 24 horas



Fuente: Elaboración propia

Figura 63 Pesado del agregado sumergido.

- Retiramos la muestra húmeda, lo colocamos al horno para su secado y luego pesamos y se anota el resultado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 64 Colocación de la muestra en el horno de secado.

- Reemplazar en la siguiente formula

$$Abs(\%) = \frac{(Peso\ saturado\ superficialmente\ seco) - (Peso\ seco)}{(Peso\ seco)} * 100$$

3.2.3.3. Diseño de Mezcla

- Procedimiento de dosificación del concreto permeable

Para la dosificación de mezcla de concreto permeable se aplicó el método b/b0 que emplea conceptos de volúmenes absolutos recomendados por el ACI 522R.10. Estos se dividen en 7 pasos para lograr la dosificación.

Paso 1: Determinación del peso del agregado

El peso del agregado se calcula en función al cuadro formulado por Meininger, considerando Tamaño Máximo Nominal 3/4" o huso N° 67 y mínimo de 3/8" o huso N°8, considerando también la compactación del ASTM C31 (25 golpes) o compactación ligera de 5 golpes.

% Arena	b/b0			
	5-Golpes		C31	
	Nro. 8	Nro. 67	Nro. 8	Nro. 67
0	0.92	0.92	0.99	0.99
10	0.84	0.85	0.93	0.93
20	0.78	0.78	0.85	0.86

Fuente: Meininger, 1998

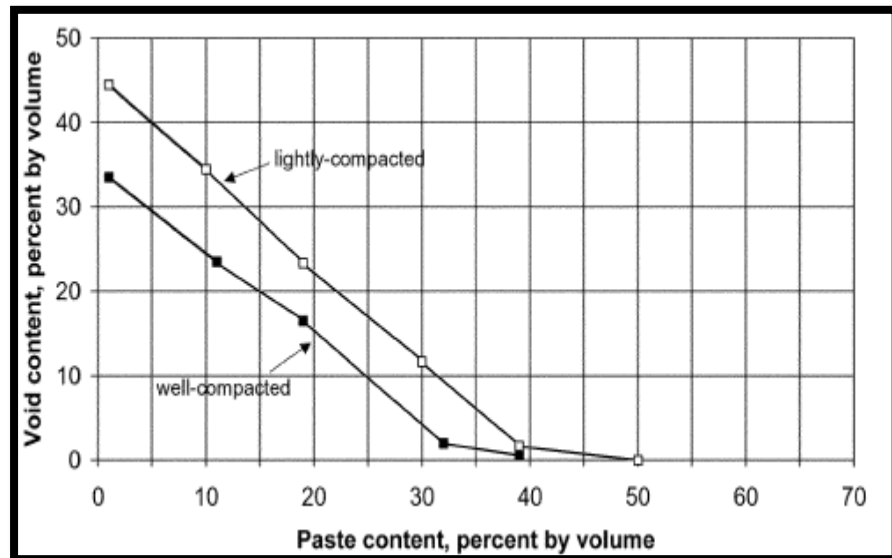
Figura 65 Método b/b0 en función al contenido de fino y golpes.

Para un contenido de fino en un 10% y un TMN 3/4" (huso 67), se obtiene un $b/b_o = 0.93$ entonces el peso de grava será:

$$Peso_{grava} = \frac{b}{b_o} * Peso_{unit\ seco\ compactado} (kg/m^3)$$

Paso 2: Determinación del volumen de pasta

Para determinar el volumen de pasta se empleó la tabla que nos brinda el comité ACI 522R-10 el cual se muestra a continuación:



Fuente: ACI, 2010

Figura 66 Selección del volumen de pasta.

La figura muestra un vs entre el contenido de vacíos y el volumen de pasta en $1\ m^3$, por tanto, se tantea con el contenido de vacíos y en función a la compactación que tiene el concreto.

Paso 3: Determinación del contenido de cemento

Partiendo del parámetro de la relación a/c según ACI 522R es de 0.27 - 0.41, por tanto, se asume una relación $a/c=0.3$ y también un contenido de vacíos de 15% para el diseño

corresponde un vol. de pasta del 20% según la figura 66 y
 asumiendo el $P_{\text{cemento}} = 3150 \text{ kg/m}^3$, entonces se calculará el
 peso del cemento:

$$\text{Vol de pasta} = \text{Vol cemento} + \text{vol agua}; \frac{\text{peso agua}(\text{kg/m}^3)}{\text{peso cemento}(\text{kg/m}^3)} = 0.3$$

$$\text{Vol pasta} = \frac{\text{Peso cemento}}{P_{\text{cemento}}} + \frac{0.3\text{Peso cemento}}{P_{\text{agua}}}$$

$$0.2 = \frac{\text{Peso cemento}}{3150} * \frac{0.3\text{Peso cemento}}{1000}$$

Paso 4: Determinar el contenido de agua

Para calcular el agua de diseño se empleó la siguiente
 formula:

$$\text{Peso agua} = \frac{a}{c} * \text{Peso cemento.}$$

Paso 5: Determinación del peso del agregado fino.

$$\text{Vol absoluto fino} = 1 - \text{Zum vol absoluto}(\text{cemento, vacios, agua y grava})$$

$$\text{Peso del Fino} = \text{vol abs. Fino} * P_{\text{fino}}$$

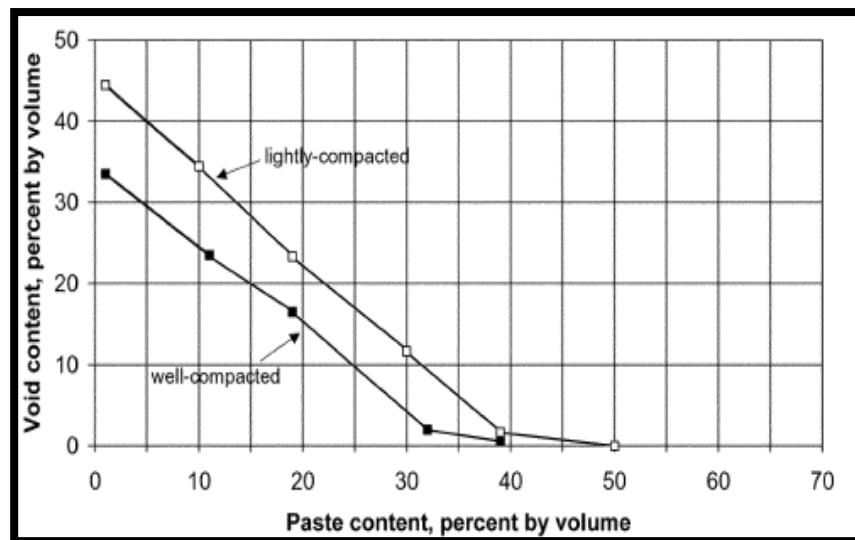
Paso 6: Contenido de aditivo (%)

Se consideró de aditivo el 2% del peso del cemento calculado
 en el paso 3.

Paso 7: Contenido de vacíos de diseño

$$\% \text{vacio} = 1 - (\text{volgrava} + \text{vol agua} + \text{vol fino} + \text{vol aditivo} + \text{vol cemento})$$

El diseño de mezcla se realizó en base a parámetros estipulados por el ACI 522R-10, se asumió un contenido de vacíos inicial que no esté fuera de los límites establecidos por el mismo (15-25%), así mismo se eligió también un contenido de pasta (cemento + agua) relacionado directamente con el contenido de vacíos inicial, posterior a ello se determinó la relación b/b_0 que es la resultante de dividir el Peso seco del agregado grueso entre el Peso Unitario seco compactado del agregado grueso asumiendo un contenido de agregado fino del 10% del peso total del agregado.



Fuente: ACI, 2010

Figura 67 Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacío.

Percent fine aggregates	b/b_o	
	ASTM C 33 Size No. 8	ASTM C 33 Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: ACI, 2010

Figura 68 Relación entre "peso seco del agregado grueso" y "peso unitario seco compactado del agregado grueso"

Huso granulométrico N°	Tamaño del agregado	
	TMN	
	(máx.)	(mín.)
67	¾"	4
7	½"	16
8	3/8"	8
89	3/8"	16

Fuente: ACI, 2010

Figura 69 Tamaño máximo nominal.

- **Procedimiento:**

Asumiendo valores de las tablas mencionadas líneas anteriores se realizó diseños de mezclas basándonos en situaciones y recomendaciones de estudios ya realizados en el país como en países extranjeros, las cuales describen que la funcionalidad del concreto permeable básicamente radica en el porcentaje de fino (0-10%) añadido y aditivo (2%). En función a esto asumimos directamente las cantidades similares (10%

fino) y 2% de aditivo, sabiendo en sí que la funcionalidad depende de las características del agregado de la localidad.

De los ensayos

DATOS DE ENTRADA:		
Pe Cemto (Andino tipo I) :	3150	kg/m ³
Pe Agua :	1000	kg/m ³
Pu seco Comp grava :	1663.5	kg/m ³
Pe Grava	2720	kg/m ³
Pe fino	2548	kg/m ³
$\%W_{grava}$	1.24	
$\%abs_{grava}$	0.91	
$\%W_{fino}$	3.8	
$\%abs_{fino}$	1.58	

Fuente: Elaboración propia

Figura 70 Resultados de caracterización del agregado.

De las cuales asumimos un contenido de pasta (20%) lo cual corresponde un 15% de vacíos según figura N°67, asumimos inicialmente también $a/c = 0.3$ y mediante cálculos se obtuvieron las proporciones:

Tabla 9 Proporción para 12 muestras con fino 10% y 2% aditivo

AGUA EFECTIVA:	87.48	lt/m ³
CEMENTO:	323.91	kg/m ³
GRAVA:	1566.24	kg/m ³
FINO:	214.230744	kg/m ³

Fuente: equipo técnico

Estas proporciones corresponden 1 m³ de mezcla, realizamos 24 especímenes para ser sometidos netamente a compresión para obtener y evaluar su comportamiento ante la

misma, 12 especímenes con aditivo/fino y 12 especímenes sin
fino con aditivo.

Las cantidades de materiales para 12 especímenes resultaron:

N° briquetas =12



Fuente: Elaboración propia

Figura 71 Briqueta modelo.

Diámetro = 0.153 m, radio: 0.0765 m

Altura = 0.302 m

Desperdicio = 1.07

$$Vol = \pi * r^2 * H$$

$$Vol = \pi * (0.0765^2) * 0.302 = 0.0713 \text{ m}^3$$

Por lo tanto la proporción para 12 briquetas es:

Tabla 10 Proporción para 12 muestras con 0% fino y 2% aditivo

AGUA EFECTIVA:	87.48	0.0713	6.24	lt/m ³
CEMENTO:	323.91	0.0713	23.09	kg/m ³
GRAVA:	1780.47	0.0713	126.95	kg/m ³
FINO:	-	-	-	kg/m ³

Fuente: Equipo técnico

A continuación se procedió a realizar la mezcla:

- Pesamos las proporciones obtenidas para las 12 briquetas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 72 Pesado del agregado grueso.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 73 Pesado del agregado fino.

- Medimos el agua y el aditivo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 74 Medida del agua con la probeta graduada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 75 Medida del aditivo plastificante con la probeta graduada.

- Procedemos a mezclar los materiales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 76 Adición del cemento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 77 Adición del aditivo mezclado con agua.

- Se vació la mezcla resultante en un recipiente para determinar el slump.



Fuente: Elaboración propia

Figura 78 Mezclado del concreto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 79 Prueba de Slump.

- Se verificó el slump, según el ACI 522R debe estar en el rango de 0-4", en este caso resultó un slump de 2"



Fuente: Elaboración propia

Figura 80 Slump resultante 2" (óptimo).

- Elaboración de especímenes:



Fuente: Elaboración propia

Figura 81 Muestra del concreto permeable en estado fresco.



Fuente: Elaboración propia

Figura 82 Especímenes enrazados.

- Curado de especímenes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 83 Curado previo con bolsa plástica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 84 Curado de especímenes en la poza.

Para la elaboración del concreto sin fino se hicieron repeticiones de los pasos mencionados, teniendo en cuenta las nuevas proporciones de materiales.

3.2.3.4. Ensayo de permeabilidad del concreto poroso

Para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto se utilizaron las siguientes herramientas e instrumentos: Arco de sierra, sierra, tubo PVC 4", huincha y Cronómetro.

- Procedimiento:
 - Se procedió a cortar 3 moldes de PVC de 50cm de largo para cada caso (para el diseño con 10% de fino + 2% de aditivo y para el diseño de 0% fino + 2% aditivo).



Fuente: Elaboración propia

Figura 85 Cortado de moldes de PVC 4”.

- El molde de 50cm de largo se llenó con la mezcla hasta 20cm quedando un borde libre de 30cm, en el cuales la mezcla introducida será compactada con 25 golpes en 3 capas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 86 Llenado de los moldes.

- Una vez llenado los moldes se esperó 24 h hasta que fragüe para poder ser ensayada; una vez endurecida la muestra se procede a llenar 2 litros de agua y medir el tiempo en que logra atravesarlo en su totalidad. El procedimiento descrito es el mismo para ambos diseños.



Fuente: Elaboración propia

Figura 87 Muestras para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 88 Ensayo de permeabilidad.

- El tiempo será controlado en cuanto el agua toque la superficie del espécimen, este procedimiento se realizó para cada espécimen.
- Para la muestra con 10% fino + 2% aditivo se obtuvo:

Tabla 11 Tres muestras con 10% fino y 2% aditivo

MUESTRA	10% FINO + 2% ADITIVO		
ENSAYO	E-1	E-2	E-3
<i>L(cm)</i>	20.1	20.3	20.1
<i>A(cm²)</i>	81.07	81.07	81.07
<i>h1(cm)</i>	50	50	50
<i>h2(cm)</i>	29.9	29.7	29.9
<i>t1(s)</i>	0	0	0
<i>t2(s)</i>	18.72	10.67	9.65
<i>d1(cm)</i>	10.16	10.16	10.16
<i>d2(cm)</i>	10.16	10.16	10.16

Fuente: Elaboración propia

- Con la fórmula siguiente procedemos a calcular el coeficiente de permeabilidad para cada espécimen.

$$K = \frac{L * a * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{(t_2 - t_1) * A}$$

Donde:

L = Altura de la muestra (cm).

A = Área del tubo cilíndrico graduado (cm²).

h₁ = Altura de agua en el tubo graduado al inicio de la prueba (cm).

h_2 = Altura de agua en el tubo graduado al final de la prueba (cm).

t_1 = tiempo inicial (s).

t_2 = tiempo final (s).

a = Área promedio de la muestra (cm^2).

$$k_1 = \frac{20.1 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{29.9}\right)}{(18.72 - 0) * 81.07} = 0.552 \text{ cm/s}$$

$$k_2 = \frac{20.3 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{29.7}\right)}{(10.67 - 0) * 81.07} = 0.99 \text{ cm/s}$$

$$k_3 = \frac{20.1 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{29.9}\right)}{(9,65 - 0) * 81.07} = 1.07 \text{ cm/s}$$

- Para la tanda de 0% fino + 2% aditivo se obtuvo.

Tabla 12 Tres muestras con 0% fino y 2% aditivo

MUESTRA	0% FINO + 2% ADITIVO		
ENSAYO	E-1	E-2	E-3
$L(cm)$	20.2	20.0	20.0
$A(cm^2)$	81.07	81.07	81.07
$h_1(cm)$	50	50	50
$h_2(cm)$	29.8	30	30
$t_1(s)$	0	0	0
$t_2(s)$	9.89	10.1	9.3
$d_1(cm)$	10.16	10.16	10.16
$d_2(cm)$	10.16	10.16	10.16

Fuente: Equipo técnico

- Se procede de la misma manera que el diseño anterior, para obtener los coeficientes de permeabilidad de cada espécimen.

$$k_1 = \frac{20.2 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{29.8}\right)}{(9.89 - 0) * 81.07} = 1.06 \text{ cm/}$$

$$k_2 = \frac{20 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{30}\right)}{(10.1 - 0) * 81.07} = 1.01 \text{ cm/s}$$

$$k_3 = \frac{20 * 81.07 * \ln\left(\frac{50}{30}\right)}{(9.3 - 0) * 81.07} = 1.1 \text{ cm/s}$$

3.2.3.5. Cálculo de la permeabilidad e infiltración del suelo

La permeabilidad e infiltración como parte de la mecánica de suelos es de vital importancia para el diseño de un pavimento permeable, ya que depende de ello el tipo de pavimento permeable a elegir como se muestran en las figuras N° 20, 21 y 22.

Para hallar la permeabilidad e infiltración se realizaron trabajos in situ basándonos en el método PORCHET, el cual se describe a continuación:

- Se prepara el terreno donde se procederá a excavar, deberá estar limpio de residuos orgánicos/inorgánicos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 89 Preparación del terreno para excavar

- Se procede a excavar orificios de 20cm de diámetro y altura de 60cm. Procedemos a llenar el orificio completamente para saturar el suelo, esperamos cierto tiempo hasta que el agua haya descendido 30 cm, para proceder a llenar nuevamente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 90 Saturación de los agujeros.

Figura 91 Medida de la altura descendida.



Fuente: Elaboración propia

- Volvemos a llenar el hueco con agua y se controla cada cierto tiempo el nivel que descenderá el agua (en este caso controlamos cada 25min), realizamos repeticiones hasta que las dos últimas medidas coincidan.



Fuente: Elaboración propia

Figura 92 Medida de la altura infiltrada.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Figura 93 Representación de alturas

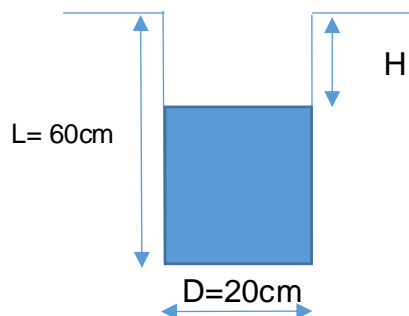


Tabla 13 Alturas obtenidas cada tiempo "t"

N.	t(min)	H(cm)
1	25	5.0
2	25	4.2
3	25	3.3
4	25	2.9
5	25	2.2
6	25	2.2

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se calculó el coeficiente de permeabilidad del suelo, empleando la fórmula siguiente:

$$k = \frac{V * L}{H * A * t}$$

Donde:

V= Volumen promedio drenado

L= Distancia en el interior de la muestra de suelo

H= Pérdida de carga hidráulica total entre el punto 1 y 2, bajo la cual se produce la infiltración

A= Área o sección transversal de la muestra

t = Tiempo necesario para el volumen de agua atraviese la muestra

$$A = \frac{\pi * (20)^2}{4} = 314.159 \text{ cm}^2$$

$$H_{prom} = \frac{\sum H}{n} = \frac{(5 + 4.2 + 3.3 + 2.9 + 2.2 + 2.2)}{6} = 3.3 \text{ cm}$$

$$V = A * H_{prom} = 314.159 \text{ cm}^2 * 3.3 \text{ cm} = 1036.725 \text{ cm}^3$$

$$K = \frac{V * L}{H * A * t} = \frac{1036.725 \text{ cm}^3 * 60 \text{ cm}}{3.3 \text{ cm} * 314.159 \text{ cm}^2 * 1500 \text{ seg}} = 0.04 \text{ cm/seg}$$

La velocidad de infiltración lo calcularemos mediante:

$$f = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} * \ln \left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right)$$

R= radio,

t1=tiempo 1

t2= tiempo 2

h1=altura1

h2=altura 2

Tabla 14 Alturas obtenidas cada cierto tiempo "t"

N.	t(min)	H(cm)
1	25	5.0
2	50	4.2
3	75	3.3
4	100	2.9
5	125	2.2
6	150	2.2

Fuente: elaboración propia

$$f_1 = \frac{10}{2(50 - 25)} * \ln\left(\frac{2 * 5 + 10}{2 * 4.2 + 10}\right) = 0.017 \text{ cm/min} = 10.2 \text{ mm/h}$$

$$f_2 = 12.3 \text{ mm/h} \quad f_3 = 5.922 \text{ mm/h}$$

$$f_4 = 11.1 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto el f promedio es:

$$f_{prom} = 9.88 \text{ mm/h}$$

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. Resultado General del ensayo a Compresión y Flexión

4.1.1.1. Resultados de ensayos a compresión a 7, 14 y 28 días del diseño de mezcla con 10% fino y 2% de aditivo:

Tabla 15 *Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 7 días*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 10% FINO Y 2% ADITIVO				
N°	Edad(días)	Carga(Kgf)	Área(cm ²)	f'c(kg/cm ²)
MUESTRA 01	7	23860	176.7	135.03
MUESTRA 02	7	21320	176.7	120.66
MUESTRA 03	7	18010	176.7	101.92
MUESTRA 04	7	26550	176.7	150.25

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 16 *Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 14 días.*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 10% FINO Y 2% ADITIVO				
N°	Edad(días)	Carga(Kgf)	Área(cm ²)	f'c(kg/cm ²)
MUESTRA 05	14	21620	176.7	122.35
MUESTRA 06	14	26360	176.7	149.18
MUESTRA 07	14	27100	176.7	153.37
MUESTRA 08	14	26959	176.7	152.57

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 17 *Especímenes ensayados a compresión con 10% fino y 2% aditivo a los 28 días.*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 10 % FINO Y 2% ADITIVO				
N°	Edad(días)	Carga (Kgf)	Área(cm ²)	f'c (Kg/cm ²)
MUESTRA 09	28	33430	176.7	189.19
MUESTRA 10	28	37120	176.7	210.07
MUESTRA 11	28	30037	176.7	169.99
MUESTRA 12	28	38390	176.7	217.26

Fuente: Equipo técnico.

