

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Calidad en el drenaje y diseño de un pavimento rígido permeable con agregados de la cantera Isla, en las vías de la Villa Chullunquiani del sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca

Por:

Pedro Ronald Guerra Chayña

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, diciembre de 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "CALIDAD EN EL DRENAJE Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VÍAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA" constituye la memoria que presenta el bachiller Pedro Ronald Guerra Chayña para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil, la cual ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los dieciocho días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve.



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Asesor

Calidad en el drenaje y diseño de un pavimento rígido permeable con agregados de la cantera Isla, en las vías de la Villa Chullunquiani del sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



Mtro. Lennin Henry Centurión Julca

Presidente



Ing. Juana Beatriz Aquise Pari

Secretaria



Ing. José Pacori Pacori

Vocal



Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Asesor

Juliaca, 18 de diciembre de 2019

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, guiarme por el buen camino y por no desampararme.

Con todo mi cariño y amor a mis queridos padres. A mi padre César Edwin Guerra Ramos por su Asesoría y apoyo total en la elaboración del proyecto de tesis, motivándome e instruyéndome siempre para ser mejor cada día. A mi madre Gladis Chayña Vilcapaza por motivarme cada día a ser perseverante y no rendirme en el transcurso del proceso de tesis

A mis hermanos Cesar, Luis y Gabriela, quienes siempre me brindaron su apoyo, impulsándome a seguir adelante frente a las dificultades. A todos ellos que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi dedicatoria.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque siempre estuvo a mi lado brindándome su protección y su amor, los cuales se manifiestan en mi vida cada amanecer, me dio la oportunidad de iniciar una carrera de servicio.

Al Ing. Herson Pari Cusi por su apoyo desinteresado y asesoría durante la ejecución del proyecto

A mi Universidad la cual me ayudó a fortalecer los valores, principios y creencias inculcados por mis padres, y por enseñarme a ser un profesional de calidad.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLA	xii
ÍNDICE FIGURA	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
SÍMBOLOS USADOS Y/O NOMENCLATURA	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS.....	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos.	21
CAPÍTULO II.....	22
2.1. ANTECEDENTES	22
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.	22
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	23
2.2. ESTADO DE CONOCIMIENTO	24
2.2.1. Ciclo natural del agua.....	24
2.2.2. El ciclo hidrológico y el impacto del crecimiento urbano.	24

2.2.3.	Inundaciones en zonas urbanas.....	25
2.2.4.	Sistemas de drenaje alternativos.....	26
2.2.5.	Generalidades de los pavimentos permeables.....	27
2.2.6.	Tipos de pavimentos permeables.....	27
2.2.7.	Ventajas.....	28
2.2.8.	Desventajas.....	31
2.2.9.	Características del sistema.....	32
2.2.10.	Resumen del sistema.....	32
2.3.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	33
2.3.1.	Aspectos generales.....	33
2.4.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	33
2.5.1.	Aspectos generales.....	33
2.5.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	35
2.6.	ESTUDIO HIDRÁULICO.....	36
2.6.1.	Método racional.....	36
2.6.2.	Coeficiente de escorrentía.....	36
2.6.3.	Intensidad – Duración – Frecuencia.....	37
2.6.4.	Periodo de retorno.....	37
2.6.5.	Componentes del sistema de drenaje pluvial.....	37
2.6.6.	Consideraciones básicas de diseño.....	38
2.6.7.	Criterios de diseño.....	39
2.6.8.	Criterio de velocidad.....	39
2.7.	ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	40
2.7.1.	Aforo vehicular.....	40
2.7.2.	Periodo de diseño.....	40
2.8.	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	40
2.8.1.	Aspectos generales.....	40

2.8.2.	Clasificación de las vías urbanas.	40
2.9.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO PERMEABLE	41
2.9.1.	Capa de rodadura.	42
2.9.2.	Subbase permeable.	43
2.9.3.	Filtro granular interior o filtro geotextil.	43
2.9.4.	Subrasante.....	43
2.9.5.	Principios de diseño.	43
2.9.6.	Método de diseño AASHTO (1993).	44
2.9.7.	Drenaje.	45
2.9.8.	Calidad del drenaje.	45
2.9.9.	Coeficiente de drenaje.	45
2.9.10.	Concepción del diseño del concreto permeable.	48
2.9.11.	Ensayos en estado endurecido en el concreto poroso.	50
2.9.12.	Aplicaciones.	52
2.9.13.	Otras aplicaciones.....	53
2.10.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	54
2.10.1.	Información básica del lugar de aplicación.	54
2.10.2.	Durante la construcción.....	54
2.10.3.	Preparación de la subrasante.....	54
2.10.4.	Cuidados de la membrana impermeable.	55
2.10.5.	Compactación de la subbase permeable.....	55
2.10.6.	Compactación de la capa de transición.....	56
2.10.7.	Compactación del pavimento drenante.	56
2.10.8.	Diseño de juntas.	57
2.10.9.	Curado.	58
2.10.10.	Protección del pavimento drenante.	59
2.10.11.	Mantenimiento.....	59