4.1.1.2. Resultados de resistencia a flexión a 7, 14 y 28 días:

Para obtener los datos de resistencia flexión se usó las fórmulas recomendada por el ACI debido a la ausencia de equipos para realizar el ensayo mencionado, no obstante, consideraremos pertinente usar el MR mencionado por García.

$$MR = 2.58\sqrt{F'C}$$

A los 7 días:

$$MR_1 = 2,58 * \sqrt{130.8} = 29.51 \text{ kg/cm}^2$$

$$MR_2 = 2,58 * \sqrt{116.88} = 27.893 \text{ kg/cm}^2$$

$$MR_3 = 2,58 * \sqrt{98.73} = 25.636 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 18 *Valores del MR a los 7 días.*

VALORES DEL MR A LOS 7 DÍAS			
N°	Edad(días)	f'c(Kg/cm ²)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 01	7	135.03	29.98
MUESTRA 02	7	120.66	28.34
MUESTRA 03	7	101.92	26.05
MUESTRA 04	7	150.25	31.62

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 19 Valores del MR a los 14 días

VALORES DEL MR A LOS 14 DÍAS			
N°	Edad(días)	f'c(Kg/cm ²)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 05	14	122.35	28.54
MUESTRA 06	14	149.18	31.51
MUESTRA 07	14	153.37	31.95
MUESTRA 08	14	152.57	31.87

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 20 Valores del MR a los 28 días

VALORES DEL MR A LOS 28 DÍAS			
N°	Edad(días)	f'c(Kg/cm ²)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 09	28	189.19	35.49
MUESTRA 10	28	210.07	37.39
MUESTRA 11	28	169.99	33.64
MUESTRA 12	28	217.26	38.03

Fuente: Equipo técnico.

4.1.1.3. Resultados de ensayos a compresión de especímenes a 7, 14 y 28 días con 0% de fino y 2% de aditivo

Al igual que con los especímenes con 10% de fino, lo ideal hubiera sido llegar al 65% de la resistencia total a los 7 días, sin embargo, los especímenes sin contenido de fino y con aditivo 2% solo llegaron al 50% a la edad ya mencionada.

Tabla 21 *Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 7 días.*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 0% FINO Y 2% ADTIVO				
N°	Edad(días)	Carga(Kgf)	Área(cm ²)	F'c(Kg/cm ²)
MUESTRA 01	7	12840	176.7	72.67
MUESTRA 02	7	13710	176.7	77.59
MUESTRA 03	7	8310	176.7	47.03
MUESTRA 04	7	15980	176.7	90.44

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 22 *Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 14 días*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 0% FINO Y 2% ADITIVO				
N°	Edad(días)	Carga(Kgf)	Área(cm ²)	f'c(kg/cm ²)
MUESTRA 05	14	9700	176.7	54.90
MUESTRA 06	14	9050	176.7	51.22
MUESTRA 07	14	11630	176.7	65.82
MUESTRA 08	14	26430	176.7	149.58

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 23 *Especímenes ensayados a compresión con 0% fino y 2% aditivo a los 28 días*

ROTURA DE ESPECÍMENES CON 0% FINO Y 2% ADITIVO				
N°	Edad(días)	Carga (Kg)	Área(cm ²)	f'c(kg/cm ²)
MUESTRA 09	28	21100	176.7	119.41
MUESTRA 10	28	24800	176.7	140.35
MUESTRA 11	28	27120	176.7	153.48
MUESTRA 12	28	24900	176.7	140.92

Fuente: Equipo técnico.

4.1.1.4. Resultados de resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días

Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 24 Valores del MR a los 7 días.

VALORES DEL MR A LOS 7 DIAS			
N°	Edad(días)	f'c(kg/cm ²)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 01	7	72.67	21.99
MUESTRA 02	7	77.59	22.73
MUESTRA 03	7	47.03	17.69
MUESTRA 04	7	90.44	24.54

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 25 Valores del MR a los 14 días

VALORES DEL MR A LOS 14 DIAS			
N°	Edad(días)	f'c(kg/cm ²)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 05	14	54.90	19.12
MUESTRA 06	14	51.22	18.46
MUESTRA 07	14	65.82	20.93
MUESTRA 08	14	149.58	31.55

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 26 Valores del MR a los 28 días.

VALORES DEL MR A LOS 28 DIAS			
N°	Edad(días)	f'c(kg/cm)	MR=2.58*(f'c) ^{1/2}
MUESTRA 09	28	119.41	28.19
MUESTRA 10	28	140.35	30.57
MUESTRA 11	28	153.48	31.96
MUESTRA 12	28	140.92	30.63

Fuente: Equipo técnico.

4.1.2. Resultados del ensayo de Permeabilidad

El ensayo realizado al concreto permeable en estado endurecido con 10% fino y 2% de aditivo arrojaron los siguientes resultados:

4.1.2.1. Mezcla con 0% fino y 2% de aditivo.

Tabla 27 Ensayo de permeabilidad para mezcla con 0% fino y 2% de aditivo

MUESTRA	0% FINO Y 2% ADITIVO		
ENSAYO	E-1	E-2	E-3
L(cm)	20.2	20	20
A(cm ²)	81.07	81.07	81.07
h1(cm)	50	50	50
h2(cm)	29.8	30	30
t1(s)	0	0	0
t2(s)	9.89	10.1	9.3
d1(cm)	10.16	10.16	10.16
d2(cm)	10.16	10.16	10.16
K(cm/s)	1.06	1.01	1.1
K _{prom}	1.06 cm/s		

Fuente: Equipo técnico.

4.1.2.2. Mezcla con 10% fino y 2% de aditivo

Tabla 28 Ensayo de permeabilidad para mezcla con 10% fino y 2% aditivo.

MUESTRA	10% FINO Y 2% ADITIVO		
ENSAYO	E-1	E-2	E-3
L(cm)	20.1	20.3	20.1
A(cm ²)	81.07	81.07	81.07
h1(cm)	50	50	50
h2(cm)	29.9	29.7	29.9
t1(s)	0	0	0
t2(s)	18.72	10.67	9.65
d1(cm)	10.16	10.16	10.16
d2(cm)	10.16	10.16	10.16
K (cm/s)	0.552	0.99	1.07
K _{prom}	0.871 cm/s		

Fuente: Equipo técnico.

4.1.3. Resultados del ensayo de Permeabilidad e Infiltración del Suelo

Tabla 29 Ensayo in situ para el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo.

N.	t(min)	H(cm)
1	25	5
2	25	4.2
3	25	3.3
4	25	2.9
5	25	2.2
6	25	2.2
K(cm/s)		0.04

Fuente: Equipo técnico.

Tabla 30 Ensayo in situ para el cálculo de la infiltración del suelo.

N.	t(min)	H(cm)
1	25	5
2	50	4.2
3	75	3.3
4	100	2.9
5	125	2.2
6	150	2.2
f(mm/h)		9.88

Fuente: Equipo técnico.

4.1.4. Resultados del Análisis Estadístico

4.1.4.1. Validación de las hipótesis planteadas

- Análisis Estadístico: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

Tabla 31 Valores de Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con 10% finos y 2% aditivo (diseño óptimo)

MUESTRA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA DE PROBETA (cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kgf)	RESISNTENCIA f'c (Kg/cm ²)
M-09	28	15	176.71	175	33430	189.18
M-10	28	15	176.71	175	37120	210.06
M-11	28	15	176.71	175	30037	169.97
M-12	28	15	176.71	175	38390	217.24

Fuente: Equipo técnico

El f'c promedio es 196.66 Kg/cm²

Tabla 32 Tabla de distribución de frecuencias para concreto con 10% finos y 2% aditivo

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA								
Clases		Xi	fi	Fi	Xi . fi	Xi - u	(Xi - u) ²	fi . (Xi - u) ²
lím. Infer.	Lím. Super.							
169.97	185.97	177.97	1	1	177.97	-20.00	399.93	399.93
185.97	201.97	193.97	1	2	193.97	-4.00	16.00	16.00
201.97	217.97	209.97	2	4	419.94	12.00	143.99	287.97
SUMA			4		791.88		559.92	703.91

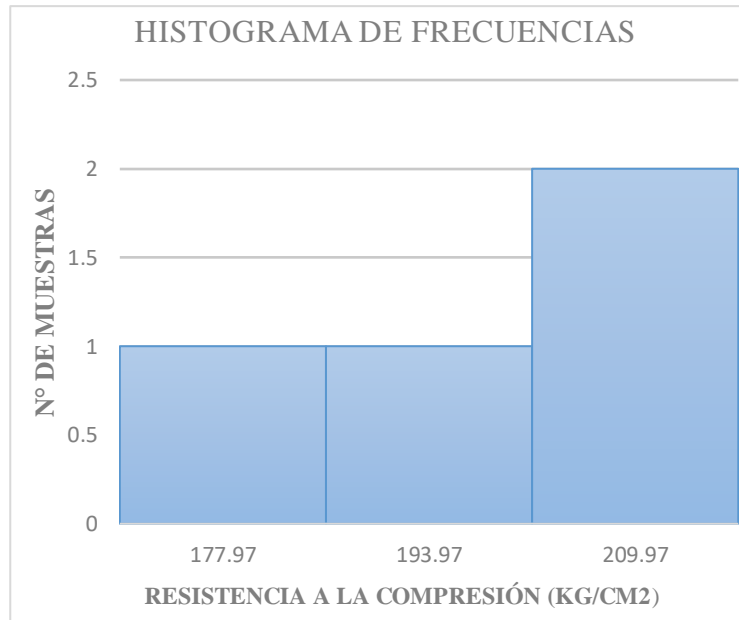
Fuente: Equipo Técnico

Tabla 33 Análisis Estadístico: Concreto con 10% finos y 2% aditivo

TABLA DE RESUMEN			
NÚMERO DE MUESTRAS:	$N =$	4	
RANGO DE DATOS:	$R_x =$	47.27	
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE:	$C =$	16	
MEDIA:	$u =$	197.97	
MEDIANA:	$u_m =$	201.97	
MODA:	$u_0 =$	207.30	
VARIANZA:	$\sigma^2 =$	186.64	
DESVIACION ESTÁNDAR:	$\sigma =$	13.66	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN:	$CV =$	6.90	
PERCENTIL:	$P_{10} =$	176.37	
PERCENTIL:	$P_{25} =$	185.97	
PERCENTIL:	$P_{75} =$	209.97	
PORCENTIL:	$P_{90} =$	214.77	
1er COEFICIENTE DE PEARSON:	$As =$	-0.68	Asimetría izquierda
2do COEFICIENTE DE PEARSON:	$As =$	-0.33	Asimetría izquierda
COEFICIENTE DE CURTOSIS:	$K =$	0.312	LEPTOCÚRTICA

Fuente: Elaboración propia

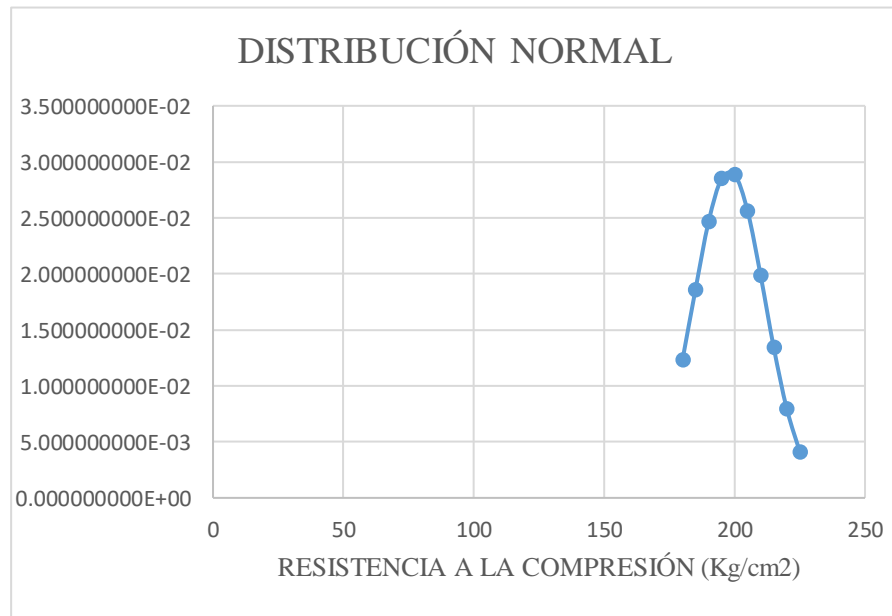
- Histograma de Frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Figura 94 Histograma de Frecuencias.

- Distribución Normal:



Fuente: Elaboración propia

Figura 95 Distribución Normal.

- Prueba de Hipótesis: Resistencia a la Compresión (con 10% finos – 2% aditivo) a los 28 días.

PRUEBA DE HIPOTESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (CON 10% DE FINOS - 2% ADITIVO), A LOS 28 DIAS

MUESTRA PATRÓN:

f _c CONCRETO CONVENCIONAL

MUESTRA COMPARADA:

f _c CONCRETO PERMEABLE CON 10% FINOS-2% ADITIVO
--

PARAMETROS DE INTERÉS:

NUMERO DE MUESTRAS : n =	4	
MEDIA MUESTRAL: \bar{X} =	197.97	Kg/cm ²
DESV.EST. MUESTRAL: σ =	13.66	
MEDIA POBLACIONAL: u =	175	Kg/cm ²

1° FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS: $H_0 : u = 175$
la resistencia a la compresión del concreto permeable con 10% finos - 2% aditivo es igual a 175 Kg/cm²

$H_1 : u \neq 175$
la resistencia a la compresión del concreto permeable con 10% finos - 2% aditivo es diferente a 175 Kg/cm²

2° NIVEL DE SIGNIFICANCIA : Empleo de la TABLA t-STUDENT, para hallar el valor de "t"

$\alpha =$	0.05	$t =$	± 3.182
------------	-------------	-------	----------------

Rango de aceptación: [-3.182 ; +3.182]
Región crítica : < -∞ ; - 3.182 > U < 3.182 ; +∞ >

3° REGLA DE DECISIÓN : Si, $t \notin$ a la Región de Aceptación
Se rechaza H_0 , caso contrario aceptar.

4° CÁLCULOS ESTADÍSTICOS : El estadístico usado para la prueba de hipótesis a dos colas será: $n < 30$
donde:

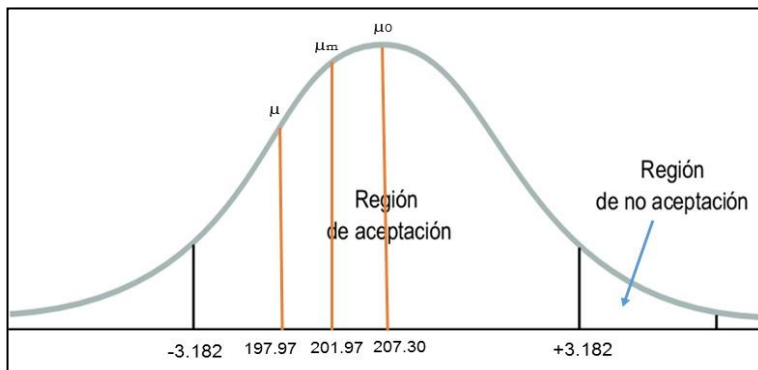
$t = \frac{\bar{x} - u}{s / \sqrt{n}}$	\bar{x} : Media muestral
	u : Media poblacional
	s : Desviación Estándar muestral
	n : Tamaño de la muestra

Prueba t :	3.36
-------------------	-------------

5° CONCLUSIÓN : **SE RECHAZA H_0**
Puesto que $t = 3.36$, no pertenece a la Región de Aceptación, rechazamos H_0 y aceptamos H_1 ; es decir el esfuerzo a compresión f_c del concreto permeable con 10% de finos - 2% aditivo es diferente a 175 Kg/cm².

Fuente: Elaboración propia

Figura 96 Prueba de Hipótesis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 97 Gráfica de la zona de aceptación y rechazo de la hipótesis planteada.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. DISCUSIÓN N° 01:

¿Cumple el f_c y el MR con la normativa peruana CE 010 y los parámetros ACI 522R-10?

- ✓ En los ensayos realizados a compresión se obtuvieron como resultados que a los 28 días el concreto alcanza un f_c de 217.26 kg/cm^2 , si hacemos una comparación con la CE.010 notamos que el f_c mínimo que exige es 175 kg/cm^2 y el parámetro dado por el ACI 522R-10 es de $35 - 280 \text{ kg/cm}^2$, evidentemente estamos dentro del rango de ambas normativas.
- ✓ En los cálculos realizados a flexión se obtuvo que a los 28 días el concreto alcanza un MR de 38.03 kg/cm^2 , si hacemos una comparativa con la CE.010 notamos que el MR mínimo que exige es 34 kg/cm^2 y el ACI 522R da un parámetro de $14 - 50 \text{ kg/cm}^2$ con un porcentaje de vacíos de 16%, evidentemente estamos dentro del rango de ambas normativas.

5.2. DISCUSIÓN N° 02:

¿Cumple la permeabilidad del concreto con lo que indica la normativa ACI 522R-10?

- ✓ En los ensayos de permeabilidad realizados la mezcla que contiene 10% fino y 2% aditivo plastificante, dio como resultado un coeficiente de permeabilidad promedio de 0.871 cm/s , cumpliendo con los estándares exigidos por el ACI 522R-10, cuyo rango es de $0.2 - 1.2 \text{ cm/s}$, afirmamos que pasa por permeabilidad.

- ✓ Si comparamos también con la lluvia de diseño en función a las curvas IDF tenemos que la lluvia de diseño es 38.56mm/h y la permeabilidad obtenida es 385.2 mm/h, por lo cual también pasa la prueba permeabilidad.

5.3. DISCUSIÓN N° 03:

¿Cumple con la infiltración directa al suelo o que alternativa de drenaje es el propuesto?

- ✓ Producto del ensayo in situ de permeabilidad e infiltración del suelo, se obtuvo una constante de permeabilidad $K=0.04$ cm/s y una infiltración de $f= 9.88$ mm/h; si hacemos una comparativa con el MINVU que propone como infiltración mínima del suelo 13mm/h, no pasa por infiltración, por tanto podría usarse un pavimento permeable con drenaje diferido, como se muestra en la figura N° 22.

- **APORTE DE LA INVESTIGACIÓN:**

El pavimento de concreto permeable con drenaje diferido a diferencia del pavimento convencional, reduce considerablemente las posibilidades de inundaciones producto de la escorrentía superficial generada por las aguas pluviales, con la ventaja de que retarda el tiempo de concentración y descarga del volumen hacia los sistemas receptores, considerando que su diseño se da bajo el principio de maximizar la capacidad de almacenamiento para mitigar la velocidad de descarga y no saturar el sistema de drenaje pluvial. Por tanto, con la aplicación del pavimento permeable con drenaje diferido se puede reducir significativamente la formación de anegamientos en las plazuelas, pasadizos, y aulas de la UNU.

CONCLUSIONES

- ✓ Producto de la evaluación del concreto permeable se demuestra que facilita el buen manejo de aguas pluviales en pavimentos especiales (plazuelas y patios) ubicados en el campus de la UNU, ya que dicho pavimento actuará como un reservorio temporal de aguas pluviales, permitiendo que la descarga hacia las canaletas sea lenta y se evite el colapso de las mismas, dando como resultado la mitigación de la escorrentía superficial que ocasionan las constantes inundaciones. En los Anexos N°07 y 08 se propone la aplicabilidad del sistema.
- ✓ El diseño de mezcla con 10% fino y 2% de aditivo plastificante, cumple con los requisitos mínimos exigidos por la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, ya que arrojó resultados de esfuerzo a compresión promedio de 196.66 kg/cm² y un MR de 36.13 kg/cm² a los 28 días.
- ✓ El diseño a cuya mezcla se le incorporó el 10% de fino más 2% de aditivo plastificante resultó tener una permeabilidad adecuada, frente a una mezcla sin la incorporación de finos, obteniendo como resultado 0.871 cm/s de permeabilidad que satisface los parámetros mínimos (0.2-1.2 cm/s) del ACI 522R-10.
- ✓ En función a los resultados obtenidos de los ensayos a compresión, permeabilidad y cálculo de flexión de ambos diseños de mezcla, se concluye que el diseño óptimo es el que tiene 10% de fino incorporado, ya que mejora su resistencia y mantiene una permeabilidad adecuada propuesta por el ACI 522R-10.

- ✓ De acuerdo con el ensayo de permeabilidad/infiltración in situ del suelo, se determinó que su coeficiente de permeabilidad igual a 0.04cm/s y su capacidad de infiltración promedio de 9.88mm/h, no satisfacen el mínimo valor de infiltración requerido que es 13mm/h para la aplicación de un pavimento permeable con infiltración directa. Optándose por un pavimento permeable con drenaje diferido.
- ✓ Debido al tipo de suelo (limo-arcilloso) presente en la zona; la aplicación de un pavimento de concreto permeable con drenaje diferido en las vías internas y estacionamientos del campus de la UNU resulta inadecuado; ya que el arrastre de finos generado por los neumáticos de los vehículos es inminente, esto ocasionaría que los poros del concreto y la tubería se sellen y falle el sistema en un corto período.
- ✓ Producto de la evaluación técnica, la aplicación de este sistema en plazuelas y patios de la UNU resulta ser una buena opción para facilitar el buen manejo de las aguas pluviales, debido a que sólo se evidencia tránsito peatonal, logrando controlar la presencia de finos con un mantenimiento adecuado.
- ✓ El pavimento permeable con drenaje diferido tiene un costo relativamente más elevado en comparación al convencional (Anexo N°02), no obstante, el primero ofrece mayores ventajas para controlar la escorrentía superficial generada por precipitaciones pluviales, que el segundo.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- ✓ Para Futuras investigaciones se recomienda realizar diseños de mezclas con TMN 3/8" y USO N°4 y evaluando la resistencia a compresión y flexión

como también de permeabilidad, tanteando porcentajes de fino (de 0-10 %) y porcentajes de aditivo plastificante, teniendo como objetivo encontrar el equilibrio entre el f_c , MR y % de vacío que satisfaga la NTP y el ACI522R.

- ✓ El dren (tubería PVC perforada de 15 - 30 huecos/m) deberá tener una pendiente no mayor a 5%, sin embargo existe la posibilidad de que estas pueda ser manipulada a criterio, en función al caudal de descarga de la tubería con el cual se diseña la canaleta o aliviadero.
- ✓ Retirar los especímenes de la poza de curado 48h aproximadamente, antes de ser sometidos a ensayo de compresión; ya que a diferencia del concreto convencional, éste absorbe y almacena una mayor cantidad de agua por su alto contenido de porosidad.
- ✓ Evitar en lo posible colocar concreto permeable en lugares donde hay excesiva sedimentación, por ejemplo pavimentos que tienen constante y abundante flujo vehicular y peatonal ya que bloquearía la funcionalidad del concreto producto del arrastre de finos, además se recomienda también que las áreas verdes que se encuentran más elevadas que el pavimento sean confinadas, lo suficiente como para evitar el escurrimiento de material fino.
- ✓ El mantenimiento debe ser periódico, mediante el uso de aspiradoras cuando la superficie esté seca y el barrido con escobas. Es primordial la concientización de la población universitaria, informarles qué es lo que daña a este concreto para mitigar la colmatación de los poros del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute. (2010). *Report on Pervious Concrete 522R-10*.

Obtenido de American Concrete Institute:

<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51663557>

ARQHYS ARQUITECTURA. (2012). *Revenimiento del cemento*. Obtenido de

ARQHYS ARQUITECTURA: <https://www.arqhys.com/contenidos/revenimiento-del-cemento.html>

Castro, M. L. (2011). *Pavimentos Permeables como Alternativa de Drenaje Urbano*.

Colombia.

Díaz, N. (2017). Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA. FACULTAD DE INGENIERIA.

UNAM. (3 de mayo de 2010). CAPITULO III PROPIEDADES DEL CONCRETO

PERMEABLE. Obtenido de DIVISION DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA.

FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/559/A>

6%20Capitulo%203%20Propiedades%20Del%20Concreto%20Permeable.pdf?
sequence=6

Flores, C., & Pacompia, I. (2015). Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de Tiras de Plastico para Pavimentos de f'c 175 Kg/cm² en la Ciudad de Puno. Puno: Repositorio Institucional UNA-PUNO.

García Ganuza, J. (octubre de 2010). *Hacia el "Drenaje Urbano Sostenible"*. Obtenido de NILSA: <https://memorias.nilsa.com/2010/es/drenaje/jornada-de-drenaje-urbano-sostenible/i-Descargables/PonenciasJornadaDrenaje.pdf>

GARCÍA, C. (29 de FEBRERO de 2012). *¿Resistencia a la Flexión del Concreto?* Obtenido de DURAVÍA, CONCRETANDO CAMINOS: <http://www.duravia.com.pe/blog/wp-content/uploads/Resistencia-Concreto-ACI-ICA-version-web.pdf>

García, E. (octubre de 2011). *CONTROL DE ESCORRENTÍAS URBANAS MEDIANTE PAVIMENTOS PERMEABLES: APLICACION EN CLIMAS MEDITERRANEAOS*. Obtenido de TDX (Tesis Doctorals en Xarxa): https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15383/TFM_EGH.pdf?sequence=1

Guisado, A., & Curi, E. (2017). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales en la costa noreste del Perú*. Lima: PUCP.

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA. (2009). *CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA*. Obtenido de INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA:
<https://monograficogrupo1.files.wordpress.com/2015/10/2-presentacinponenciacurvasidf-12747467365391-phpapp02.ppt>

Mendoza, M. M. (11 de SEPTIEMBRE de 2015). *Peso Unitario del Concreto*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/280295224/PESO-UNITARIO-DEL-CONCRETO-docx>

MINVU. (20 de OCTUBRE de 2003). *CAPITULO 4 DISEÑO, SELECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE OBRAS*. Obtenido de MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO:
http://www.minvu.cl/opensite_des_20070404114325_20070317115825.aspx

Morales, A. (2012). *Estadística y Probabilidades*. Chile.

MVCS, & SENCICO. (2010). NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS. *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*, 79.

NORMATECNICAPERUANA. (14 de ABRIL de 2014). (*NTP 400.037-2014*) *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para*. Lima, Peru. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/345114141/N-T-P-400037-2014-Especificaciones-Agregados>

Pavimento Permeable – La Mejor Opcion Contra las Inundaciones. (1 de enero de 2018). *ARQUIGRAFICO*. Obtenido de Pavimento Permeable – La Mejor Opcion Contra las Inundaciones: <https://arquigrafico.com/pavimento-permeable-la-mejor-opcion-contra-las-inundaciones/>

Pérez, D. (2009). *Estudios experimental de Concretos Permeables con agregado Andesíticos*. México.

Resumen de Norma OS 060. (18 de junio de 2018). *Resumen Norma OS 060*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/381972941/Resumen-Norma-OS-060>

Rivva, L., Harman, I., Pasquel, C., Badoino, M., & Romero, U. (1998). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO*. LIMA: ACI-CAPITULO PERUANO.

Rodrigues, J., Castro, D., Calzada, M., & Vega, A. (2011). *FIRMES PERMEABLES*. Obtenido de CUANDERNO TECNOLOGICO DE LA PTC: https://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2015/09/Cuaderno-PTC_2-2011_Firmes-permeables.pdf

ROMAN, W. G. (2018). *PAUTAS PARA ELABORAR PROYECTOS DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACION EN INGENIERIA*. LIMA: Walter roman claros editor.

Rondon, H., & Reyes , F. (2015). *PAVIMENTOS(Materiales, Construccion y Diseño)*. BOGOTA: MACRO.

SCRIBD. (26 de octubre de 2015). *Modelo de Frederich Bell.doc*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/287076312/modelo-de-Frederich-Bell-doc>.

Tennis, P., Leming, M., & Akers, D. (30 de agosto de 2005). *Pervious Concrete Pavements*. Obtenido de http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Perú. Enrique Pasquel Carvajal Editor.

[sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf](http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf)

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

TÍTULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"</p>	<p>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el la relevancia y utilidad del concreto permeable aplicado en pavimentos de los ambientes de la UNU?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar y Evaluar la importancia y utilidad del concreto permeable con el fin de controlar las aguas pluviales en los ambientes de la UNU</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El uso del concreto permeable en pavimentos basado en parámetros de las normativas ACI, CE.010, ASTM, facilitará el buen manejo de aguas pluviales en en pavimentos de los ambientes de la UNU.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable. -Porcentaje de vacíos y Tamaño máximo nominal de la grava del concreto permeable -Propiedades Hidráulicas del suelo en la Universidad Nacional de Ucayali.</p>	<p>f'c, MR K(cm/s), % vacios, TMI</p>	<p>Observación Apuntes, fotografías y filmaciones</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN El Tipo de investigación es cuantitativo . Porque confía en la medición numérica</p>
	<p>FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cumplirá el concreto permeable en pavimentos con los requisitos mínimos de la norma CE.010 Pavimentos Urbanos?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Constatar si el concreto permeable en pavimentos cumple con los requisitos mínimos de esfuerzo a compresion el $f'c \geq 175\text{kg/cm}^2$ y $MR \geq 34\text{kg/cm}^2$ según CE.010 Pavimentos Urbanos.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS La mezcla óptima de concreto permeable satisface los parámetros de compresion y flexion indicados en la normativa CE.010 Pavimentos Urbanos.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>K(cm/s), f(mm/h)</p>	<p>Análisis Discusión en gabinete</p>	<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Experimental, analítico y Descriptivo Experimental por que se puede modificar variables dependientes como el f'c. Mr. entre otros, analítico por que analiza estrictamente para dar conclusiones fehacientes y veraces y descriptivo por que describe e interpreta la naturaleza actual.</p>
	<p>¿El uso del concreto permeable en los ambientes de la UNU podrá contrarrestar los constantes anegamientos?</p>	<p>Evaluar si el concreto permeable en pavimentos cumple con los requisitos mínimos de permeabilidad de la normativa ACI 522R-10.</p>	<p>La mezcla de concreto poroso óptimo satisface los parámetros mínimos de permeabilidad del ACI 522R-10 según tamaño máximo nominal del agregado.</p>	<p>Resistencia a compresión y flexión del concreto permeable. coeficiente de permeabilidad del concreto permeable.</p>	<p>de del</p>	<p>recoleccion de muestras Guías y formatos</p>	
	<p>¿Cuál será el diseño de mezcla mas adecuado para la elaboracion del concreto permeable, según el ACI 522R-10 ?</p>	<p>Determinar un diseño de mezcla de concreto permeable adecuado a la normativa ACI 522R-10 asi como tambien a las normas ASTM y las NTP 339 en lo que respecta a concreto.</p>	<p>Bajo la normativa ACI 522R-10 se logra hacer un diseño de mezcla adecuado</p>	<p>Coeficiente de permeabilidad e infiltración del suelo.</p>			

ANEXOS:

Anexo N° 01: Cálculo de la intensidad de lluvia de diseño

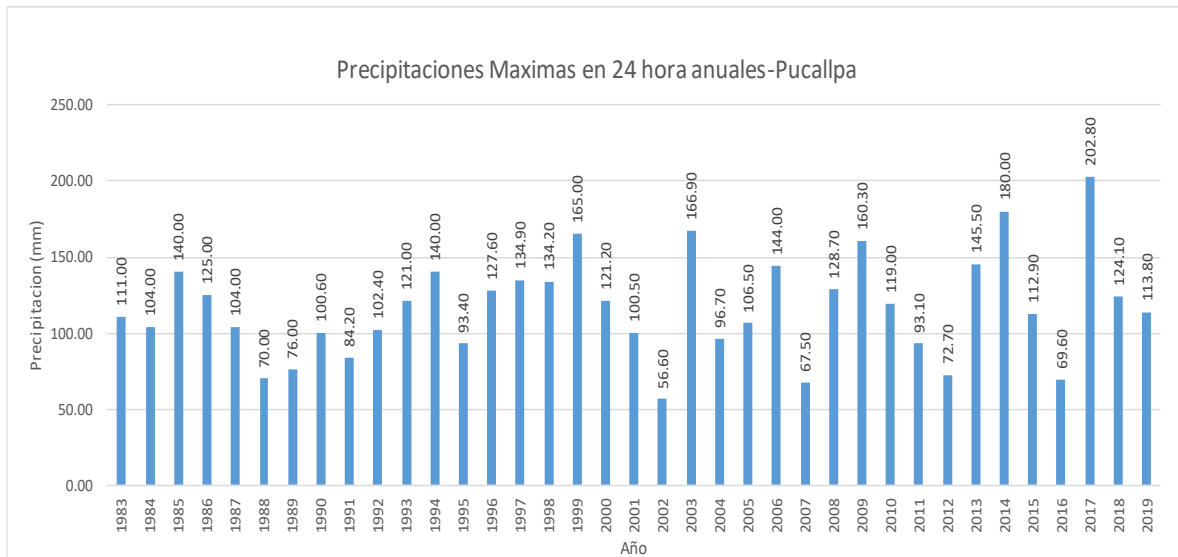
CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA DE DISEÑO

- Información pluviométrica**

Los datos que se presentan, fueron obtenidos de la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali, y representan a registros de precipitaciones máximas en 24 horas, comprendidos entre los años 1983 hasta 2019.

DATOS ESTACIÓN METEOROLOGICA DE LA UNU														
Estación: UNU-Pucallpa		Coordenadas UTM Zona 18(m)							Latitud= 8° 23'		Altitud =		154 m	
DPTO: Ucayali									Longitud= 74° 34'					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	
1983	29.00	20.00	92.00	39.00	75.00	68.00	15.00	39.00	70.00	53.20	111.00	51.00	111.00	Noviembre
1984	68.00	73.00	47.30	38.00	15.00	42.00	42.00	19.00	50.00	77.00	104.00	63.00	104.00	Noviembre
1985	68.00	140.00		17.00	13.00	13.00	35.00	5.70	47.00	49.00	78.00	60.00	140.00	Febrero
1986	95.00	72.00	125.00	54.00	34.00	8.00	3.00	41.00	18.00	74.00	124.00	29.00	125.00	Marzo
1987	43.00	40.00	39.80	104.00	30.00	59.00	25.00	28.00	34.00	45.00	35.00	18.00	104.00	Abril
1988	41.00	47.00	42.00	33.00	31.00	38.00	17.00	14.00	12.70	49.80	70.00	42.00	70.00	Noviembre
1989	47.00	54.00	51.00	4.00	45.00	76.00	30.00	22.00	18.50	48.00	30.00	42.00	76.00	Junio
1990	32.90	40.00	40.00	74.00	23.40	49.00	17.00	66.80	25.00	29.00	100.60	79.50	100.60	Noviembre
1991	20.20	68.20	84.20	32.00	48.00	5.80	55.00	15.20	25.00	16.40	83.20	43.30	84.20	Marzo
1992	30.00	29.00	50.40	30.80	13.00	8.00	55.70	31.40	44.20	70.50	74.50	102.40	102.40	Diciembre
1993	74.60	66.20	58.30	92.00	33.70	14.40	57.40	121.00	81.80	36.10	75.60	49.00	121.00	Agosto
1994	140.00	23.10	77.00	56.90	40.30	39.60	6.50	0.00	19.00	80.90	82.00	83.30	140.00	Enero
1995	18.30	40.10	60.00	80.30	49.10	54.40	42.30	28.30	28.70	74.00	53.00	93.40	93.40	Diciembre
1996	110.60	127.60	118.40	61.80	56.40	53.60	16.00	30.90	37.50	37.30	64.70	48.30	127.60	Febrero
1997	83.30	112.80	134.90	55.60	25.50	41.00	21.00	34.00	50.90	11.30	75.00	20.00	134.90	Marzo
1998	9.20	58.00	75.20	103.40	51.60	28.00	10.50	12.00	134.20	56.00	55.30	50.40	134.20	Setiembre
1999	113.20	165.00	100.20	63.50	120.20	25.40	10.30	25.60	69.20	21.00	57.00	105.70	165.00	Febrero
2000	22.40	79.80	62.50	121.20	39.00	25.40	32.00	17.20	28.80	39.70	63.50	53.70	121.20	Abril
2001	80.30	78.60	19.20	71.00	26.40	50.20	35.70	4.50	57.00	40.00	100.50		100.50	Noviembre
2002											13.20	56.60	56.60	Diciembre
2003	32.50	56.10	63.00	166.90	61.70	126.00	8.90	36.50	73.80	27.80	16.00	72.90	166.90	Abril
2004	69.00	50.00	55.50	96.70	31.00	25.80	42.30	29.20	95.30	68.20	48.80	96.20	96.70	Abril
2005	39.80	37.70	60.20	83.50	10.60	30.40	4.20	21.00	20.40	50.20	45.30	106.50	106.50	Diciembre
2006	38.30	144.00	36.10	86.70	11.00	16.70	24.20	41.60	24.00	60.50	71.60	39.10	144.00	Febrero
2007	33.00	67.50	33.70	23.80	66.50	4.70	10.70	35.20	36.70	57.50	60.10	64.50	67.50	Febrero
2008	128.70	46.00	37.40	90.80	72.60	95.80	36.40	17.00	100.50	52.40	87.80	27.10	128.70	Enero
2009	160.30	41.00	45.30	75.00	93.60	19.40	11.50	12.00	17.80	43.40	50.50	47.60	160.30	Enero
2010	45.00	83.00	119.00	55.00	84.00	6.00	19.00	29.30	36.50	25.60	74.60	49.90	119.00	Marzo
2011	56.20	53.30	71.10	35.20	51.00	41.30	31.70	23.40	47.60	93.10	42.00	82.50	93.10	octubre
2012	42.10	72.70	53.50	21.70	17.70	17.20	27.00	10.60	20.20	33.00	41.80	70.30	72.70	Febrero
2013	55.00	145.50	57.80	49.20	21.70	17.50	49.50	36.50	82.00	54.00	63.00	30.40	145.50	Febrero
2014	51.50	37.40	50.20	90.80	25.00	92.00	24.10	32.20	2.00	48.50	180.00	79.80	180.00	Noviembre
2015	31.70	44.30	53.30	87.90	41.70	17.10	28.00	14.80	48.20	47.30	112.90	38.50	112.90	Noviembre
2016	39.70	69.60	57.50	31.40	21.30	10.30	17.70	65.20	47.10	47.50	49.30	52.40	69.60	Febrero
2017	202.80	81.00	109.40	21.40	97.00	22.80	17.00	11.60	8.90	57.60	45.50	92.00	202.80	Enero
2018	42.60	124.10	27.00	79.60	65.50	26.70	57.00	48.70	18.10	72.80	44.30	18.50	124.10	Febrero
2019	93.30	60.00	42.70	113.80									113.80	Abril
MAX	202.80	165.00	134.90	166.90	120.20	126.00	57.40	121.00	134.20	93.10	180.00	106.50	202.80	

En la figura siguiente se muestra el Histograma de registros históricos de Precipitaciones máximas en 24 horas (mm) de la Estación Meteorológica de la UNU.



Como se observa en el gráfico anterior la precipitación más alta ocurrió en el año 2017, con un total de lluvia caída de 202.80 mm en un día y la de menor cantidad cayo en el año 2002 con un total de 56.60 mm de lluvia.

• **Análisis de información pluviométrica**

Para estimar la precipitación máxima extrema se efectuó un análisis de frecuencia de eventos hidrológicos máximos, aplicable a precipitaciones máxima. Para el análisis se consideró el siguiente proceso:

- Uso de registro de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológica de la UNU.
- Se procedió con la distribución de frecuencias más usuales para obtener la distribución que mejor se ajuste al registro histórico, para la estación de la UNU.
- Se llevó a cabo el análisis estadístico de precipitaciones máximas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50,100, y 200 años.
- Se elaboró la gráfica de I-D-F para determinar la intensidad de diseño.

- Aplicación del modelo Precipitación – Escorrentía para la generación de caudales, mediante la aplicación del modelo usado comúnmente en la hidrología como: Método Racional, empleado según el manual de Hidrología e Hidráulica del Ministerio de Transportes y comunicaciones para cuencas de $A < 10 \text{ Km}^2$.

✓ **Distribución Gumbel**

Los valores registrados y corregidos se muestran en la siguiente tabla.

Registro de precipitación máxima en 24 h anuales (mm)

Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)	Año	(mm)
1983	111.00	1993	121.00	2003	166.90	2013	145.50
1984	104.00	1994	140.00	2004	96.70	2014	180.00
1985	140.00	1995	93.40	2005	106.50	2015	112.90
1986	125.00	1996	127.60	2006	144.00	2016	69.60
1987	104.00	1997	134.90	2007	67.50	2017	202.80
1988	70.00	1998	134.20	2008	128.70	2018	124.10
1989	76.00	1999	165.00	2009	160.30	2019	113.80
1990	100.60	2000	121.20	2010	119.00		
1991	84.20	2001	100.50	2011	93.10		
1992	102.40	2002	56.60	2012	72.70		

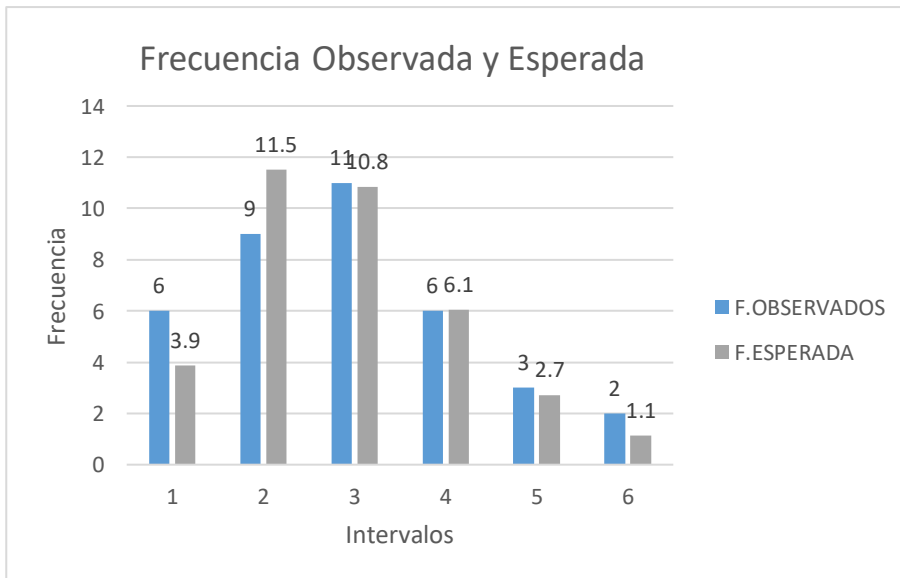
Se efectuó un ajuste de los registros de precipitación máxima en 24 horas, mediante la aplicación de las distribuciones: Normal, Log-Pearson Tipo III y Gumbel, a las que se asocian comúnmente los valores extremos de fenómenos hidrológicos.