CAPÍTULO III.....	60
MATERIALES Y MÉTODOS.....	60
3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.4.1. Hipótesis general.....	60
3.4.2. Hipótesis específica.....	61
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	61
3.5.1. Variable independiente.....	61
3.5.2. Variable dependiente.....	61
3.5.3. Indicadores.....	61
3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	61
3.7. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
3.8. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EJECUCIÓN.....	62
3.8.1. Localización.....	62
3.8.2. Cantera.....	64
3.9. OBJETO DE ESTUDIO.....	64
3.10. Procedimiento de investigación.....	65
3.10.1. Exploración y muestreo.....	65
3.10.2. Elaboración de especímenes.....	66
3.10.3. Pruebas.....	66
3.10.4. Estudios preliminares de diseño.....	67
3.10.5. Diseño de pavimento.....	68
3.10.6. Drenaje del pavimento.....	68
CAPÍTULO IV.....	69
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69

4.1.	GENERALIDADES.....	69
4.2.	MEZCLA DE CONCRETO DRENANTE.....	69
4.2.1.	Propiedades de los agregados utilizados.	69
4.2.2.	Cemento.	69
4.2.3.	Agua.	70
4.2.4.	Fibras de polipropileno.	70
4.2.5.	Resistencia a la compresión.....	70
4.2.6.	Resistencia a la flexión.....	73
4.2.7.	Permeabilidad.	75
4.3.	SISTEMA DE SUB DRENAJE COMPUESTO POR MATERIAL GRANULAR Y TUBERÍA PERFORADA.....	77
4.3.1.	Periodo de retorno.	77
4.3.2.	Caudal de diseño.	78
4.3.3.	Intensidad.	78
4.3.4.	Áreas tributarias.	78
4.3.5.	Coeficiente de escorrentía.....	79
4.3.6.	Velocidad.	80
4.3.7.	Subdrenaje.....	81
4.3.8.	Calidad en el drenaje.	81
4.3.9.	Sistema de evacuación de las aguas de lluvia captadas en la superficie del pavimento permeable	83
4.4.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE ...	83
4.4.1.	Subbase.....	83
4.4.2.	Parámetros de diseño.	83
4.5.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	89
4.5.1.	Prueba de hipótesis para el objetivo general.....	89
CAPÍTULO V.		91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91

5.1.	CONCLUSIONES	91
5.2.	RECOMENDACIONES	93
	REFERENCIAS	94
	ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Criterio para ejecución de las Perforaciones en el Terreno	34
Tabla 2. Número de Puntos de Investigación.....	34
Tabla 3. Coeficiente de Drenaje.....	46
Tabla 4. Calidad del Drenaje.....	46
Tabla 5. Mantenimiento del Pavimento Drenante.....	59
Tabla 6. Propiedades de los Agregados Utilizados	69
Tabla 7 Resistencia a la Compresión Sin tiras de Polipropileno.....	70
Tabla 8 Resistencia a la Compresión Con 0.05% Tiras de Polipropileno	71
Tabla 9 Resistencia a la Compresión con 0.10% Tiras de Polipropileno.....	71
Tabla 10. Dimensiones para realizar el ensayo de flexión	73
Tabla 11. Resistencia a la Flexión Sin Tiras de polipropileno.....	73
Tabla 12. Resistencia a la Flexión CT de polipropileno al 0.05%.....	74
Tabla 13. Resistencia a la Flexión CT 0.10% de polipropileno.....	74
Tabla 14. Coeficiente de Permeabilidad ST de PP	76
Tabla 15 Coeficiente de Permeabilidad CT de PP al 0.05%.....	76
Tabla 16 Coeficiente de Permeabilidad CT de PP al 0.10%.....	76
Tabla 17 Periodo de Retorno.....	77
Tabla 18.Áreas Tributarias.....	79
Tabla 19. Caudal de Diseño.....	79
Tabla 20. Cuadro de Velocidades.....	80
Tabla 21 Calidad del Drenaje Pluvial ST Áreas que tienen el Pavimento Permeable.....	82
Tabla 22 Calidad del Drenaje Pluvial 0.05% Áreas que tienen el Pavimento Permeable.	82
Tabla 23 Calidad del Drenaje Pluvial 0.10% Áreas que tienen el Pavimento Permeable.	82
Tabla 24. Calidad del Drenaje Pluvial Pavimento Rígido Áreas en estudio.....	82
Tabla 25. Periodo de diseño	84
Tabla 26. Módulos de Rotura.....	84
Tabla 27. Módulo de Elasticidad	85
Tabla 28. Módulo K.....	86
Tabla 29. Coeficiente de Drenaje.....	86
Tabla 30. Porcentaje de Drenaje	87
Tabla 31. Espesores de la losa de concreto.....	87

ÍNDICE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Inundaciones en Vías Urbanas (Elaboración propia).	26
Figura 2. Magnitud de las Inundaciones en Zonas Urbanas (Elaboración propia).....	26
Figura 3. Pavimento convencional (izquierdo) y pavimento de concreto permeable (derecha) después de un contacto con el agua. Adaptado de Google	27
Figura 4. Pavimentos de Asfalto Poroso. Adaptado de Youtube.	27
Figura 5. Pavimento de Concreto Poroso. Adaptado de Youtube.	28
Figura 6. Pavimento de Adoquín y modulares. Adaptado de Youtube.	28
Figura 7. Estructura del pavimento permeable de total infiltración. Adaptado de Interpave, 2008.	42
Figura 8. Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial. Adaptado de Interpave, 2008.....	42
Figura 9. Estructura del pavimento permeable de infiltración 0. Adaptado de Interpave, 2008.	42
Figura 10. Capa de drenaje Permeable. Adaptado de AASHTO 93.....	47
Figura 11. Pavimento permeable en asfalto poroso en el estacionamiento de la planta de Schnyder Electric en Tlaxcala, México. Adaptado de Schnyder Electric.	53
Figura 12. Reconocimiento Preliminar: Geología y Topografía (Elaboración propia).....	54
Figura 13. Preparación de la Subrasante. Adaptado de Google.	55
Figura 14. Compactación de Sub-base Permeable. Adaptado de Pisos_y_pavimentos_urbanos	55
Figura 15. Compactación de la Capa de Transición. Adaptado de Google.	56
Figura 16. Compactación del pavimento drenante. Adaptado de “Pervious concrete pavements” por Tennis Paul D, 2014.....	56
Figura 17. Corte de las juntas del pavimento drenante.	57
Figura 18. Juntas del pavimento drenante.	58
Figura 19. Material de polietileno usado para cubrir la superficie expuesta del concreto permeable. Adaptado de (Tennis et al., 2004).	58
Figura 20. Máquina autopropulsada de limpieza con sistema presión-aspiración. Adaptado de “De Solminihac et al., 2002”.....	59
Figura 21. Mapa de Localización del Distrito de Juliaca. Adaptado de Google.....	63
Figura 22. Objeto de Estudio vías de la Villa Chullunquiani.	63

Figura 23. Mapa geológico del cuadrángulo de Juliaca (Escala: 1:50,000) – Hoja 31 v2. Adaptado de “Base topográfica IGN”, 2010, actualizado por el INGEMMET en el 2014. .64	.64
Figura 24. Materiales empleados para la mezcla drenante Fuente: Elaboración propia...70	70
Figura 25. Comparación entre Resistencias a la Compresión (Elaboración propia).72	72
Figura 26. Comparación de Módulo de Rotura (Elaboración propia).....75	75
Figura 27. Comparación de Permeabilidad de las muestras (Elaboración propia).77	77
Figura 28. Delimitación de Áreas Tributarias. (Elaboración propia).....78	78
Figura 29. Inundaciones en Vías Urbanas (Elaboración propia).81	81
Figura 30. Comparación de la Calidad en el Drenaje (Elaboración propia).82	82
Figura 31. Red de Evacuación del Drenaje Pluvial (Elaboración propia).....83	83
Figura 32. Comparación Módulos de Rotura (Elaboración propia).....85	85
Figura 33. Comparación Módulo de Elasticidad (Elaboración propia).85	85
Figura 34. Comparación de Espesor de losa de Concreto (Elaboración propia).87	87
Figura 35. Sección de pavimento rígido permeable sin tiras de polipropileno (Elaboración propia).88	88
Figura 36. Sección de pavimento rígido permeable con 0.05% de tiras de polipropileno (Elaboración propia).....88	88
Figura 37. Sección de pavimento rígido permeable con 0.10% tiras de polipropileno (Elaboración propia).....88	88
Figura 38. Sección de pavimento rígido convencional (Elaboración propia).....89	89
Figura 39. Calidad en el Drenaje Pavimento Permeable vs Pavimento Rígido. (Elaboración propia).....89	89

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	97
ANEXO B. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	130
ANEXO C. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	138
ANEXO D. ESTUDIO HIDRÁULICO	142
ANEXO E. DISEÑO DE MEZCLA.....	144
ANEXO F. PANEL FOTOGRÁFICO	145