Frecuencia Observada y Esperada de cada distribución

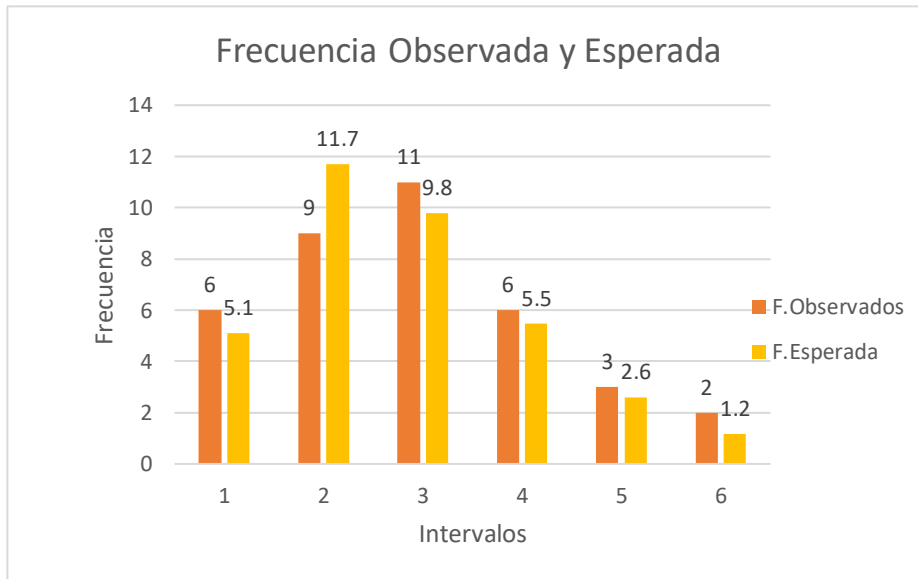
INTERVALO DE CLASE	GUMBEL		LOG PEARSON TIPO III		NORMAL	
	O_i	e_i	O_i	e_i	O_i	e_i
1	6	3.9	6	5.1	6	3.9
2	9	11.5	9	11.7	9	8.3
3	11	10.8	11	9.8	11	10.6
4	6	6.1	6	5.5	6	8.0
5	3	2.7	3	2.6	3	3.6
6	2	1.1	2	1.2	2	1.0

A continuación se muestran sus representaciones gráficas:

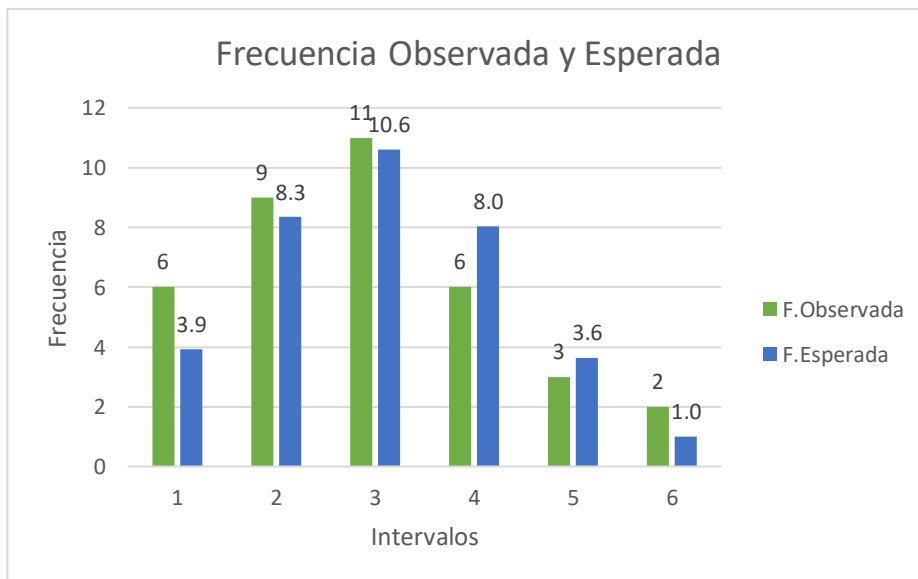
Frecuencia de distribución Gumbell



Frecuencia de Log-Pearson tipo III



Frecuencia de Distribución Normal



Los resultados de los χ^2 (Ji-cuadrado) de las tres distribuciones planteadas se muestran a continuación.

Prueba de Ji-Cuadrado

DISTRIBUCIÓN	JI-CUADRADO		PRUEBA DE HIPOTESIS
	X ²	X ² t	
GUMBEL	2.445	7.81	Ho
LOG PEARSON III	1.616	5.99	Ho
NORMAL	2.840	7.81	Ho

Los resultados de este cuadro muestran que todas las distribuciones son aceptables para el análisis de frecuencia, entonces como se observa, el X^2 que más se acerca al lado izquierdo es la distribución Log-Pearson Tipo III por lo que será la adoptada para el análisis de frecuencia posterior y calcular las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

Las distribuciones obtenidas en el análisis de frecuencia son las que se muestran en la siguiente tabla.

T (Años)	Precipitación máxima de 24 horas (mm)		
	GUMBEL	LOG-PEARSON III	NORMAL
2	111.19	113.77	116.64
5	140.53	143.89	144.58
10	159.96	161.33	159.20
20	178.59	176.54	171.27
25	184.51	181.10	174.78
30	189.31	184.73	177.55
40	196.87	190.30	181.73
50	202.72	194.49	184.85
100	220.79	206.92	193.90
200	238.80	218.59	202.18

Precipitación máxima (mm), menores a una hora “Modelo Frederich Bell

<i>T(años)</i>	<i>P. Max 24 Horas (Log Pearson)</i>	<i>P(T=10,t=60)</i>	<i>Duración en Minutos</i>					
			<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>60</i>
<i>200</i>	<i>218.59</i>	<i>51.58</i>	<i>25.89</i>	<i>38.76</i>	<i>47.38</i>	<i>54.06</i>	<i>64.32</i>	<i>84.45</i>
<i>100</i>	<i>206.92</i>	<i>49.16</i>	<i>22.48</i>	<i>33.65</i>	<i>41.13</i>	<i>46.93</i>	<i>55.83</i>	<i>73.31</i>
<i>50</i>	<i>194.49</i>	<i>46.56</i>	<i>19.21</i>	<i>28.75</i>	<i>35.15</i>	<i>40.10</i>	<i>47.71</i>	<i>62.64</i>
<i>40</i>	<i>190.30</i>	<i>45.68</i>	<i>18.19</i>	<i>27.22</i>	<i>33.28</i>	<i>37.97</i>	<i>45.17</i>	<i>59.31</i>
<i>30</i>	<i>184.73</i>	<i>44.51</i>	<i>16.89</i>	<i>25.28</i>	<i>30.91</i>	<i>35.27</i>	<i>41.96</i>	<i>55.09</i>

✓ **Intensidad de lluvia**

Como la estación meteorológica de la UNU, no cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas directamente, se logró estimarlas gracias al principio conceptual referentes a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, en base al hecho de que estos eventos de lluvias están asociados con celdas atmosféricas las cuales tiene propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas, para el presente estudio se empleó el modelo de Frederich Bell.

Intensidad máxima (mm/h) menores a una hora “Modelo Frederich Bell”.

T(años)	P. Max 24 Horas (Log Pearson)	P(T=10,t=60)	Duración en Minutos					
			5	10	15	20	30	60
200	218.59	51.58	310.71	232.55	189.54	162.17	128.63	84.45
100	206.92	49.16	269.73	201.87	164.54	140.78	111.67	73.31
50	194.49	46.56	230.48	172.50	140.59	120.29	95.42	62.64
40	190.30	45.68	218.22	163.32	133.12	113.90	90.34	59.31
30	184.73	44.51	202.70	151.71	123.65	105.80	83.92	55.09
25	181.10	43.74	193.02	144.47	117.75	100.75	79.91	52.46
20	176.54	42.77	181.36	135.74	110.63	94.66	75.08	49.29
10	161.33	39.53	146.37	109.55	89.28	76.39	60.59	39.78
5	143.89	35.76	113.21	84.73	69.06	59.09	46.87	30.77
2	113.77	29.11	71.49	53.50	43.61	37.31	29.59	19.43

Constantes calculadas con Regresión Múltiple

Resumen del Análisis de Regresión:	m	n
Constante de Regresión (d) = 482.175	0.3119	0.5324
Coeficiente de Regresión (n) = -0.532		
ln (K)= 5.1145		
K= 166.417		

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Para la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali-Pucallpa, se determinó la siguiente Ecuación IDF:

$$I \text{ (mm/hr)} = \frac{166.4172 \cdot T^{0.311906}}{t^{0.53238}}$$

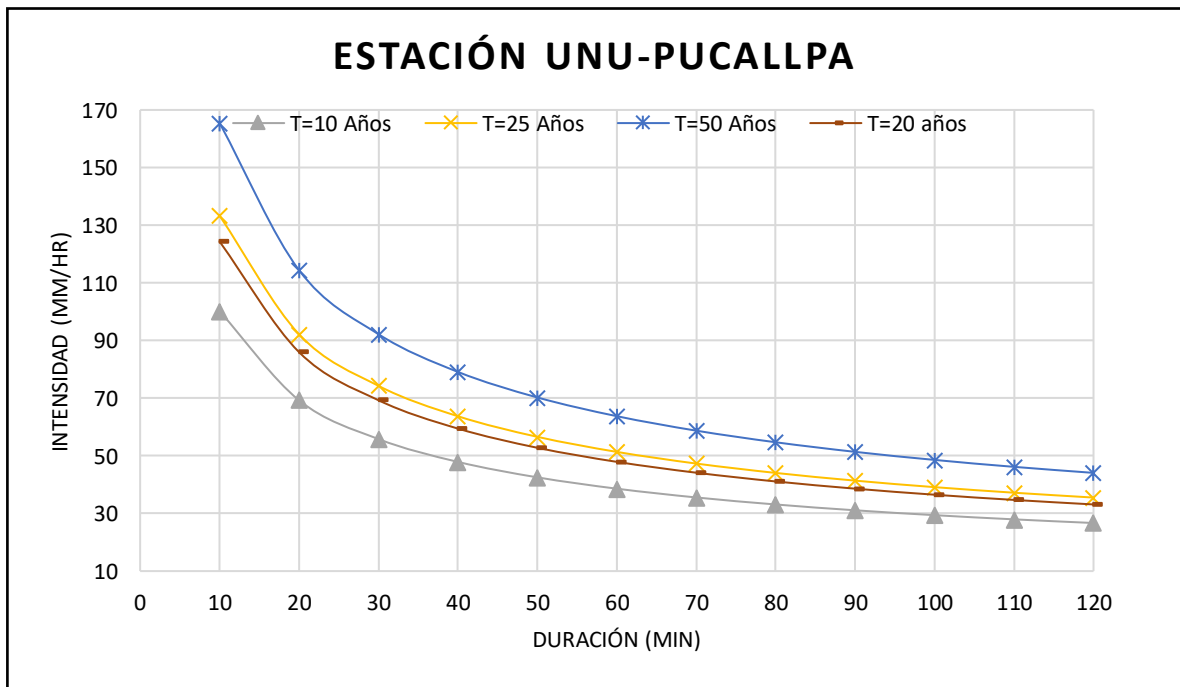
Los resultados obtenidos se y el grafico de la curva I-D-F se muestran a continuación.

Intensidades de diseño (mm/h).

Tabla de intensidades máximas (mm/h)-Estación UNU- Pucallpa

Periodo (T) años	Duración en minutos											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	60.63	41.92	33.78	28.99	25.74	23.36	21.52	20.04	18.82	17.80	16.92	16.15
5	80.69	55.79	44.96	38.57	34.25	31.09	28.64	26.67	25.05	23.68	22.51	21.49
10	100.17	69.26	55.81	47.88	42.52	38.59	35.55	33.11	31.10	29.40	27.94	26.68
20	124.34	85.97	69.28	59.44	52.78	47.90	44.13	41.10	38.60	36.49	34.69	33.12
25	133.30	92.17	74.27	63.73	56.59	51.35	47.31	44.06	41.38	39.13	37.19	35.51
30	141.10	97.56	78.62	67.45	59.90	54.36	50.08	46.64	43.80	41.41	39.37	37.58
40	154.35	106.72	86.00	73.79	65.52	59.46	54.78	51.02	47.92	45.30	43.06	41.11
50	165.48	114.41	92.20	79.11	70.25	63.75	58.72	54.69	51.37	48.57	46.17	44.08
100	205.41	142.03	114.45	98.20	87.20	79.13	72.90	67.90	63.77	60.29	57.31	54.71
200	254.99	176.30	142.07	121.90	108.24	98.23	90.49	84.28	79.16	74.84	71.14	67.92

CURVA INTENSIDAD – DURACIÓN - FRECUENCIA



Por lo tanto la intensidad de lluvia de diseño para un período de retorno de 10 años es de 38.59 mm/h

Anexo N° 02: Análisis de precios: Pavimento Convencional vs Pavimento Permeable.

PAVIMENTO CONVENCIONAL:

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto	0801002	DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			
Subpresupuesto	001	DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			
Ciente	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			Costo al	17/02/2020
Lugar	UCAYALI - CORONEL PORTILLO - CALLERIA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				14,253.65
01.01	CERCO DE MADERA PROVISIONAL	m	100.00	65.94	6,594.00
01.02	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	20.00	36.68	733.60
01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	800.70	5.62	4,499.93
01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	m2	800.70	3.03	2,426.12
02	DEMOLICION Y MOVIMIENTO DE TIERRA				12,444.62
02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	800.70	7.57	6,061.30
02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M	m3	240.21	15.81	3,797.72
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3	m3	312.27	8.28	2,585.60
03	PAVIMENTOS				76,394.89
03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	800.70	23.43	18,760.40
03.02	SOLERAS TIPO A 0.3MX1M	und	204.00	53.51	10,916.04
03.03	BASE GRANULAR DE 4" H : T (70%+30%) C/EQUIPO LIVIANO PARA PAVIMENTOS Y VEREDAS	m3	80.07	207.11	16,583.30
03.04	PAVIMENTO DE CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 (C:H)	m3	80.07	376.36	30,135.15
	COSTO DIRECTO				103,093.16
	GASTOS GENERALES (10%)				10,309.32
	UTILIDAD (10%)				10,309.32
	SUBTOTAL				123,711.80
	IGV (18%)				23,505.24
	TOTAL PRESUPUESTO				147,217.04

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0801002 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
 Subpresupuesto 001 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN AMBIENTES DE LA UN Fecha presupuesto 17/02/2020
 Partida 01.01 CERCO DE MADERA PROVISIONAL

Rendimiento m/DIA 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : m 65.94

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	18.91	1.01
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.1600	17.07	2.73
3.74						
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1500	5.00	0.75
0202010007	CLAVOS PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1500	5.00	0.75
0243570050	MADERA 2" X 3" PARA CERCO PERIMETRICO	p2		3.4000	4.50	15.30
0243570052	MADERA 2" X 4" PARA CERCO PERIMETRICO	p2		6.5300	4.50	29.39
0243670002	TABLA DE MADERA PARA CERCO	p2		5.3000	3.00	15.90
62.09						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.74	0.11
0.11						

Partida 01.02 ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANIA

Rendimiento m2/DIA 40.0000 EQ. 40.0000 Costo unitario directo por : m2 36.68

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	23.93	4.79
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.2000	18.91	3.78
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.2000	17.07	3.41
11.98						
Materiales						
0202010002	CLAVOS PARA MADERA C/C 2 1/2"	kg		0.1200	4.00	0.48
0202130021	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		0.0800	5.00	0.40
0243670002	TABLA DE MADERA PARA CERCO	p2		1.0000	3.00	3.00
0280010001	CALAMINA GALVANIZADA STANDAR (1.83m.x0.83m.x0.2ft und			0.9300	22.00	20.46
24.34						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	11.98	0.36
0.36						

Partida	01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL					
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		5.62	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.3200	17.07	5.46	5.46
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.46	0.16	0.16
Partida	01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO					
Rendimiento	m2/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		3.03	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0320	23.10	0.74	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0320	17.07	0.55	1.29
	Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0100	5.00	0.05	
0229030003	YESO EN BOLSAS DE 18 KG.	BOL		0.0140	15.00	0.21	
0230990007	CORDEL	m		0.1900	0.20	0.04	
0243100002	ESTACAS	p2		0.2000	3.00	0.60	0.90
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.29	0.04	
0349880001	EQUIPO TOPOGRAFICO	hm	1.0000	0.0320	25.00	0.80	0.84
Partida	02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO					
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2		7.57	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.91	1.51	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1600	17.07	2.73	4.24
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.24	0.13	
0349020095	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	
0349060056	MARTILLO NEUMATICO (PARA COMPRESORA)	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	3.33

Partida	02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M						
Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m3		15.81		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0800	17.07	1.37	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.37	0.04	
0349040097	RETROEXCAVADOR S/LLANTAS 110HP - 1.25Yd3		hm	1.0000	0.0800	180.00	14.40	
	14.44							
Partida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3						
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3		8.28		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.2000	0.0053	23.93	0.13	
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0533	17.07	0.91	
	1.04							
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.04	0.03	
0348110007	CAMION VOLQUETE 400HP DE 14 M3		hm	1.0000	0.0267	150.00	4.01	
0349040101	MINICARGADOR 0.65YD3 70HP		hm	1.0000	0.0267	120.00	3.20	
	7.24							
Partida	03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE						
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		23.43		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010004	PEON		hh	3.0000	0.9600	17.07	16.39	
	16.39							
	Materiales							
0239050000	AGUA		m3		0.0300	5.00	0.15	
	0.15							
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	16.39	0.49	
0349030075	COMPACTADORA TIPO SALTARIN		hm	1.0000	0.3200	20.00	6.40	
	6.89							

Parída	03.02	SOLERAS TIPO A 0.3MX1M					
Rendimiento	und/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por :	und	53.51	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.3200	23.93	7.66
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.3200	17.07	5.46
13.12							
Materiales							
0230990109	SOLERAS TIPO A DE 0.3MX1M		und		1.0000	40.00	40.00
40.00							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	13.12	0.39
0.39							
Parída	03.03	BASE GRANULAR DE 4" H : T (70%+30%) C/EQUIPO LIVIANO PARA PAVIMENTOS Y VEREDAS					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por :	m3	207.11	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.3333	23.93	7.98
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	18.91	12.61
0147010004	PEON		hh	6.0000	4.0000	17.07	68.28
88.87							
Materiales							
0204010011	TIERRA ROJA (ARCILLA - LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD)	m3			0.2600	60.00	15.60
0238000000	HORMIGON ZARANDEADO (PUERTO EN OBRA).	m3			1.0400	80.00	83.20
0239050000	AGUA	m3			0.0200	5.00	0.10
98.90							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	88.87	2.67
0349030074	COMPACTADOR VIBR. TIPO SALTARIN 4 HP		hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
19.34							

Partida	03.04	PAVIMENTO DE CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 (C:H)				
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m3	376.36	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	23.93	19.14
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.91	7.56
0147010004	PEON	hh	8.0000	3.2000	17.07	54.62
						81.32
Materiales						
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0000	24.50	171.50
0238000000	HORMIGON ZARANDEADO (PUESTO EN OBRA).	m3		1.3000	80.00	104.00
0239050000	AGUA	m3		0.2000	5.00	1.00
0243160053	REGLA DE MADERA	p2		0.0500	2.00	0.10
						276.60
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	81.32	2.44
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.4000	25.00	10.00
0349070051	REGLA VIBRATORIA 1 HP	hm	1.0000	0.4000	15.00	6.00
						18.44

METRADOS:

RESUMEN DE METRADO PAVIMENTO CONVENCIONAL							
PROYECTO	: "DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"						
PROPIETA	LOPEZ ALVARADO/LOYO TABOADA						
UBICACIÓN	UCAYALI- CRNL. PORTILLO - CALLERIA	FECHA:	FEBRERO-2020				
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	Nº DE	MEDIDAS			TOTAL
Nº	Descripción		VECES	LARGO	ANCHO	ALTURA	
01	OBRAS PRELIMINARES						
01.01	CERCO DE MADERA PROVISIONAL	m	1.00	100.00			100.00
01.02	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANA	m2	1.00	5.00	4.00		20.00
01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1.00	area =	800.70		800.70
01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	m2	1.00	area =	800.70		800.70
02	DEMOLICION Y MOVIMIENTO DE TIERRA						
02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	1.00	area =	800.70		800.70
02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M	m3	1.00	area =	800.70	0.30	240.21
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y	m3	1.00	312.27			312.27
03	PAVIMENTOS						
03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	1.00	area=	800.70		800.70
03.02	SOLEAS TIPO A 0.3Mx1M	und	1.00	204.00			204.00
03.03	BASE GRANULAR DE 4" H : T (70%+30%) C/EQUIPO LIVIANO PARA PAVIMENTOS Y VERI	m3	1.00	area=	800.70	0.10	80.07
03.04	PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO F'C= 175 KG/CM2 E=0.08M (C:H)	m3	1.00	area	800.70	0.10	80.07

PAVIMENTO PERMEABLE:

Presupuesto

Presupuesto **0801001 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

Subpresupuesto **001 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI** Costo al **15/02/2020**

Lugar **UCAYALI - CORONEL PORTILLO - CALLERIA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				14,253.65
01.01	CERCO DE MADERA PROVISIONAL	m	100.00	65.94	6,594.00
01.02	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	20.00	36.68	733.60
01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	800.70	5.62	4,499.93
01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	m2	800.70	3.03	2,426.12
02	DEMOLICION Y MOVIMIENTO DE TIERRA				12,444.62
02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	800.70	7.57	6,061.30
02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M	m3	240.21	15.81	3,797.72
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3	m3	312.27	8.28	2,585.60
03	PAVIMENTOS				104,735.51
03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	800.70	23.43	18,760.40
03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOSINTETICO IMPERMEABLE	m2	833.38	23.38	19,484.42
03.03	SOLERAS TIPO A 0.3MX1M	und	204.00	53.51	10,916.04
03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEGIDO 200g/r/m2 ENTUBERIA DE DRENAJE	m2	31.07	24.38	757.49
03.05	INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE RANURADA 4"	m	98.97	71.20	7,046.66
03.06	CONFORMACION DE SUB BASE GRANULAR CON GRAVA MEDIA DE 5CM E=0.15M	m3	120.11	132.60	15,926.59
03.07	CONFORMACION DE BASE GRANULAR CON GRAVA TAMAÑO MEDIO 1.25CM E=0.05M	m3	40.04	128.00	5,125.12
03.08	PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO F'C= 175 KG/CM2 E=0.08M (C:H)	m3	64.06	417.09	26,718.79
04	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE EN PAVIMENTOS				20,063.67
04.01	CORTE DE TERRENO MANUAL A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	23.46	40.19	942.86
04.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3	m3	34.86	8.28	288.64
04.03	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	33.52	23.43	785.37
04.04	SOLADO PARA CANALETAS DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON	m2	33.52	24.84	832.64
04.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANALETA	m2	170.63	54.08	9,227.67
04.06	ACERO GRADO 60 Fy=4200 Kg/cm EN CANALETA	kg	586.74	5.41	3,174.26
04.07	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON WATER STOP PROVISION Y COLOCACIÓN	m	29.40	38.48	1,131.31
04.08	CONCRETO EN CANALETAS F'C=175 KG/CM2 (C:H)	m3	9.75	377.53	3,680.92
	COSTO DIRECTO				151,497.45
	GASTOS GENERALES (10%)				15,149.75
	UTILIDAD (10%)				15,149.75
	SUBTOTAL				181,796.95
	IG V (18%)				34,541.42
	TOTAL PRESUPUESTO				216,338.37

SON : DOSCIENTOS DIECISEIS MIL TRESCIENTOS TRENTIOCHO Y 37/100 SOLES

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Página: 1

S10

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0801001 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSID
 Subpresupuesto 001 DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE Fecha presupuesto 15/02/2020
 Partida 01.01 CERCO DE MADERA PROVISIONAL

Rendimiento m/DIA 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : m 65.94

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	18.91	1.01
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.1600	17.07	2.73
3.74						
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1500	5.00	0.75
0202010007	CLAVOS PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1500	5.00	0.75
0243570050	MADERA 2" X 3" PARA CERCO PERIMETRICO	p2		3.4000	4.50	15.30
0243570052	MADERA 2" X 4" PARA CERCO PERIMETRICO	p2		6.5300	4.50	29.39
0243670002	TABLA DE MADERA PARA CERCO	p2		5.3000	3.00	15.90
62.09						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.74	0.11
0.11						

Partida 01.02 ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANIA

Rendimiento m2/DIA 40.0000 EQ. 40.0000 Costo unitario directo por : m2 36.68

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	23.93	4.79
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.2000	18.91	3.78
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.2000	17.07	3.41
11.98						
Materiales						
0202010002	CLAVOS PARA MADERA C/C 2 1/2"	kg		0.1200	4.00	0.48
0202130021	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		0.0800	5.00	0.40
0243670002	TABLA DE MADERA PARA CERCO	p2		1.0000	3.00	3.00
0280010001	CALAMINA GALVANIZADA STANDAR (1.83m.x0.83m.x0.26 und			0.9300	22.00	20.46
24.34						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	11.98	0.36
0.36						

Partida 01.03 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL

Rendimiento m2/DIA 50.0000 EQ. 50.0000 Costo unitario directo por : m2 5.62

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.3200	17.07	5.46
5.46						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.46	0.16
0.16						

Partida	01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO				
Rendimiento	m2/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		3.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
014700032	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0320	23.00	0.74
014701004	PEON	hh	1.0000	0.0320	17.07	0.55
1.29						
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0100	5.00	0.05
0229030003	YESO EN BOLSAS DE 18 KG.	BOL		0.0140	15.00	0.21
0230990007	CORDEL	m		0.1900	0.20	0.04
0243100002	ESTACAS	p2		0.2000	3.00	0.60
0.90						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.29	0.04
0349880001	EQUIPO TOPOGRAFICO	hm	1.0000	0.0320	25.00	0.80
0.84						
Partida	02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO				
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2		7.57
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	18.91	1.51
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1600	17.07	2.73
4.24						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.24	0.13
0349020095	COMPRESORA NEUMATICA	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60
0349060056	MARTILLO NEUMATICO (PARA COMPRESORA)	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60
3.33						
Partida	02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M				
Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m3		15.81
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0800	17.07	1.37
1.37						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.37	0.04
0349040097	RETROEXCAVADOR SILLANTAS 110HP - 1.25Yd3	hm	1.0000	0.0800	180.00	14.40
14.44						

Parida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3				
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3		8.28
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	0.2000	0.0053	23.93	0.13
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0533	17.07	0.91
						1.04
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.04	0.03
0348110007	CAMION VOLQUETE 400HP DE 14 M3	hm	1.0000	0.0267	150.00	4.01
0349040101	MINICARGADOR 0.65YD3 70HP	hm	1.0000	0.0267	120.00	3.20
						7.24
Parida	03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE				
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		23.43
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.9600	17.07	16.39
						16.39
Materiales						
0239050000	AGUA	m3		0.0300	5.00	0.15
						0.15
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.39	0.49
0349030075	COMPACTADORA TIPO SALTARIN	hm	1.0000	0.3200	20.00	6.40
						6.89
Parida	03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOSINTETICO IMPERMEABLE				
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2		23.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	23.93	1.91
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0800	17.07	1.37
						3.28
Materiales						
0272930011	GEOSINTETICO IMPERMEABLE	m2		1.0000	20.00	20.00
						20.00
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.28	0.10
						0.10

Partida	03.03	SOLERAS TIPO A 0.3MX1M					
Rendimiento	und/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : und		53.51	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	23.93	7.66	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.3200	17.07	5.46	
							13.12
Materiales							
0230990109	SOLERAS TIPO A DE 0.3MX1M	und		1.0000	40.00	40.00	
							40.00
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	13.12	0.39	
							0.39
Partida	03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEGIDO 200gr/m2 EN TUBERIA DE DRENAJE					
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2		24.38	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	23.93	1.91	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0800	17.07	1.37	
							3.28
Materiales							
0272930009	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 200 gr/m2	m2		1.0500	20.00	21.00	
							21.00
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.28	0.10	
							0.10
Partida	03.05	INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE RANURADA 4"					
Rendimiento	m/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m		71.20	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	23.93	23.93	
0147010004	PEON	hh	0.6000	0.6000	17.07	10.24	
							34.17
Materiales							
0272910100	ACCESORIOS PARA ACOPLE HDPE 4"	pza		1.0000	15.00	15.00	
0272930054	TUBERIA HDPE RANURADA D=4"	m		1.0500	20.00	21.00	
							36.00
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	34.17	1.03	
							1.03

Parida	03.06	CONFORMACION DE SUB BASE GRANULAR CON GRAVA MDIA DE 5CM E=0.15M						
Rendimiento	m3/DIA	200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m3	132.60			
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra								
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0400	23.93	0.96	
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.1600	17.07	2.73	
3.69								
Materiales								
0205110004	GRAVA 1" A 2"		m3		1.0000	120.00	120.00	
120.00								
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.69	0.11	
0349030076	RODILLO LISO VIBRATORIO DE 1-2 TN		hm	1.0000	0.0400	100.00	4.00	
0349040101	MINICARGADOR 0.65YD3 70HP		hm	1.0000	0.0400	120.00	4.80	
8.91								
Parida	03.07	CONFORMACION DE BASE GRANULAR CON GRAVA TAMAÑO MEDIO 1.25CM E=0.05M						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3	128.00			
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra								
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.0160	23.93	0.38	
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0320	17.07	0.55	
0.93								
Materiales								
0205000038	GRAVA DE 1/2"		m3		1.0000	120.00	120.00	
120.00								
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.93	0.03	
0349030076	RODILLO LISO VIBRATORIO DE 1-2 TN		hm	1.0000	0.0320	100.00	3.20	
0349040101	MINICARGADOR 0.65YD3 70HP		hm	1.0000	0.0320	120.00	3.84	
7.07								
Parida	03.08	PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO FC= 175 KG/CM2 E=0.08M (C:H)						
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m3	342.25			
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra								
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.4000	23.93	9.57	
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.4000	18.91	7.56	
0147010004	PEON		hh	6.0000	2.4000	17.07	40.97	
58.10								
Materiales								
0205000038	GRAVA DE 1/2"		m3		0.5758	120.00	69.10	
0205010035	ARENA		m3		0.0841	60.00	5.05	
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL		8.0000	24.50	196.00	
0229010093	ADITIVO PLASTIFICANTE RETARDADOR		gln		0.0576	30.00	1.73	
0239050000	AGUA		m3		0.0875	5.00	0.44	
0243160053	REGLA DE MADERA		p2		0.0500	2.00	0.10	
272.41								
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	58.10	1.74	
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.4000	25.00	10.00	
11.74								

Partida	04.01	CORTE DE TERRENO MANUAL A NIVEL DE SUB RASANTE						
Rendimiento	m3/DIA	7.0000	EQ. 7.0000	Costo unitario directo por : m3	40.19			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0147010004	PEON	hh	2.0000	2.2857	17.07	39.02		
						39.02		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	39.02	1.17		
						1.17		
Partida	04.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y VOLQUETE DE 14M3						
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3	8.28			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	0.2000	0.0053	23.93	0.13		
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0533	17.07	0.91		
						1.04		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.04	0.03		
0348110007	CAMION VOLQUETE 400HP DE 14 M3	hm	1.0000	0.0267	150.00	4.01		
0349040101	MINICARGADOR 0.65YD3 70HP	hm	1.0000	0.0267	120.00	3.20		
						7.24		
Partida	04.03	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE						
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2	23.43			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.9600	17.07	16.39		
						16.39		
	Materiales							
0239050000	AGUA	m3		0.0300	5.00	0.15		
						0.15		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.39	0.49		
0349030075	COMPACTADORA TIPO SALTARIN	hm	1.0000	0.3200	20.00	6.40		
						6.89		

Partida	04.04 SOLADO PARA CANALETAS DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON					
Rendimiento	m2/DIA	150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m2	24.84	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	23.93	1.28
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	18.91	1.01
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.3200	17.07	5.46
						7.75
Materiales						
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		0.3000	24.50	7.35
0238000000	HORMIGON ZARANDEADO (PUESTO EN OBRA).	m3		0.0975	80.00	7.80
0239050000	AGUA	m3		0.0150	5.00	0.08
0243160052	REGLA DE MADERA	p2		0.1500	2.00	0.30
						15.53
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.75	0.23
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.0533	25.00	1.33
						1.56
Partida	04.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANALETA					
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2	54.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	23.93	15.95
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.91	12.61
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.3333	17.07	5.69
						34.25
Materiales						
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.2000	5.00	1.00
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1700	5.00	0.85
0243100005	MADERA PARA ENCOFRADO	p2		5.6500	3.00	16.95
						18.80
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	34.25	1.03
						1.03

Partida	04.06	ACERO GRADO 60 Fy=4200 Kg/cm EN CANALETA						
Rendimiento	kg/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg		5.41		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	23.93	0.77		
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.91	0.61		
						1.38		
	Materiales							
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0500	5.00	0.25		
0202970002	ACERO DE REFUERZO Fy=4200Kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	3.50	3.68		
0239060013	HOJA DE SIERRA P/CORTAR FIERRO	und		0.0100	6.00	0.06		
						3.99		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.38	0.04		
						0.04		
Partida	04.07	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON WATER STOP PROVISION Y COLOCACIÓN						
Rendimiento	m/DIA	48.0000	EQ. 48.0000	Costo unitario directo por : m		38.48		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.1667	23.93	3.99		
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.1667	17.07	2.85		
						6.84		
	Materiales							
0229120067	WATER STOP DE 4"	m		1.0500	30.00	31.50		
						31.50		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	6.84	0.14		
						0.14		
Partida	04.08	CONCRETO EN CANALETAS F'C=175 KG/CM2 (C:H)						
Rendimiento	m3/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m3		377.53		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	23.93	12.76		
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	18.91	10.08		
0147010004	PEON	hh	6.0000	3.2000	17.07	54.62		
						77.46		
	Materiales							
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0000	24.50	171.50		
0238000000	HORMIGON ZARANDEADO (PUERTO EN OBRA).	m3		1.3000	80.00	104.00		
0239050000	AGUA	m3		0.1840	5.00	0.92		
						276.42		
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	77.46	2.32		
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.5333	25.00	13.33		
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.5333	15.00	8.00		
						23.65		

METRADOS

RESUMEN DE METRADO PAVIMENTO PERMEABLE

PROYEC "DETERMINACION Y EVALUACION DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"
PROPIET LOPEZ ALVARADO/LOYO TABOADA
UBICACION UCAYALI- CRNL. PORTILLO - CALLERIA FECHA: FEBRERO,2020

PARTIDA N°	ESPECIFICACIONES	UND	N° DE	MEDIDAS			TOTAL
			VECES	LARGO	ANCHO	ALTURA	
	Descripción						
01	OBRAS PRELIMINARES						
01.01	CERCO DE MADERA PROVISIONAL	m	1.00	100.00			100.00
01.02	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANA	m2	1.00	5.00	4.00		20.00
01.03	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1.00	area =	800.70		800.70
01.04	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	m2	1.00	area =	800.70		800.70
02	DEMOLICION Y MOVIMIENTO DE TIERRA						
02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	1.00	area =	800.70		800.70
02.02	CORTE DE MATERIAL ORGANICO PARA PAVIMENTO E=0.3M	m3	1.00	area =	800.70	0.30	240.21
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y	m3	1.00	312.27			312.27
03	PAVIMENTOS						
03.01	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	1.00	area=	800.70		800.70
03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOSINTETICO IMPERMEABLE	m2	1.00	area =	833.38		833.38
03.05	INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA PVC SAP 4"	m	1.00	98.97			98.97
03.06	CONFORMACION DE SUB BASE GRANULAR CON GRAVA MDIA DE 5CM E=0.15M	m3	1.00	area	800.70	0.15	120.11
03.07	CONFORMACION DE BASE GRANULAR CON GRAVA TAMALO MEDIO 1.25CM E=0.05M	m3	1.00	area	800.70	0.05	40.04
03.08	PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO F'C= 175 KG/CM2 E=0.08M (C:H)	m3	1.00	area	800.70	0.08	64.06
04	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE EN PAVIMENTOS						
04.01	CORTE DE TERRENO MANUAL A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	1.00	60.94	0.55	0.70	23.46
04.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO D=15Km. USANDO CARGADOR Y	m3	1.00	60.94	0.55	0.80	34.86
04.03	COMPACTACION Y CONFORMACION DE SUB-RASANTE	m2	1.00	60.94	0.55		33.52
04.04	SOLADO F'C=140 KG/CM2	m2	1.00	60.94	0.55		33.52
04.05	ENCOFRADO	m2	4.00	60.94	0.70		170.63
04.06	ACERO CORRUGADO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	kg	1.00	586.74			586.74
04.07	JUNTA DE CONSTRUCCION CON WATER STOP	M	1.00	29.40			29.40
04.08	CONCRETO EN CANALETAS F'C=175 KG/CM2 (C:H)	m3	1.00	area=	0.16	60.94	9.75

DISCUSIÓN DE VIABILIDAD:

De los costos mostrados podemos asumir ratios por m² para un área de pavimento de 639.2 m².

Costo directo de pav-permeable incluido canaleta = s/.151,497.45

Costo directo de pav-convencional = s/. 103,093.16

Ratio de pav-permeable por m² = $\frac{151497.45}{639.2} = 237.01 \text{ soles/m}^2$

Ratio de pav-convencional por m² = $\frac{103,093.16}{639.2} = 161.285 \text{ soles/m}^2$

En función a la comparación de costes de ambos pavimentos, pudimos relacionar unidades y obtener costes por m², notamos que hay una diferencia de **s/.75.725** siendo el pavimento permeable 47% más costoso que el pavimento convencional.

Anexo N° 03 Ficha técnica del cemento y el aditivo que se emplearon.

Ficha Técnica del Cemento. ANDINO TIPO I

Propiedades físicas y químicas			
Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C ₂ S	%	15.53	No específica
C ₃ S	%	57.35	No específica
C ₃ A	%	7.50	No específica
C ₄ AF	%	10.61	No específica
Álcalis Equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
Resistencia a los Sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días
*Requisito opcional			

Ficha Técnica del Aditivo Plastificante. CHEMAPLAST

VENTAJAS	<p>El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos con alta densidad de armadura sin necesidad de aumentar la relación agua / cemento.- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.- No contiene cloruros.- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹.
USOS	<p>Como reductor de agua y plastificante en:</p> <ul style="list-style-type: none">- En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.- En concreto caravista.- En concretos pretensados y post-tensados.- En obras hidráulicas.- En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.- En concretos para pavimentos y puentes.- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.- En concretos de reparación en general.- En construcciones frente al mar se recomienda utilizarlo desde los cimientos, en el concreto de techos, vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo.- En esculturas de concreto.

Anexo N° 03: Constancias de Realización de Ensayos de Laboratorio.



UCA YALI

GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
Telf. 59-2880 - Cel. 954953681 – 961705732 – RUC N° 20393270668
Correo Electrónico hsmojalott2@hotmail.com -geoservpuc@hotmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE GEOTECNIA, MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTO Y ENSAYOS DE MATERIALES

CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE GEOTECNIA, MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTO Y ENSAYOS GEOSERV.

CERTIFICA:

Que los Sres. RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO, con DNI 44806273, ANDERSON LOYO TABOADA, con DNI 48216926, Bachilleres en Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali; han realizado ensayos de laboratorio para investigación de la Tesis cuyo tema es "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCA YALI", del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- 24 pruebas de resistencia a la compresión.

Se expide el presente certificado a solicitud de los interesados para los fines que sea convenientes.

GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

HEISTMEN SILVA TAJI ALOTT
REPRESENTANTE LEGAL

PUCALLPA 2019



UCA YALI

GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
Telf. 59-2880 - Cel. 954953681 – 961705732 – RUC N° 20393270668
Correo Electrónico hsmojalott2@hotmail.com -geoservpuc@hotmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE GEOTECNIA, MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTO Y ENSAYOS DE MATERIALES

CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE GEOTECNIA, MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTO Y ENSAYOS GEOSERV.

CERTIFICA:

Que los Sres. RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO, con DNI 44806273, ANDERSON LOYO TABOADA, con DNI 48216926, Bachilleres en Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali; han realizado ensayos de laboratorio para investigación de la Tesis cuyo tema es "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCA YALI", del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- 01 Ensayo de contenido de humedad para agregados (Grueso-Fino)
- 01 Determinación peso unitario de los agregados (Grueso-Fino)
- 01 Ensayo de granulometría para agregados (Grueso-Fino)
- 01 Ensayo de peso específico y absorción para agregados (Grueso-Fino)
- 01 Ensayo equivalente de arena
- 01 Ensayo de desgaste los Ángeles del agregado grueso
- 01 Ensayos químicos (Cloruro, solubles y sulfatos)

Se expide el presente certificado a solicitud de los interesados para los fines que sea convenientes.

GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

HEISTHEN SILVA MOJALOTT
REPRESENTANTE LEGAL

PUCALLPA 2019

Anexo N° 04: Informes de Ensayos de Caracterización

Contenido de Humedad del agregado fino



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo Del Aguila N°728 - Pucallpa
 Telf. 59-2880 - Cel. 961971920 - 961705732 - RPM # 732669 - RUC N° 20393270668
 Correo Electrónico hsmojaloti2@hotmail.com - geoservpuc@hotmail.com

UCAYALI

Proyecto: DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Muestra: CANTERA DE RIO PACHITEA - ARENA

Para Uso: TESIS "UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Fecha: 21/06/2019

HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

LATA	18	19	20
PESO DE LATA grs	34.76	32.98	36.90
PESO DEL AGREGADO FINO HUMEDO + LATA grs	198.26	196.15	194.65
PESO DEL AGREGADO FINO SECO + LATA grs	191.80	189.60	190.00
PESO DEL AGUA grs	6.46	6.55	4.65
PESO DEL AGREGADO FINO SECO grs	157.04	156.62	153.10
% DE HUMEDAD	4.11	4.18	3.04
PROMEDIO % DE HUMEDAD	3.8		

PESO ESPECÍFICO : ASTM D - 854

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+AGREGADO FINO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO AGREGADO FINO SECO				grs.
PESO AGREGADO FINO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL AGREGADO FINO				cm3
PESO ESPECÍFICO				grs./cm3
PROMEDIO				grs./cm3

PESO VOLUMETRICO : ASTM D - 2937

LATA	1	2	3
PESO DE MOLDE grs			
PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE grs			
PESO DEL AGREGADO FINO SECO grs			
VOLUMEN DEL MOLDE cm3			
PESO UNITARIO grs/cm3			
PROMEDIO grs/cm3			

GEOSERV E.I.R.L.