SÍMBOLOS USADOS Y/O NOMENCLATURA

AASHTO : Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes

RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones

ACI : American Concrete Institute

Cd : Coeficiente de drenaje

ASTM : Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

TMN : Tamaño Máximo Nominal

PP : Polipropileno

ESAL : Equivalent Simple Axial Load

VG : Vigas

ST : Sin tiras

CT : Con tiras

RESUMEN

En los últimos años en el Perú, se ha presentado varios problemas causados por el desarrollo de drenajes no sostenibles como es la falta de evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas pavimentadas, esto está asociado con el crecimiento de la población, ya que el área urbanizada al crecer en tamaño genera una necesidad de tener mejores infraestructuras y principalmente pavimentos para el buen tránsito. La ciudad de Juliaca está inmersa en estos problemas ya que su rápido crecimiento poblacional como el aumento del área urbanizada usando sistemas de drenaje no sostenibles genera un desarrollo no sustentable. Frente a esta realidad, es necesario que surjan construcciones innovadoras que puedan usarse como sistemas de drenaje sostenible para reducir los problemas causados por las fuertes lluvias. En la presente investigación se desarrolló una metodología para poder reducir estos problemas mediante el diseño de un pavimento permeable, su estructura está compuesta de una losa de concreto permeable, una subbase granular filtrante, y una capa de transición protectora, el diseño de la investigación fue desarrollado para los tramos aledaños de la Universidad Peruana Unión. La finalidad de la investigación es diseñar un pavimento permeable que cumplan con las resistencias mecánicas y los parámetros hidráulicos adecuados que pueda permitir un buen drenaje. La losa de concreto permeable se realizó con el diseño de mezcla del concreto permeable tomando los criterios que nos indican las normas ACI 211.3R – 97 y ACI 522R – 10, la mezcla optima por los resultados mecánicos e hidráulicos determinada es la que se adicionó polipropileno a un 0.05%. Los resultados mecánicos que se obtuvieron con la mezcla mencionada fueron los siguientes: resistencia a la compresión de 196.95 kg/cm²; módulo de rotura 31.74 kg/cm², el resultado hidráulico obtuvo una permeabilidad de 0.463 cm/s. Los materiales usados fueron agregados de la cantera Isla, fibra de polipropileno, y cemento portland tipo I. La estructura del pavimento fue diseñada con la metodología AASHTO 93 teniendo los siguientes resultados: una losa de concreto permeable de 20cm, una subbase granular filtrante de 30 cm y una capa de transición de 5cm. La calidad de drenaje del pavimento rígido permeable que determina el tiempo en que el agua se infiltra por la superficie del pavimento permeable hacia el subdrenaje en tiempo de avenida es de 1:36 horas, estimando así una calidad en el drenaje excelente, esto según la guía AASHTO 93.

Palabras clave: Drenaje sostenible; pavimento permeable; características mecánicas e hidráulicas.

ABSTRACT

In recent years in Peru, there have been several problems caused by the development of unsustainable drains such as the lack of stormwater drainage in paved urban areas, this is associated with population growth, since the urbanized area Growing in size generates a need for better infrastructure and mainly pavements for good traffic. The city of Juliaca is immersed in these problems since its rapid population growth as the increase of the urbanized area using unsustainable drainage systems generates unsustainable development. Faced with this reality, it is necessary that innovative constructions arise that can be used as sustainable drainage systems to reduce the problems caused by heavy rains. In the present investigation a methodology was developed to reduce these problems by designing a permeable pavement, its structure is composed of a permeable concrete slab, a granular filtering subbase, and a protective transition layer, the research design was developed for the surrounding sections of the Universidad Peruana Unión. The purpose of the research is to design a permeable pavement that meets the mechanical strengths and adequate hydraulic parameters that can allow good drainage. The permeable concrete slab was made with the design of permeable concrete mix taking the criteria indicated by the ACI 211.3R - 97 and ACI 522R - 10 standards, the optimal mixture for the mechanical and hydraulic results determined is the one that polypropylene was added to 0.05%. The mechanical results obtained with the aforementioned mixture were the following: compressive strength of 196.95 kg / cm²; modulus of rupture 31.74 kg / cm², the hydraulic result obtained a permeability of 0.463 cm / s. The materials used were aggregates from the Isla quarry, polypropylene fiber, and portland cement type I. The pavement structure was designed with the AASHTO 93 methodology having the following results: a 20cm permeable concrete slab, a 30-meter granular filtering subbase cm and a 5cm transition layer. The drainage quality of the permeable rigid pavement that determines the time in which the water infiltrates the permeable pavement surface to the sub-drainage in avenue time is 1:36 hours, thus estimating an excellent drainage quality, this according to the AASHTO guide 93.

Key-words: Sustainable drainage; permeable pavement; mechanical and hydraulic characteristics

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En la actualidad en la ciudad de Juliaca, la presencia de precipitaciones pluviales genera inundaciones, y por más que la ciudad cuenta con un sistema de drenaje este colapsa generando caos vehicular, deterioros en el pavimento, contaminación. Considerando que la ciudad de Juliaca cuenta con una superficie llana, las redes de drenaje existentes al haber sido diseñadas con pendientes mínimas no garantizan el flujo de materiales sólidos en los conductos. El sistema de drenaje de evacuación al ser por gravedad es inapropiado considerando las características geográficas y urbanísticas del lugar.