 Carlos M. García Palma
 TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Contenido de Humedad del agregado grueso



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo Del Aguila N°738 - Pucallpa
Telf. 59-2880 - Cel. 961971920 - 961705732 - RPM # 732669 - RUC N° 20393270668

UCAYALI

Proyecto: DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Muestra: CANTERA DE RÍO PACHITEA - GRUESO
Para Uso: TESIS "UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"
Fecha: 21/06/2019

HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

LATA	18	19	20
PESO DE LATA grs	34.76	32.98	36.90
PESO DEL AGREGADO GRUESO HUMEDO + LATA grs	198.26	196.15	194.65
PESO DEL AGREGADO GRUESO SECO + LATA grs	196.10	194.10	192.90
PESO DEL AGUA grs	2.16	2.05	1.75
PESO DEL AGREGADO GRUESO SECO grs	161.34	161.12	156.00
% DE HUMEDAD	1.34	1.27	1.12
PROMEDIO % DE HUMEDAD	1.24		

PESO ESPECÍFICO : ASTM D - 854

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+AGREGADO GRUESO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO AGREGADO GRUESO SECO				grs.
PESO AGREGADO GRUESO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO				cm3
PESO ESPECÍFICO				grs./cm3
PROMEDIO				grs./cm3

PESO VOLUMETRICO : ASTM D - 2937

LATA	1	2	3
PESO DE MOLDE grs			
PESO DEL AGREGADO GRUESO + MOLDE grs			
PESO DEL AGREGADO GRUESO SECO grs			
VOLUMEN DEL MOLDE cm3			
PESO UNITARIO grs/cm3			
PROMEDIO grs/cm3			

GEOSERV E.I.R.L.
Carlos H. García Palma
TEC. LABORATORISTA

Cuf
Carlos A. Godier del Castillo
Ingeniero Civil
CIP 47749
GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

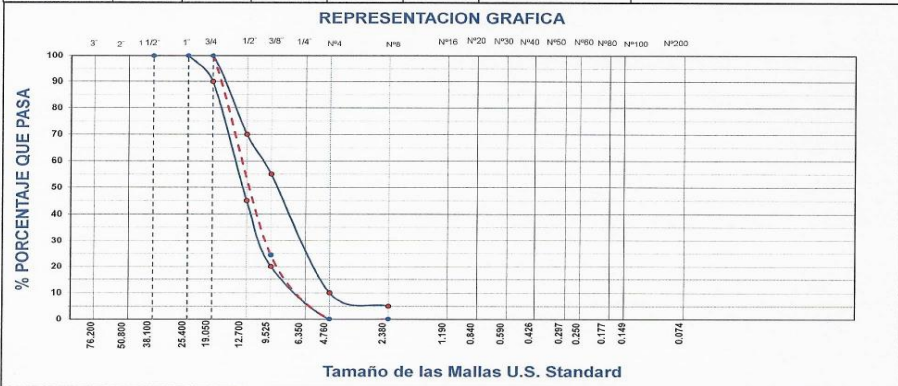
Análisis granulométrico del agregado grueso



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 720 - Pucallpa
Telf. 59-2880 - Cel. 954953681 - 9811705732 - RPM #954953681- RUC N° 20393270668

UCAYALI		ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO				ASTM 136-93	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
Obra :		"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"				Realizado Por : Carlos García P. Ing. Responsable : Carlos A. Godier del C. Fecha : 21 de junio del 2019	
DATOS DE LA MUESTRA							
Material:		Piedra (agregado grueso)		Uso: Agregado para concreto			
Ubicación de la Muestra:		Cantera Rio Pachitca		N° Muestra : m-01			
Tamaño Máximo:		1"		Peso de la Muestra Húmeda:		gr.	
Peso de la Muestra Seca:		7852 gr.		Contenido de Humedad:		%	
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	ESPECIFICACIONES ASTM -C33	CON LOS REQUERIMIENTOS TECNICO
3"	76.200						CUMPLE
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.0	100	100
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100
1/2"	12.700	3291.6	41.9	41.9	58.1	45	70
3/8"	9.525	2650.0	33.8	75.7	24.3	20	55
Nº4	4.760	1910.0	24.3	100.0	0.0	0	10
Nº8	2.380	0.0	0.0	100.0	0.0	0	5
Nº16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0		
Nº30	0.590						
Nº50	0.297						
Nº100	0.149						
Nº200	0.074						
Pasa							



GEOSERV E.I.R.L.
Carlos H. García Paimán
Carlos H. García Paimán
TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
Carlos A. Godier del Castillo
Ingeniero Civil
CIP 47749
GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Análisis granulométrico del agregado fino



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
 Telf. 59-2880 - Cel. 954953681 - 951705732 - RPM #954953681- RUC N° 20393270668

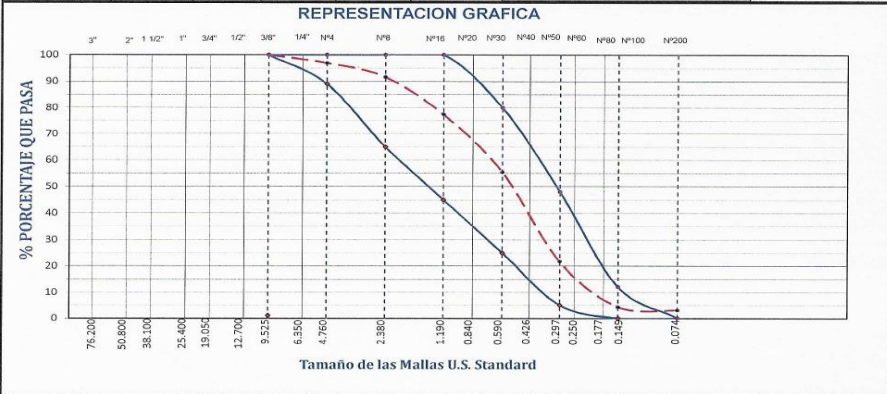
UCAYALI **ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**
 ASTM 136-93 MTC E 204
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proyecto: "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"
 Realizado Por: Carlos García P.
 Ing. Responsable: Carlos A. Godier del C.
 Fecha: 21 de junio del 2019

DATOS DE LA MUESTRA

Material: Arena (agregado fino) Uso: Agregado para concreto
 Ubicación de la Muestra: Cantera Rio Pachitea N° Muestra: m-01
 Tamaño Máximo: N°4 Peso de la Muestra Húmeda: gr.
 Paso de la Muestra Seca: 1156.0 gr. Contenido de Humedad: %


Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	CON LOS REQUERIMIENTOS DEL EXPEDIENTE TECNICO	
2"	50.800					Modulo Fineza: 2.53 De acuerdo a las E.Tec. minimo : 2.3 y maximo : 3.1	
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0	CUMPLE ESPECIFICACIONES	
N°4	4.760	35.9	3.1	3.1	96.9		3/8" : 100 - 100
N°8	2.380	60.9	5.3	8.4	91.6		N°4 : 89 - 100
N°16	1.190	165.2	14.3	22.7	77.3		N°8 : 65 - 100
N°30	0.590	253.6	21.9	44.6	55.4		N°16 : 45 - 100
N°50	0.297	390.5	33.8	78.4	21.6		N°30 : 25 - 80
N°100	0.149	200.4	17.3	95.7	4.3		N°50 : 5 - 48
N°200	0.074	15.3	1.3	97.0	3.0		N°100 : 0 - 12
Pasa		34.2	3.0	100.0	0.0		N°200 : 0 - 0



GEOSERV E.I.R.L.
 Carlos H. García Palma
 TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Ensayo del Equivalente de Arena

 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L Jr. Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa Telef. 59-2880 - Cel. 954953681 - 961705732 - RPM # 954953681 - RUC N° 20393270668 Correo Electrónico hanoja@ot2@hotmail.com - geoservpu@hotmial.com
UCAYALI
EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Proyecto: "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI" Solicitante: BACH. ANDERSON LOYO TABOADA - BACH. RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO Hecho por: Carlos Garcia P. 1g. Responsable: C.A.G.C. Fecha: 22/06/2019

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	11:30	11:32	11:34
4	Hora de Salida	11:40	11:42	11:44
5	Hora de Entrada	11:42	11:44	11:46
6	Hora de Salida	12:02	12:04	12:06
7	Altura Maxima de Material Fino	16.00	16.50	16.50
8	Altura Maxima de la Arena	2.20	2.00	2.10
9	Equivalente de Arena (%)	13.8	12.1	12.7
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	13.0		
11	ESPECIFICACION:	MINIMA:	35.0%	OK

OBSERVACIONES :

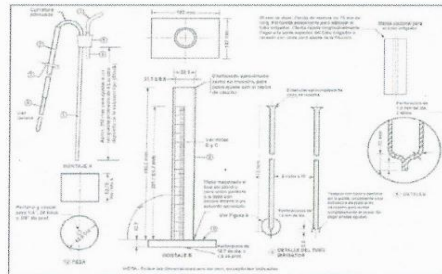


Figura 1: Aparato de Ensayo de equivalente de arena

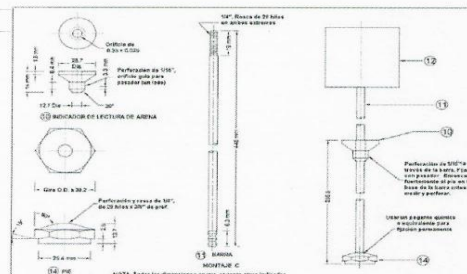


Figura 2 - Dispositivo de pie pesado del método de ensayo ASTM D 2419-69

GEOSERV E.I.R.L.
 Carlos H. Garcia Palma
 TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Gotier del Castillo
Carlos A. Gotier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Peso específico del agregado fino



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
Telf. 59-2880 - Cel. 954953081 - 961705732 - RUC N° 20393270668

PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADO FINO

Obra: "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Solicitante: BACH. ANDERSON LOYO TABOADA - BACH. RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO

Por: Carlos Garcia P.

able: Carlos A. Godier del Castillo

Fecha: 22 de junio del 2019

AGREGADO GRUESO

IDENTIFICACIÓN				
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)			
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)			
C	Vol. de Masas + Vol. de Vacios = A-B			
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°)			
E	Vol. de Masa = C - (A-D)			
	Pe Bulk (Base seca) =D/C			
	Pe Bulk (Base Saturada) =A/C			
	Pe Aparente (Base seca) = D/E			
	% Absorción =((A-D) / D) x 100			

AGREGADO FINO

IDENTIFICACIÓN					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	500.0	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + H2O	666.8	667.8	667.9	
C	Peso Frasco + H2O + A	1166.8	1167.8	1167.9	
D	Peso Mat. + H2O en el Frasco	974.3	974.3	974.3	
E	Vol. Masa + Vol. Vacios = C - D	192.5	193.5	193.6	
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°)	492.2	492.3	492.2	Promedio
G	Vol. de Masa = E - (A-F)	184.7	183.8	183.8	
	Pe Bulk (Base seca) = F/E	2.557	2.544	2.542	2.548
	Pe Bulk (Base Saturada) =A/E	2.597	2.584	2.583	2.588
	Pe Aparente (Base seca) = F/G	2.665	2.650	2.649	2.655
	% Absorción =((A-F) / F) x 100	1.58	1.56	1.58	1.58

GEOSERV E.I.R.L.

Carlos H. Garcia Palma
TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
Ingeniero Civil
CIP 47749
GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Peso específico del agregado grueso



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
 Telf. 69-2880 - Cel. 954953681 - 981705732 - RUC N° 20393270688
 Correo Electrónico hsmojalot2@hotmail.com - geoservpuco@hotmail.com

PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADO GRUESO

Obra:

"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Solicitante: BACH. ANDERSON LOYO TABOADA - BACH. RONY MANUEL LOPEZ ALVARADO

Por: Carlos García P.

Ing. Responsable: Carlos A. Godier del Castillo

Fecha: 22 de junio del 2019

AGREGADO GRUESO					
IDENTIFICACIÓN					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	1352.5	1365.6	1394.2	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)	864.2	863.7	860.3	
C	Vol. de Masas + Vol. de Vacíos = A-B	488.3	501.9	533.9	
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°)	1340.5	1353.2	1381.7	Promedio
E	Vol. de Masa = C - (A-D)	476.3	489.5	521.4	
	Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.745	2.696	2.588	2.676
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.770	2.721	2.611	2.701
	Pe Aparente (Base seca) = D/E	2.814	2.764	2.650	2.743
	% Absorción = ((A-D) / D) x 100	0.90	0.92	0.90	0.91

AGREGADO FINO					
IDENTIFICACIÓN					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)				
B	Peso Frasco + H2O				
C	Peso Frasco + H2O + A				
D	Peso Mat. + H2O en el Frasco				
E	Vol. Masa + Vol. Vacíos = C - D				
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°)				
G	Vol. de Masa = E - (A-F)				
	Pe Bulk (Base seca) = F/E				
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E				
	Pe Aparente (Base seca) = F/G				
	% Absorción = ((A-F) / F) x 100				

GEOSERV E.I.R.L.

 Carlos H. García Palma
 TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Peso unitario del agregado grueso



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
 Telf. 59-2880 - Cel. 964953681 - 961705732 - RUC N° 20393270668
 Correo Electrónico hsmoyacotz@hotmail.com - geoservpuco@hotmail.com

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Obra: "DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Solicitante: BACH. ANDERSON LOYO TABOADA - BACH. RONY MANUEL LOPEZ

Hecho Por: Carlos Garcia P.

Ing. Responsable: Carlos A. Godier del Castillo

Fecha: 22 de junio del 2019

Peso Unitario Suelto : 1.399 Kg./m³

Peso Unitario Compactado : 1.664 Kg./m³

PESO UNITARIO SUELTO			
Peso de la muestra + Molde	10688	10682	10741
Peso del Molde	3290	3290	3290
Peso neto de la Muestra	7398	7392	7451
Volumen del Molde	5301	5301	5301
Peso Unitario	1.396	1.394	1.406
Promedio	1.399		

PESO UNITARIO COMPACTADO			
Peso de la muestra + Molde	12165	12090	12075
Peso del Molde	3290	3290	3290
Peso neto de la Muestra	8875	8800	8785
Volumen del Molde	5301	5301	5301
Peso Unitario	1.674	1.660	1.657
Promedio	1.664		

OBSERVACIONES:

GEOSERV E.I.R.L.

 Carlos M. Garrido
 TEP 100

Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Peso unitario del agregado fino



GEOSERV-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila # 728 - Pucallpa
 Telf. 69-2880 - Cel. 954953681 - 961705732 - RUC N° 20393270668

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADO FINO

Obra:

"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI"

Solicitante: BACH. ANDERSON LOYO TABOADA - BACH. RONY MANUI

Hecho Por: Carlos Garcia P.

Ing. Responsable: Carlos A. Godier del Castillo

Fecha: 22 de junio del 2019

Peso Unitario Suelto : 1.447 Kg. m³

Peso Unitario Compactado : 1.629 Kg. m³

PESO UNITARIO SUELTO			
Peso de la muestra + Molde	10940	10970	10965
Peso del Molde	3290	3290	3290
Peso neto de la Muestra	7650	7680	7675
Volumen del Molde	5301	5301	5301
Peso Unitario	1.443	1.449	1.448
Promedio	1.447		

PESO UNITARIO COMPACTADO			
Peso de la muestra + Molde	11930	11905	11945
Peso del Molde	3290	3290	3290
Peso neto de la Muestra	8640	8615	8655
Volumen del Molde	5301	5301	5301
Peso Unitario	1.630	1.625	1.633
Promedio	1.629		

OBSERVACIONES:

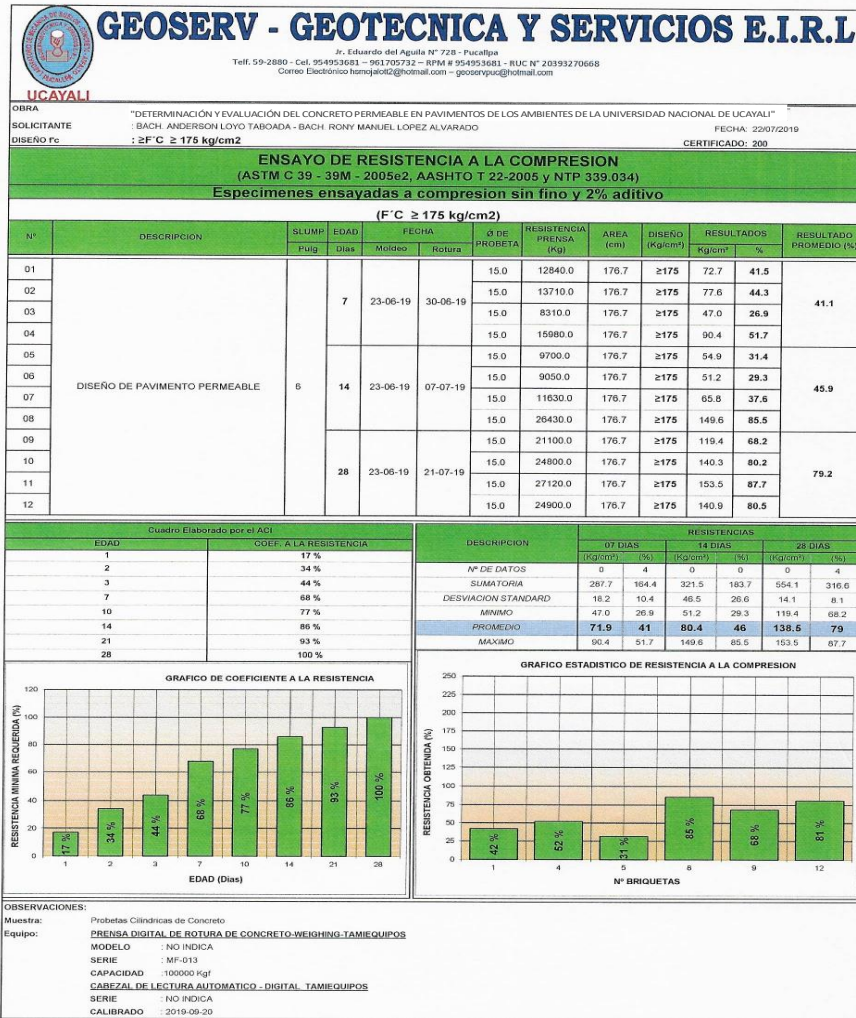
GEOSERV E.I.R.L.

 Carlos H. Garcia Palma
 TEC. LABORATORISTA

Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Anexo N°05: Informe de Ensayo a Compresión y panel fotográfico

Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de la mezcla con 0% finos y 2% aditivo plastificante.



Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de la mezcla con 10% finos y 2% aditivo plastificante

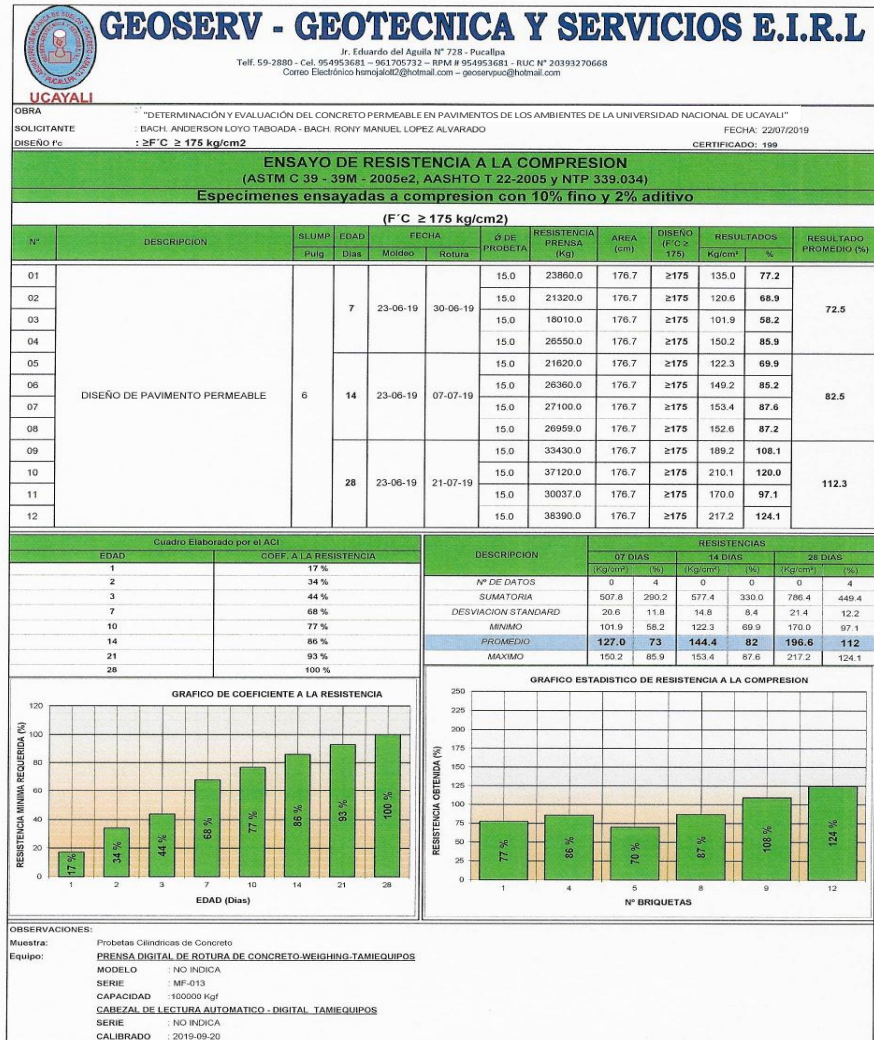


Foto N°01 Testigos sometidos a ensayo de compresión



Foto N°02 Rompimiento de probetas con la compresora.



Foto N°03 Probeta sometida a esfuerzo de compresión y su posterior falla por corte en la base, a los 28 días de edad.



Foto N°04 Probeta sometida a esfuerzo de compresión y su posterior falla por corte y fisura de conos mal formados, a los 14 días de edad



Foto N° 05 Apertura de la máquina de los ángeles, para el ensayo de abrasión del agregado grueso.



Foto N° 06 Colocación del agregado grueso en la máquina los ángeles

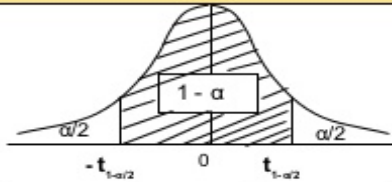


Foto N° 07 Colocación de las esferas de acero para iniciar las revoluciones en la maquina los ángeles



Anexo N° 06: Tabla t – STUDENT, empleada en el análisis estadístico.