La Villa Chullunquiani ubicada en el sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca no escapa de esta problemática puesto que las vías pavimentadas y no pavimentadas no cuentan con las condiciones de drenaje adecuadas y por consiguiente la calidad del drenaje no cumple con los requisitos establecidos, generando que de esta manera tengan problemas de evacuación pluvial ya que al contar con pavimentos impermeables disminuyen la capacidad de carga natural de agua sobre los terrenos, incrementando de manera considerable el caudal superficial, aumentando el riesgo de producir inundaciones en los sectores más bajos.

Frente a este problema el pavimento permeable y/o poroso surge como solución ya que es un material que puede ser usado para contrarrestar los importantes problemas de drenaje presente en la ciudad de Juliaca y específicamente en el sector de villa Chullunquiani.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1. Problema general.

¿Es factible realizar el diseño de un pavimento rígido permeable utilizando agregados de la cantera isla, que alcancen un drenaje bueno según la guía AASHTO y un comportamiento mecánico adecuado en las vías de la Villa Chullunquiani en el sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo influye el diseño de una mezcla de concreto hidráulico poroso, para una losa de pavimento rígido en la infiltración del agua captada por la lluvia cumpliendo el comportamiento mecánico e hidráulico?

- ¿Cómo lograr evacuar el agua acumulada en la superficie de un pavimento rígido permeable mediante un sistema de drenaje?
- ¿Cómo sería el diseño de la estructura de pavimento de concreto permeable con resistencia establecida para lograr un drenaje bueno en las vías de la Villa Chullunquiani del sector oeste de la ciudad de Juliaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial de las vías de la Villa Chullunquiani ubicadas en el sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca es de total importancia porque garantizará el funcionamiento adecuado del sistema para la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de aguas pluviales, teniendo así un sistema de drenaje bueno en el lugar en estudio.

La aplicación de este pavimento hidráulico y permeable en la zona urbana la Villa Chullunquiani, puede ser usada como pavimento en vías de tráfico ligero, veredas, estacionamientos entre otros, permitiendo el paso del agua a través de su estructura porosa, por lo que es considerado como un material de construcción sustentable, por su buen manejo de las aguas pluviales, solucionando al problema de escurrimiento superficial.

Técnicamente el pavimento permeable proporciona una tracción mayor a los vehículos y evita la hidro planeación, la dureza que tiene es alta, no provoca grietas y si se presentan no tiene efectos significativos en la integridad estructural del concreto, puede alcanzar resistencias altas con diseños especiales de mezcla, diseños estructurales y técnicas de colocación, obtiene una mayor durabilidad, disminución de grietas, cuentan con un periodo de vida de 15 a 40 años.

La implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible ayuda a contrarrestar los efectos negativos de la urbanización en el ciclo hidrológico. Por medio de estos se mejora la calidad del agua lluvia en el sitio donde se produce, se puede obtener beneficio gracias al almacenamiento, no solo para el aprovechamiento del agua en las actividades diarias, sino en el control de inundaciones que con el cambio climático y la impermeabilidad de las zonas urbanizadas día a día se hace más presente.

El pavimento permeable resulta beneficioso ya que la elevada permeabilidad del concreto permeable es una solución al problema del escurrimiento superficial proveniente

de las aguas pluviales que se pueden producir ya que al usar el pavimento como sistema de drenaje se evita encharcamientos; además cuando se usa en combinación con áreas verdes la estructura porosa permite el ingreso de agua y oxígeno necesario para el crecimiento de las plantas, la estructura porosa permite la circulación de aire y en áreas urbanas la retención del calor es menor. De esta forma beneficia controlando las inundaciones, mejora la calidad del agua y recarga los acuíferos proporcionando comodidades y beneficios a la vida silvestre ya que pueden recrear áreas verdes.

Los pavimentos permeables pueden llegar a ser parte de la solución a los problemas de inundaciones, debido a que el 70 por ciento de las zonas urbanizadas están constituidas por vías.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general.

Lograr el diseño de la estructura de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Isla, que alcancen un drenaje bueno según la guía AASHTO y un comportamiento mecánico adecuado en las vías de la Villa Chullunquiani en el sector nor- oeste de la ciudad de Juliaca.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Diseñar una mezcla de concreto hidráulico poroso, para una losa de pavimento rígido permeable, usando agregados de la cantera isla, para la infiltración de aguas pluviales que tenga un comportamiento mecánico adecuado.
- Estimar evacuar el agua de lluvia que se acumula en la superficie de un pavimento rígido permeable, si se diseña un sistema de drenaje, usando material granular filtrante en la sub base y tubería con perforaciones para el traslado del agua que ingresa desde la superficie.
- Diseñar la estructura de pavimento rígido, compuesto por una losa de concreto hidráulico poroso con resistencia establecida, una sub base granular filtrante y tubería perforada, para logra un drenaje clasificado como bueno según la guía AASHTO, en las vías de la Villa Chullunquiani del sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En cuanto a trabajos que se han ahondado en el tema de concreto permeable, la información ha consentido encontrar documentos de investigación, tesis y/o trabajos de grado, además de referencias lícitas dentro del procedimiento de investigación.