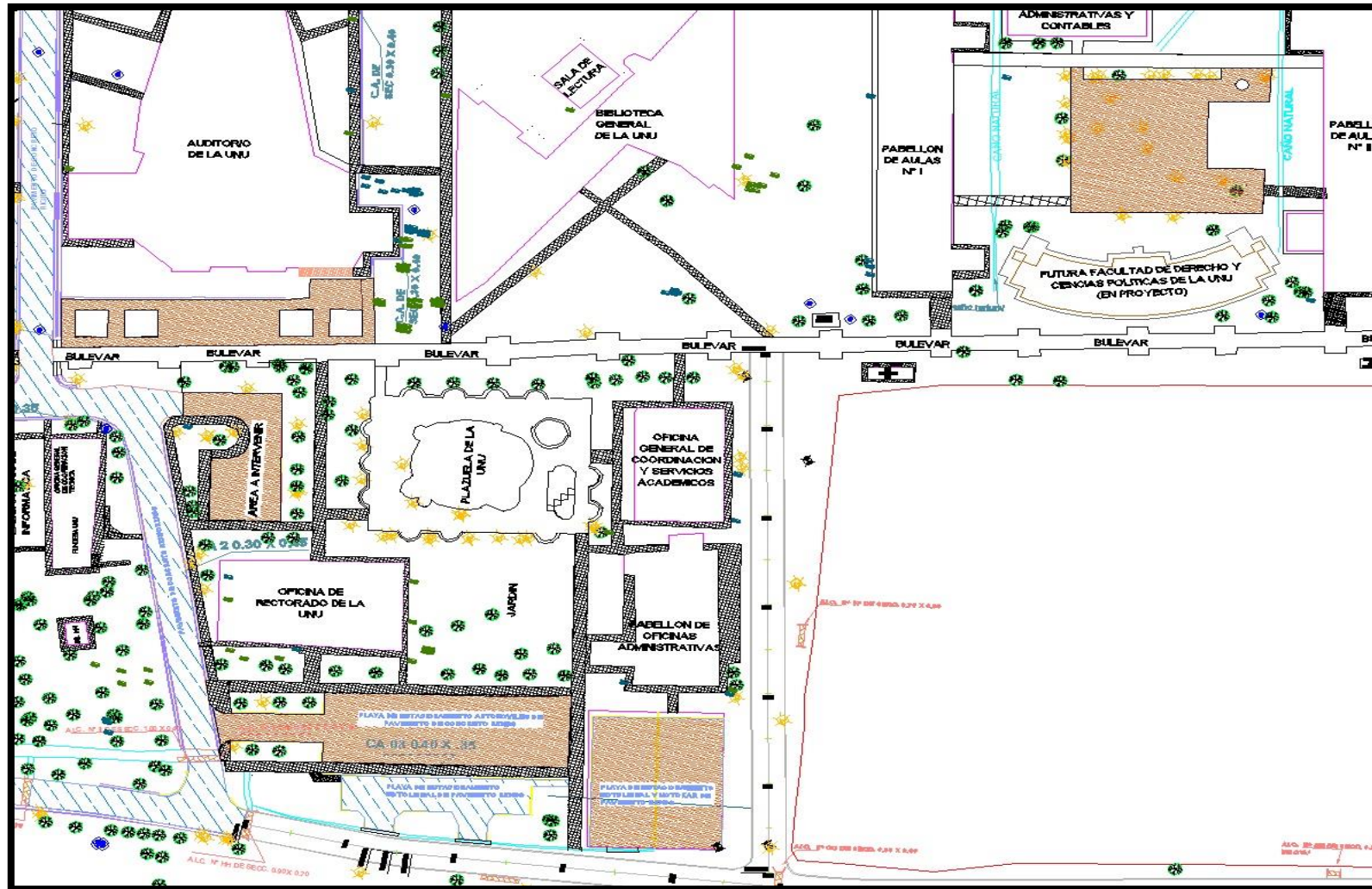
TABLA IV: Tabla de la Distribución T Student con v Grados de Libertad - Valor Critico $t_{1-\alpha/2}$



α	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
$1-\alpha$	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999
v	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$	$t_{0,9975}$	$t_{0,999}$	$t_{0,9995}$
1	6,314	12,71	31,82	63,66	127,3	318,3	636,6
2	2,920	4,303	6,965	9,925	14,09	22,33	31,60
3	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	10,21	12,92
4	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	7,173	8,610
5	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	5,893	6,869
6	1,943	2,447	3,143	3,707	4,317	5,208	5,959
7	1,895	2,365	2,998	3,499	4,029	4,785	5,408
8	1,860	2,306	2,896	3,355	3,833	4,501	5,041
9	1,833	2,262	2,821	3,250	3,690	4,297	4,781
10	1,812	2,228	2,764	3,169	3,581	4,144	4,587
11	1,796	2,201	2,718	3,106	3,497	4,025	4,437
12	1,782	2,179	2,681	3,055	3,428	3,930	4,318
13	1,771	2,160	2,650	3,012	3,372	3,852	4,221
14	1,761	2,145	2,624	2,977	3,326	3,787	4,140
15	1,753	2,131	2,602	2,947	3,286	3,733	4,073
16	1,746	2,120	2,583	2,921	3,252	3,686	4,015
17	1,740	2,110	2,567	2,898	3,222	3,646	3,965
18	1,734	2,101	2,552	2,878	3,197	3,610	3,922
19	1,729	2,093	2,539	2,861	3,174	3,579	3,883
20	1,725	2,086	2,528	2,845	3,153	3,552	3,850
21	1,721	2,080	2,518	2,831	3,135	3,527	3,819
22	1,717	2,074	2,508	2,819	3,119	3,505	3,792
23	1,714	2,069	2,500	2,807	3,104	3,485	3,768
24	1,711	2,064	2,492	2,797	3,091	3,467	3,745
25	1,708	2,060	2,485	2,787	3,078	3,450	3,725
26	1,706	2,056	2,479	2,779	3,067	3,435	3,707
27	1,703	2,052	2,473	2,771	3,057	3,421	3,690
28	1,701	2,048	2,467	2,763	3,047	3,408	3,674
29	1,699	2,045	2,462	2,756	3,038	3,396	3,659
30	1,697	2,042	2,457	2,750	3,030	3,385	3,646
40	1,684	2,021	2,423	2,704	2,971	3,307	3,551
50	1,676	2,009	2,403	2,678	2,937	3,261	3,496
60	1,671	2,000	2,390	2,660	2,915	3,232	3,460
70	1,667	1,994	2,381	2,648	2,899	3,211	3,435
80	1,664	1,990	2,374	2,639	2,887	3,195	3,416
90	1,662	1,987	2,368	2,632	2,878	3,183	3,402
100	1,660	1,984	2,364	2,626	2,871	3,174	3,390
200	1,653	1,972	2,345	2,601	2,838	3,131	3,340
500	1,648	1,965	2,334	2,586	2,820	3,107	3,310
∞	1,645	1,960	2,326	2,576	2,807	3,090	3,291

Anexo N° 07 Sectores de la UNU donde se puede aplicar pavimento permeable.

Los sectores propuestos están sombreados de color anaranjado.



Anexo N°08 Propuesta de diseño de pavimento permeable en un sector de la Universidad Nacional de Ucayali.

Como aplicación de la metodología expuesta anteriormente, diseñamos un pavimento permeable en función a los resultados obtenidos, teniendo en mente que la infiltración del suelo es menor a los requerimientos mínimos expuestos en la normativa del MINVU en el cual nos basamos.

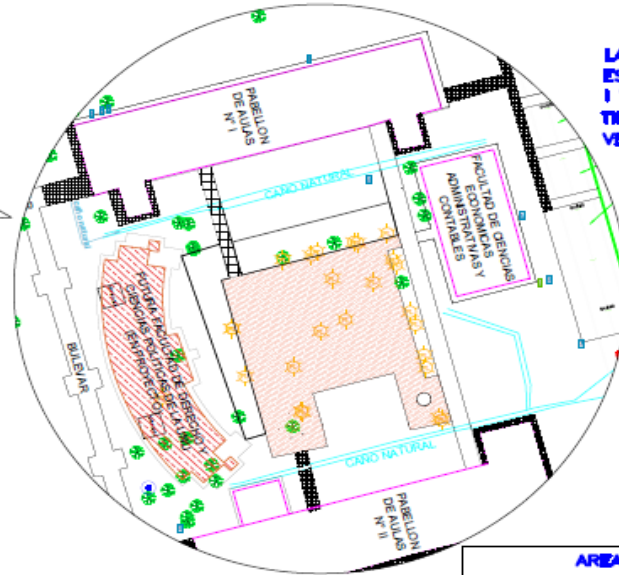
Así mismo se tienen en cuenta los efectos de intemperismo (sedimentación y desgaste) que afectan al pavimento permeable.

UBICACIÓN DE LA PROPUESTA DE DISEÑO.

Universidad Nacional de Ucayali



ÁREA A INTERVENIR: Estacionamiento de las oficinas del rectorado.



LA UBICACION DEL LUGAR A INTERVENIR ES EL PARQUE ENTRE LOS PABELLONES I Y II FRENTE A FAC. DE DERECHO Y ECONOMIA TIENE AREAS APORTANTES COMO JARDINES VEREDAS Y TECHOS

LEYENDA



AREA PAV. Y AREA APORTANTE	
AREA PAV. PERMEABLE	639.2 M2
AREA VEREDAS APORTANTES	182.97 M2
AREA DE JARDIN APORTANTE	186.81 M2
TOTAL AREA APORTANTE	1008.98 M2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA		
TÍTULO: EVALUACIÓN Y REGENERACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS DE LOS AMBIENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI AUTOR: [Nombre del autor] INSTITUCIÓN: [Institución]	UBICACIÓN DEL LUGAR A INTERVENIR CAMPUS-UNU	P-U
FECHA: [Fecha] ESCALA: [Escala]	SERIE: E-000-0000	

JUSTIFICACIÓN DE DISEÑO:

La situación actual del campus de la UNU frente a precipitaciones pluviales no resulta amigable con la población estudiantil, ya que genera un caos peatonal, en el sentido de que las vías peatonales se inundan producto del rebose de canaletas existentes debido a las fuertes precipitaciones que se desatan en la Región y el hecho de que las vías peatonales son impermeables el cual genera escorrentía superficial, volviéndose casi intransitables.

El concreto permeable, con su propiedad de infiltrar el agua, se presta a dar una solución a esta situación actual, reduciendo drásticamente la escorrentía superficial almacenando parte del volumen infiltrado de agua en su estructura interna, mientras se descarga con velocidad constante hacia las canaletas; por ende su aplicación mitigaría en gran medida el rebose de canaletas y el malestar de los estudiantes y administrativos de dicha casa superior de estudios.

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

- **Tipo de Suelo**

El suelo está caracterizado por ser suelos blandos, arcilla arenosa, arcilla limosa y limos orgánicos en la superficie, basándonos en la metodología SUCS podemos clasificar el suelo y seleccionar el sistema de pavimento.

En función a la figura 36 clasificamos el suelo a partir del CBR común en la zona que es $\leq 6\%$ y obtenemos lo siguiente:

Soil classification	Typical range for coefficient of permeability, k (m/s)	Typical range of CBR values
Heavy clay	10^{-10} to 10^{-8}	2 to 5
Silty clay	10^{-9} to 10^{-8}	3 to 6
Sandy clay	10^{-9} to 10^{-6}	5 to 20
Poorly graded sand	5×10^{-7} to 5×10^{-6}	10 to 40
Well graded sand	5×10^{-6} to 10^{-4}	10 to 40
Well graded sandy gravel	10^{-5} to 10^{-3}	30 to 80

Tipo de suelo: *Arcilla Limosa*

$$k = 10^{-10} \text{ to } 10^{-8} \left(\frac{m}{s} \right).$$

$$CBR = 2\% - 5\%$$

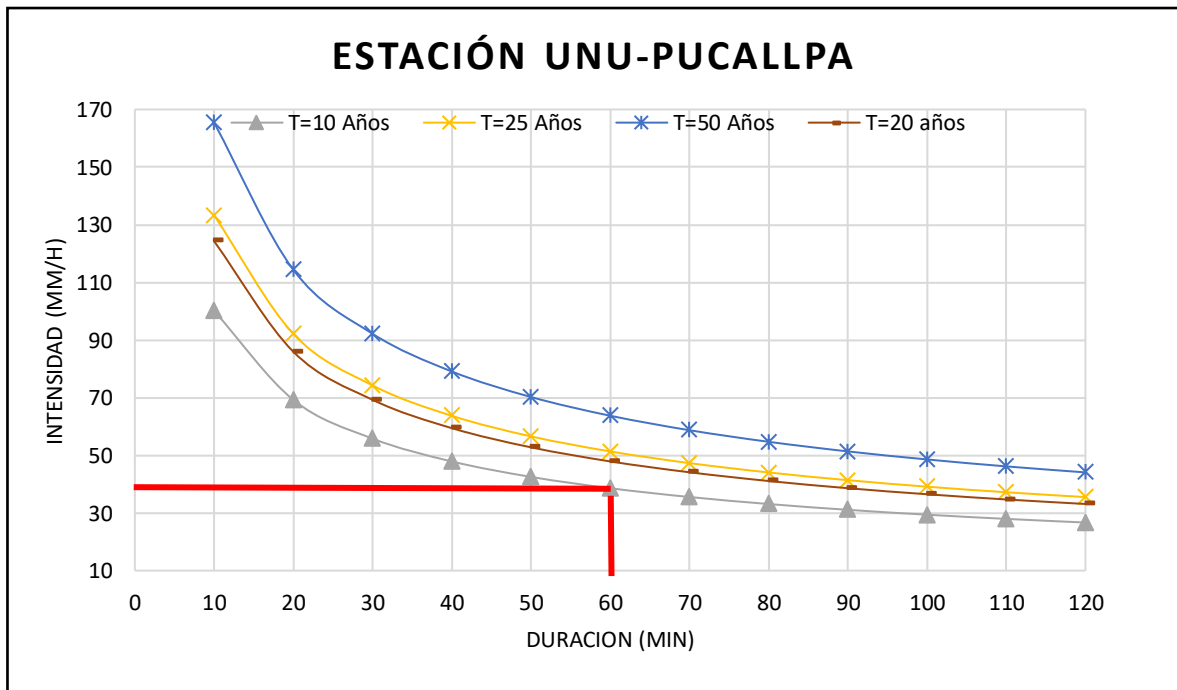
Ground characteristics		System 1: Total infiltration	System 2: Partial infiltration	System 3: No infiltration
Permeability of subgrade defined by coefficient of permeability k(m/s)	10^{-6} to 10^{-3}	✓	✓	✓
	10^{-8} to 10^{-6}	✗	✓	✓
	10^{-10} to 10^{-8}	✗	✗	✓
Highest expected water level within 1000 mm of formation level		✗	✗	✓
Pollutants present in subgrade		✗	✗	✓

Y el tipo de sistema a utilizar será PAVIMENTO SIN INFILTRACION.

- **Diseño Hidráulico**

En el punto 2.2.7 “Consideraciones Hidrológicas e Hidráulicas” mencionamos que para el diseño de los pavimentos permeables tenemos que tener presente la lluvia de diseño para periodos de retorno entre T= 5 años en caso haya red de drenaje bien desarrollado, o, T= 10 años en caso no exista red de drenaje, ambos valores corresponden para un área máx. De 1 km².

La lluvia de diseño lo obtenemos de las curvas IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia), según el Anexo N°01 tenemos:



Proyectando valores podemos hallar la intensidad en mm/h en cual sería nuestra lluvia de diseño por tanto:

$$\text{Intensidad máx. de diseño} = 38.59 \text{ mm/h}$$

- ✓ **Sub Base y Volumen de Almacenamiento**

$$Vol_{\text{afu}} = 1.25 * 0.001 * C * A * I_t * t$$

$$Vol_{infil} = 0.001 * f * C * A * t$$

$$Vol_{almacenamiento} = Vol_{afluente} + Vol_{infiltra} - V_{tuberia}$$

$$Espesor_{subbase} = \frac{Vol_{almacenamiento}}{P * A_p}; P = 0.3 \text{ porosidad de la subbase recomendado}$$

✓ Cálculo de volúmenes de agua

El cálculo del volumen de agua está en función al área aportante, coeficiente de escurrimiento, intensidad de diseño, datos que ya conocemos:

$$Vol_{aflu} = 1.25 * 0.001 * C * A * I_t * t$$

Calculamos el “C”

$$C = c_1 * A_1 + c_2 * A_2 + c_3 * A_3 + \dots + c_n * A_n / A_{aportante \text{ total}}$$

En función a la figura 25, tenemos:

$$C_{jardines} = 0.25; C_{calles \text{ de concreto}} = 0.95$$

$$C = \frac{0.25 * 186.81 + 0.95 * 182.97}{369.78} = 0.596 \equiv 0.6$$

Calculamos Volumen afluyente:

$$Vol_{aflu} = 1.25 * 0.001 * C * A_{aportante} * I_t * t$$

$$Vol_{aflu} = 1.25 * 0.001 * 0.6 * 369.78 * 38 * t$$

$$Vol_{aflu} = 10.71 * t; \text{ para } t = 1h; Vol_{afluen} = 10.54 \text{ m}^3$$

Calculamos el Volumen Infiltrado:

$$Vol_{infil} = 0.001 * f * C * A_{pavimento} * t$$

El valor de $f = 9 \text{ mm/h}$ corresponde a la infiltración del suelo in-situ (en caso haya infiltración directa), en este caso como es drenaje diferido el valor de f será igual a la intensidad de diseño 38 mm/h ya que el pavimento deberá estar diseñado para

absorber y gestionar el valor indicado, el coeficiente “C” estará en función del tipo de tratamiento que le demos al pavimento, en este caso diremos que tendrá un buen mantenimiento, caso contrario evaluar diagrama propuesta por el MINVU.

$$\text{Vol}_{\text{infil}} = 0.001 * 38 * 1 * 800.7 * t$$

$$\text{Vol}_{\text{infil}} = 14.57 * t ; \text{ para } t = 1h ; \text{ Vol}_{\text{infiltracion}} = \mathbf{30.43 m^3}$$

✓ **Diseño de Tuberías o Drenes:**

Asumiendo tubería de diámetro = 4" \equiv 10cm

$$Q_{\text{tuberia}} = \frac{\text{Vol}(m^3)}{t(hr.)}$$

$$Q_{\text{tuberia}} = V_{m/s} * A_{m^2}$$

✓ **Velocidad en tubería:**

$$V_{m/s} = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} * S^{0.5}}{n} ; \text{ donde } n = 0.017 \text{ para PVC}$$

S=1%, R_h para sección semi llena = D/4

$$V_{m/s} = \frac{\left(\frac{0.1}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{0.5}}{0.017} = 0.5029 \text{ m/}$$

$$\text{Area}_{\text{tuberia}} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.00785m^2$$

$$Q_{\text{tuberia}} = 0.00785 * 0.5029 = 0.003949 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{m^3} = Q_{\text{tuberia}} * t = 0.003949 * 3600 = 14.23 \text{ m}^3$$

✓ **Volumen de almacenamiento:**

$$\text{Vol}_{\text{almacenamiento}} = \text{Vol}_{\text{afluente}} + \text{Vol}_{\text{infiltra}} - V_{\text{tuberia}}$$

$$Vol_{almacenamiento} = 10.54 + 30.43 - 14.23 = \mathbf{26.74 \text{ m}^3}$$

Análisis:

El volumen afluente y de infiltración suman un total de 40.97 m³, el dren propuesto evacua 14.22 m³ en 1 hora, por tanto el sistema de pavimento drenante almacena 26.74 m³ el cual será evacuado lentamente por el dren asumido de Ø de 10cm PVC.

✓ **Espesor de la sub base:**

$$Espesor_{subbase} = \frac{Vol_{almacenamiento}}{P * A_p}$$

✓ **Calculo de el espesor:**

$$Espesor_{subbase} = \frac{26.74}{0.3 * 800.7} = 0.111 \equiv 150mm$$

✓ **Tiempo de vaciado:**

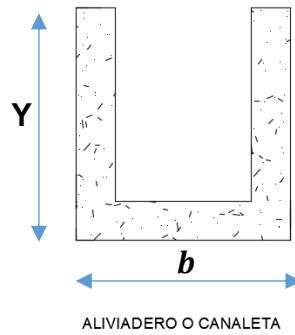
$$t_m = \frac{pe_s}{C_{sf}} <$$

$$t_m = \frac{0.3 * 200}{1 * 38} = 1.6hr ; \text{el tiempo de vaciado} < 24h ; \mathbf{cumple!}$$

ANÁLISIS:

El espesor encontrado lo comparamos con el punto 2.2.7.8 Criterio Estructural, comparando los espesores, el mayor quedara como definitivo, en este caso los valores se asemejan al criterio estructural planteado por Chile.

DISEÑO DE ALIVIADERO O CANALETA:



Caudal de descarga:

$$Q = \frac{A^{5/3} \cdot \sqrt{S}}{n \cdot P^{2/3}}$$

Donde

$$A = 2y^2 \quad ; \quad P = 4y \quad ; \quad n = 0.013 \text{ para concreto; } s = 1\%$$

El caudal será el de descarga de la tubería = 0.003949 m³/s

Reemplazando datos en función de "y":

$$0.003949 = \frac{(2y^2)^{5/3} \cdot \sqrt{0.001}}{0.013 \cdot 4y^{2/3}}$$

$$Y = \mathbf{0.083m}$$

Perímetro mojado (P) = b+2y pero, P=4y

$$4y = b + 2y \quad ; \quad 2y = b \quad \text{donde } b = \mathbf{0.166m}$$

Análisis:

Para el caudal que dará servicio la canaleta las dimensiones de esta son mínimas como se puede apreciar, por ende se asumen canaletas que confinen al pavimento permeable y que tengan un ancho mayor o igual al ancho de una pala recta para fácil mantenimiento, la sección propuesta se encuentra en los planos adjuntos.

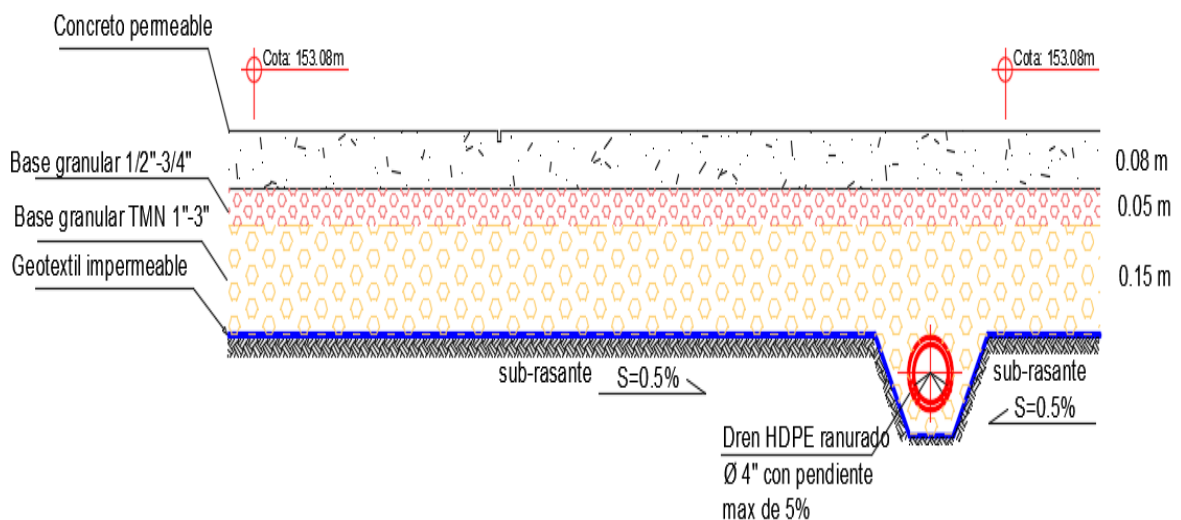
RESUMEN DE DISEÑO:

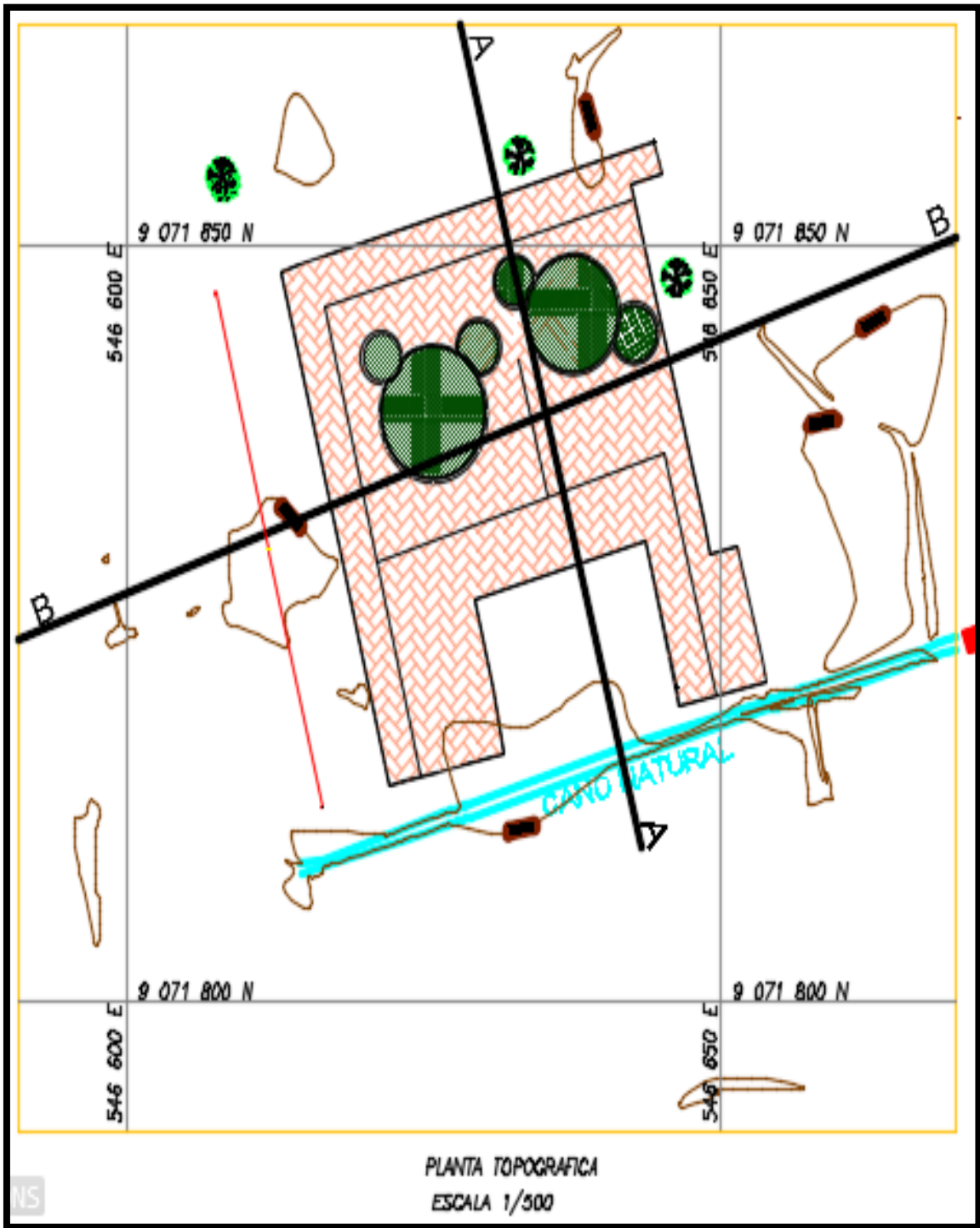
En función a la figura 29, por condición del lugar optamos por tipo de carga 1 (parqueaderos), por condición del terreno corresponde a cero infiltraciones, por ende los espesores serán:

Propuesta de pavimento permeable

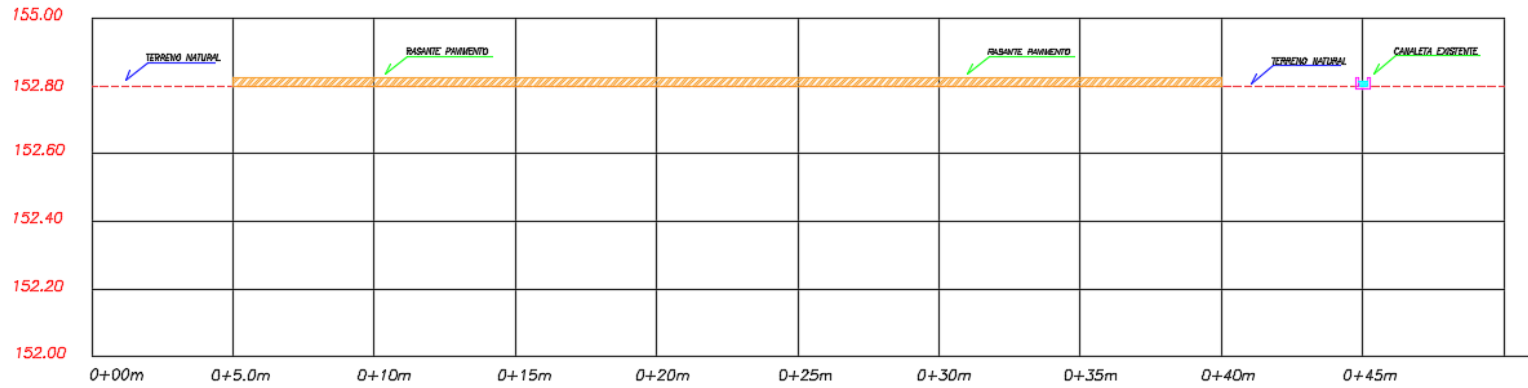
DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN(cm)	TMN grava
CARPETA DE RODADURA	8	1/2"
BASE	5	1/2" - 3/4"
SUB-BASE	15	1"
TUVO HDP RANURADO	4"	-
GEOTEXTIL	833.38m ²	-

Se colocaran juntas longitudinales si el ancho de carril excede de 4.5m, y las juntas de contracción serán cada 6m con profundidades entre 1/3 y 1/4 espesor del pavimento.

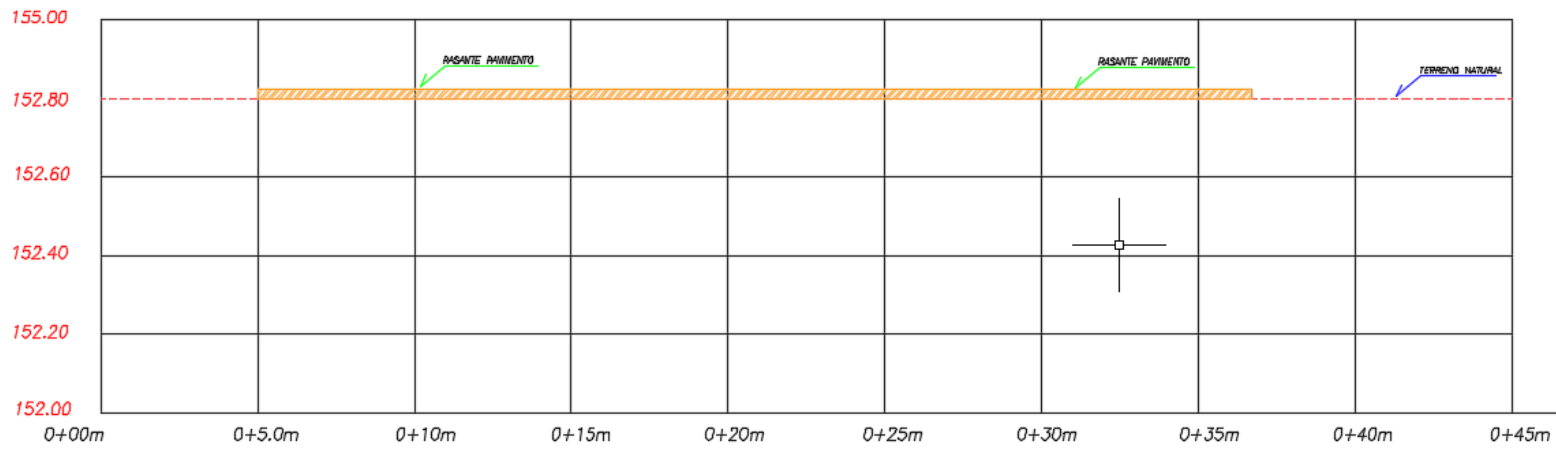




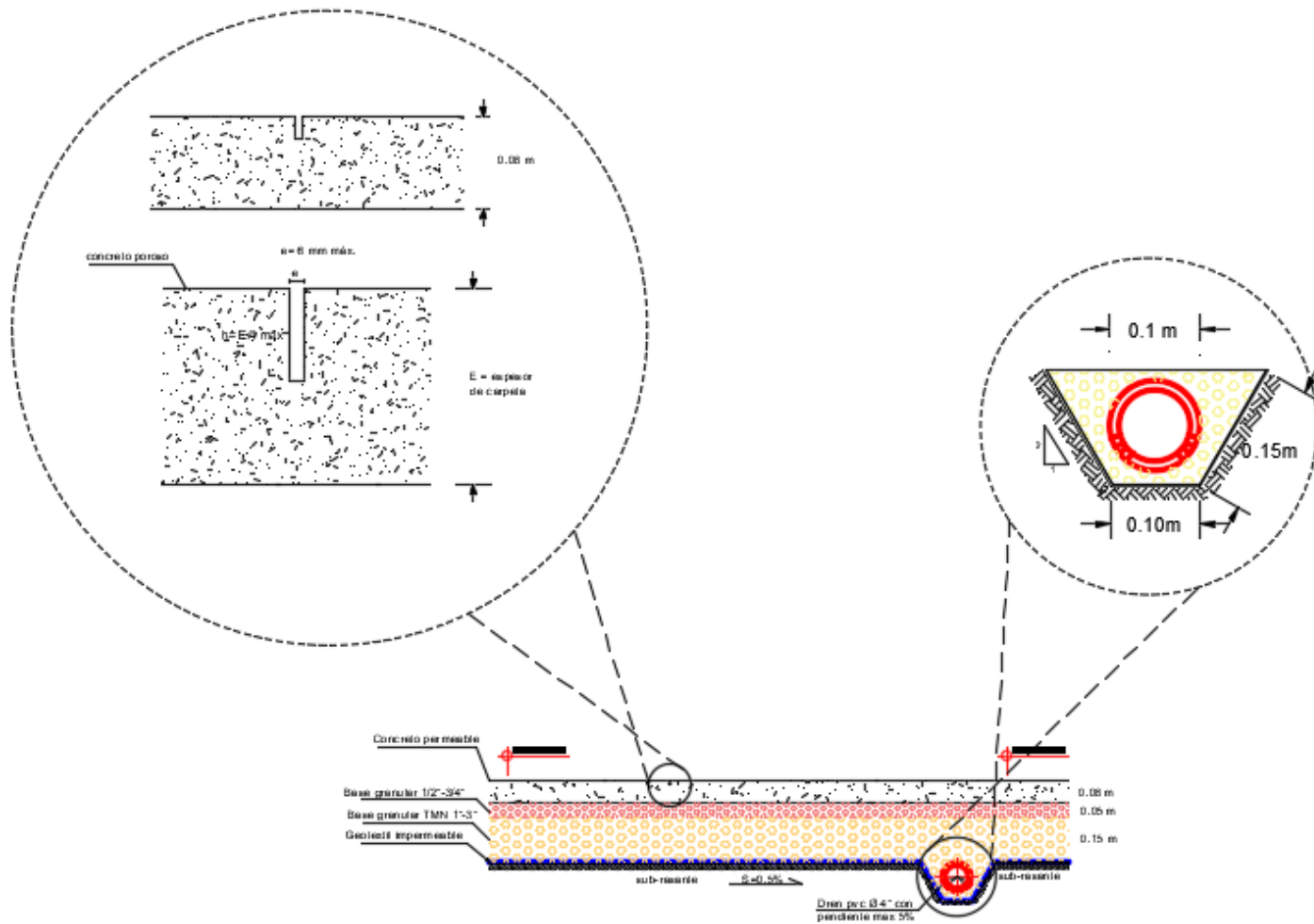
Las cotas de terreno existentes en casi toda el área limitada es 152.80m

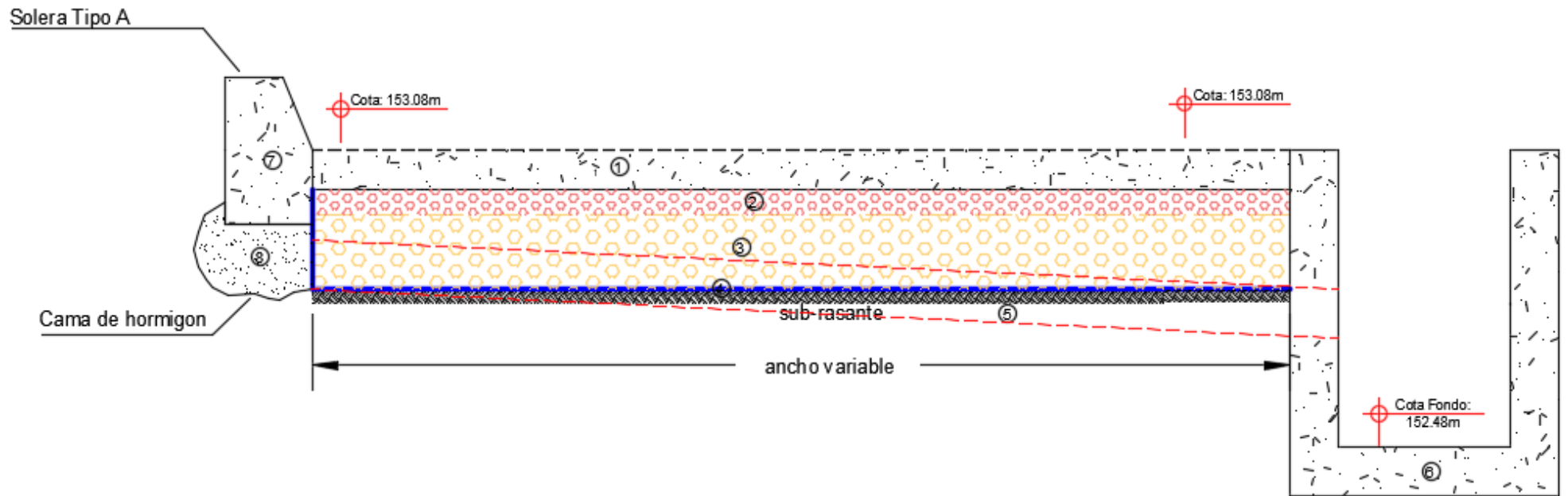


PERFIL A-A

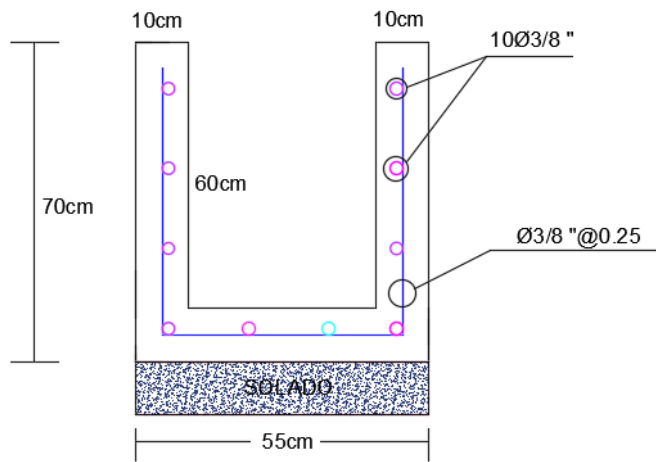


PERFIL B-B

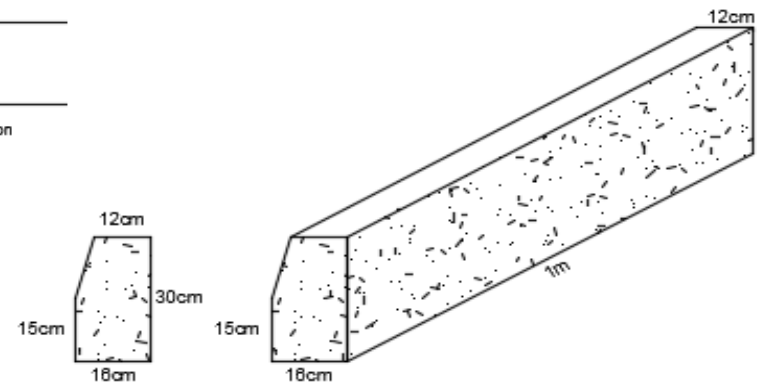




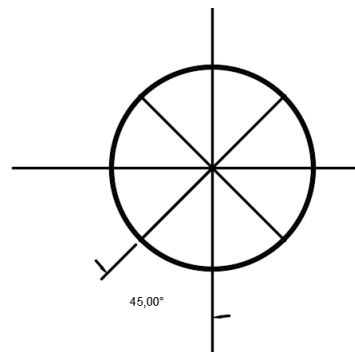
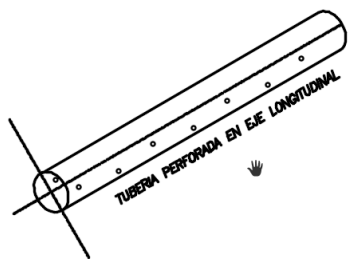
- | | |
|---|-----------------------------|
| ① CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO POROSO | ⑤ SUB-RASANTE |
| ② FILTRO GRANULAR | ⑥ CANALETA O ALIVADERO |
| ③ SUB-BASE GRANULAR | ⑦ SOLERA DE CONCRETO TIPO A |
| ④ GEOSINTETICO LIMITANTE | ⑧ CAMA DE HORMIGON |



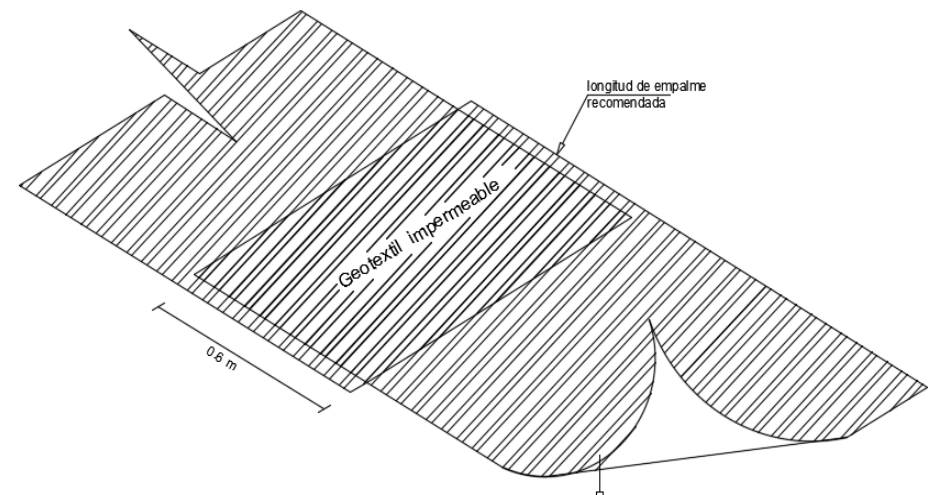
ALIVIADERO O CANALETA

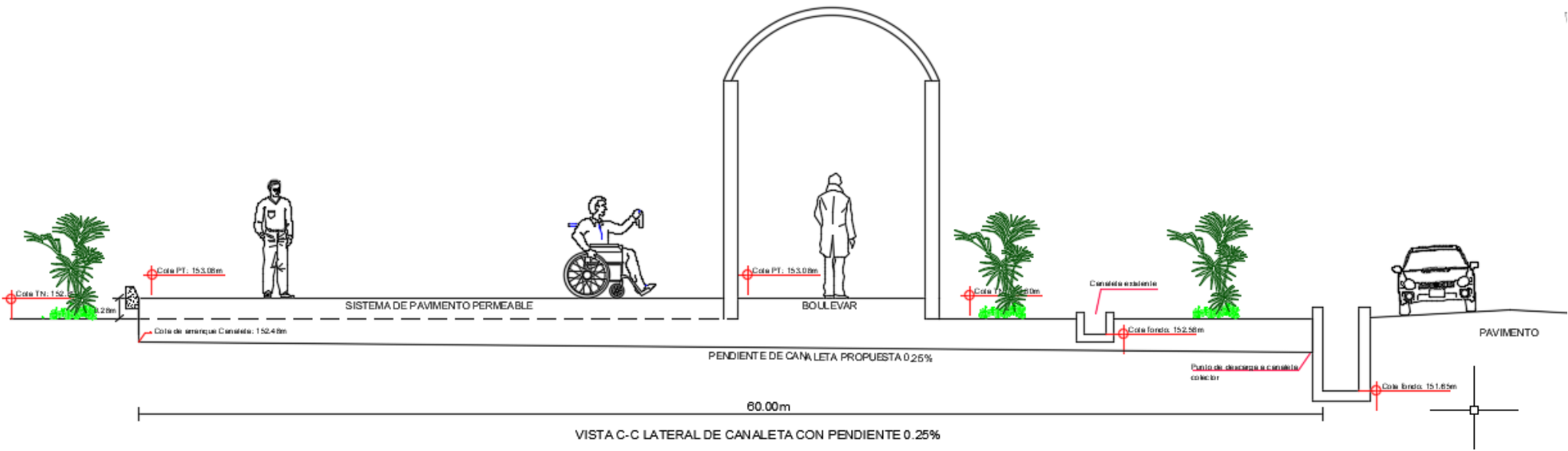


SOLERA DE COCNETO TIPO A



ANGULOS DE PERFORACION EN TUBERIAS





PLANO DE CORTE TRANSVERSAL