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.

Felipe, Moujir & Castañeda (2014), graduados en la Pontificia Universidad Javeriana, realizaron la investigación de grado titulada “DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO POROSO PARA PAVIMENTOS”.

Felipe, Moujir & Castañeda (2014), El objetivo fue diseñar un concreto poroso aplicado a estructuras de pavimento rígido, para lo cual realizaron una serie de pruebas para dos tipos de mezclas de concreto permeable, con y sin agregados finos para medir su resistencia a compresión y a flexión, permeabilidad, módulo de elasticidad, módulo de rotura, porcentaje de vacíos, entre otros, con la finalidad de verificar las características del concreto permeable que se debe utilizar en obras de construcción para infraestructura vial. Concluyen diciendo que “El concreto poroso, desarrollado contribuye a la disminución de la escorrentía superficial, utilizando de forma complementaria un sistema de drenaje, el cual permita disponer adecuadamente del agua, sin que esta afecte las propiedades mecánicas del concreto poroso”.

Meneses, Ospina & Bravo Erazo (2007), autores graduados de la Universidad de Medellín, presentan el siguiente trabajo de grado titulado “Resistencia mecánica y condiciones de obra del concreto poroso en los pavimentos según el tipo de granulometría”, el cual contiene los resultados de estudio de la resistencia mecánica del concreto poroso, utilizando materiales propios de la región de Antioquia.

Meneses, Ospina & Bravo Erazo (2007) “En el diseño utilizado dentro de la mezcla, se empleó un agregado con ausencia casi total de finos, confirmando que su presencia reduce la permeabilidad en la mezcla”.

Meneses, Ospina & Bravo Erazo (2007) indica que “El agregado fino utilizado debió tener un tamaño uniforme de 5 mm y el agregado grueso de 5 a 25 mm con lo cual se lograría obtener un porcentaje de vacíos en el orden de 13 al 25 %.” Meneses, Ospina &

Bravo Erazo (2007) “Al finalizar el trabajo se pudo también concluir que la relación óptima de a/c es de 0.7, confirmando lo que se sugiere en estudios referenciados anteriormente en su trabajo”.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Falcon Baldeon (2016), los autores graduados de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, presentan el siguiente trabajo de grado que lleva por título “Diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Chullqui, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco”.

Falcon Baldeon (2016), nos menciona que “El objetivo de la investigación fue determinar una propuesta de diseño de pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Chullqui, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco”, para desarrollar la investigación “Se utilizaron agregados de la cantera Chullqui para analizarlo tanto mecánica y físicamente, con un tipo de cemento I” Al concluir el trabajo se observó que el contenido de vacíos de un concreto permeable está en función de tres factores.

Guizado Barrios (2017), los autores graduados de la Pontificia Universidad Católica del Perú, presentaron el presente trabajo titulado “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”, en el cual se trata de encontrar un alternativa de solución que ayude al control de las aguas pluviales provenientes de precipitaciones anormales. Para ello se evalúa implementar el concreto permeable en vías locales y pavimentos especiales de dicha región. “Se combinan aspectos tanto hidráulicos como estructurales, así el pavimento debe ser capaz de drenar cierto volumen de agua y proporcionar resistencia estructural adecuada para el tipo de vía a evaluar.” Se analiza la capacidad estructural del concreto permeable, midiendo su resistencia a la compresión y a tracción por flexión. Luego, se comparan los resultados con los requerimientos para la capa de rodadura en vías locales y pavimentos especiales. Al finalizar concluye diciendo que es posible elaborar concreto permeable que cumpla con los requisitos de resistencia para la construcción de vías locales y pavimentos especiales de la CE.010.

Flores Quispe & Pacompia Calcina (2015), los autores graduados de la Universidad Nacional del Altiplano, presentaron la investigación titulada “Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos f'c 175 kg/cm² en la ciudad de Puno”.

Flores Quispe & Pacompia Calcina (2015) “El objetivo de la investigación fue Evaluar la incidencia que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en las propiedades del concreto permeable f'c 175 kg/cm² diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno”. En la metodología se realizaron una cantidad determinada de diseños; concluyendo que “La incorporación de tiras de polipropileno (3 mm x 30 mm) en el diseño de mezcla de un concreto permeable diseñado para pavimentos f'c 175 kg/cm² en Puno, mejora parcialmente las propiedades del mismo, específicamente su resistencia a la compresión”.

2.2. ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.2.1. Ciclo natural del agua.

El ciclo natural del agua es el responsable de la disponibilidad de los recursos hídricos para el desarrollo urbano e industrial. Una buena gestión del ciclo es indispensable para permitir el abastecimiento de las necesidades de la población sin dañar los recursos hídricos; porque sólo el 2.5% del total de los recursos hídricos de la tierra es agua dulce y el resto es agua salada (Gómez-Ullate Fuente, 2011 [Ref 18]).

Castro et al. (2005) indican que el Ciclo hidrológico es aquel que “representa la existencia y el movimiento del agua presentes en la tierra. Se encuentran dos tipos, el ciclo hidrológico natural y el ciclo hidrológico urbano”.

Es un proceso en el cual parte del agua de lluvia es interrumpida por la vegetación antes que la precipitación tenga contacto con el suelo, el resto de agua satura al terreno antes de producir escorrentía superficial y subsuperficial. El agua se concentra en lagos, humedales y ríos o se drena alimentando acuíferos naturales, que son fuentes para la dotación de agua al centro poblados. En todas las fases están presentes los procesos de evapotranspiración de las plantas y de evaporación necesarios para cerrarlo. (Castro Fresno, Rodríguez Hernández, Bayón, & Ballester Muñoz, 2005).

El agua, antes de llegar al suelo, purifica el aire recogiendo partículas contaminantes, que son arrastradas posteriormente en la ciudad, Castro et al. (2005) ratifican que “la detención de agua de precipitación es efectuada por los tejados y superficies impermeables, por lo tanto, en zonas urbanas no se produce casi infiltración, por lo cual por ejemplo los acuíferos naturales situados bajo las ciudades quedan aislados”.

2.2.2. El ciclo hidrológico y el impacto del crecimiento urbano.

Para contrarrestar el impacto del crecimiento urbano en el ciclo hidrológico se debe llevar a cabo una buena administración de las aguas pluviales en las ciudades. De forma

natural, en el ciclo hidrológico, el agua se almacena y circula a través de un circuito cerrado entre el aire, las aguas subterráneas y las aguas superficiales.

Sin embargo, el ciclo del agua en las ciudades ha sido altamente alterado debido al rápido crecimiento urbanístico que da lugar a dos fenómenos que dan origen a los problemas relacionados con el agua en las ciudades (Gómez-Ullate Fuente, 2011 [Ref. 18]).

- La creciente impermeabilización de las superficies (calles, carreteras o techos).
- La reducción de la cobertura vegetal, la cual disminuye la infiltración del agua en el terreno como la evapotranspiración.

2.2.3. Inundaciones en zonas urbanas.

Con el aumento de la urbanización en las ciudades, los suelos se vuelven poco permeables “haciendo que el agua corra rápidamente por canales y pavimentos, concentrándose en un corto periodo de tiempo en los sistemas de alcantarillado subterráneos esto hace que se genere un crecimiento en la frecuencia y en la magnitud de las inundaciones” (Alfaro Rosales, 2017). Es por eso que cuando hay tormentas menores y más frecuentes, pueden ocurrir problemas de inundación.

Estas inundaciones son producidas por los criterios de diseño tradicionales, los que consisten en evacuar el agua caída en las superficies impermeables en el menor tiempo posible. “Este criterio es, precisamente, el que hace que los sistemas convencionales de gestión de las aguas pluviales fallen, ya que se presenta una acumulación de una cantidad enorme de agua en un corto periodo de tiempo” (Rodríguez Hernández, Ballester Muños, & Castro Fresno, 2005).

El fenómeno de inundaciones urbanas, que está relacionado con la falta de capacidad de diseño de los sistemas de drenaje cuando se presenta una precipitación elevada, es un problema global que tiene por consiguiente consecuencias económicas y sociales. Por otro lado, las inundaciones y las fuertes lluvias han sido asociadas con enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, sin embargo, no está claro en qué medida suponen un riesgo para la salud pública (Alfaro Rosales, 2017).

En las figuras 1 y 2 se aprecia la magnitud de las inundaciones en zonas urbanas en un pavimento construido de forma convencional, notándose la presencia de agua estancada

en la superficie provocando daños a la estructura, además se observa también la presencia de sedimentos, contaminantes en el agua y un drenaje no sostenible.



Figura 1. Inundaciones en Vías Urbanas (Elaboración propia).



Figura 2. Magnitud de las Inundaciones en Zonas Urbanas (Elaboración propia).

2.2.4. Sistemas de drenaje alternativos.

Altarejos (2007) nos indica que “para controlar los efectos negativos antes mencionados de la urbanización sobre el ciclo hidrológico, se han creado sistemas de drenaje alternativos. En efecto, la gestión de las aguas lluvias en zonas urbanas es de vital importancia para la reducción de contaminantes y el retardo de volúmenes de descarga de agua a los cuerpos receptores”.

Gran cantidad de los sistemas de gestión del agua, que se nombran como sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), se basan en dos principios: maximizar la capacidad de almacenamiento y maximizar la capacidad de recarga.

Estas técnicas alternativas pretenden complementar, o en algunos casos sustituir, los sistemas de drenaje convencionales aliviando las demandas excesivas que se presentan

de manera puntual en el tiempo de las redes de alcantarillado pluvial y combinado (Alfaro Rosales, 2017).

2.2.5. Generalidades de los pavimentos permeables.

Los pavimentos permeables son un tipo especial de pavimento, que gracias a su diseño permite la infiltración del agua por medio de su estructura y permite el almacenamiento temporal de la misma en la subbase, para su posterior disposición o infiltración en el terreno (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).



Figura 3. Pavimento convencional (izquierdo) y pavimento de concreto permeable (derecha) después de un contacto con el agua. Adaptado de Google

2.2.6. Tipos de pavimentos permeables.

Existen diferentes tipos de pavimentos permeables, los cuales se pueden clasificar de acuerdo al material de su capa de rodadura.

Estos se clasifican en tres grupos:

- Pavimentos de asfalto poroso



Figura 4. Pavimentos de Asfalto Poroso. Adaptado de Youtube.

- Pavimentos de concreto poroso



Figura 5. Pavimento de Concreto Poroso. Adaptado de Youtube.

- Pavimentos de adoquín y modulares



Figura 6. Pavimento de Adoquín y modulares. Adaptado de Youtube.

2.2.7. Ventajas.

Las ventajas que el pavimento poroso nos ofrece son técnicas que nos proporcionan un drenaje urbano sostenible.

a) Ventajas técnicas.

- Tiene un periodo de vida de 15 a 40 años siempre y cuando haya tenido una correcta instalación y un buen mantenimiento.
- Contiene dureza mayor debida al poco contenido de agua.

- Puede alcanzar resistencias superiores con diseños de mezcla especiales, estructurales y distintas tecnologías en su colocación.
- El pavimento es auto drenante y autoventilado por su material.
- Al ser una estructura con mayores porcentajes de vacíos al convencional no produce islas de calor como el concreto convencional y el asfalto.
- Evita encharcamientos y evita saturaciones en tiempo de lluvias.
- Evita el hidro planeo disminuyendo las distancias de frenado de los automóviles en lluvias.
- Otorga facilidades al momento de estacionar un vehículo ya que se disminuyen o eliminan las áreas donde se acumula el agua.
- Disminuye el ruido que la llanta y el pavimento producen al interaccionar.
- Al ser un material granular las cargas transmitidas al pavimento se descomponen distribuyéndose en forma heterogénea esto debido a que existen puntos de contacto, de esta forma la carga que llega al terreno es repartida en una mayor área que el pavimento con base convencional.
- El costo no es más caro que otros pavimentos de concreto y compite con el asfalto.
- Su instalación no requiere de mando de obra calificada, ni de maquinaria sofisticada.
- Para su fabricación se puede fabricar directamente con mezcladoras para concreto o se contrata la mezcla en plantas de premezclado de concreto.
- Su instalación puede ser a mano por el método tradicional, aplicando después una vibro compactación o se puede aplicar con una máquina para pavimentos de asfalto.

b) Ventajas sociales

- En cuanto a la seguridad los poros del pavimento ayudan a eliminar el agua y el aceite de la superficie en forma directa, de esta forma incrementan los coeficientes de fricción del pavimento poroso ya que “Los mismos poros son canales de descompresión donde cualquier agua estancada escapa de debajo de los neumáticos de vehículos, manteniendo los neumáticos en contacto con la superficie”.

- Presenta de forma estética una mejor presentación a comparación de otros sistemas de drenaje ya que permite el crecimiento de vegetación.
- Reducen el ruido que producen los neumáticos de los carros ya que la superficie permeable absorbe la energía del sonido.
- Disminuye las filtraciones de agua en las áreas de estacionamiento y de tráfico ligero, evitando los charcos de la superficie.
- Reserva fondos en el apoyo de la zona donde se introduce el cemento permeable, sin la necesidad de utilizar equipos para drenar el agua.
- Transferencia fraccional o total de redes de alcantarillado en los barrios.
- Disminución de costos de transporte y energía en medio de la creación y posición.
- Simplicidad de adquisición de totales, agua y bonos en cualquier región o localidad.
- La formación de nuevas organizaciones que cuentan con cierta experiencia en el transporte, disposición y mal uso de las contribuciones, para su generación.
- Vida más larga y menor costo de mantenimiento en contraste con diferentes tipos de asfaltos.

c) *Ventajas ambientales.*

- Permite la reutilización de las aguas pluviales para usos no potables.
- Permite que el suelo retenga la humedad durante más tiempo, favoreciendo así las regiones verdes a pesar de permitir la recuperación del nivel freático.
- Permite una utilización superior del agua, que comúnmente se contamina cuando se mezcla con el agua del drenaje sanitario, además evita el transporte de los residuos del agua, lo que conlleva el peligro de una la obstrucción de alcantarillado.
- Permiten el desarrollo de vegetación ya que el asfalto es penetrable al aire y al agua, mientras la parte más baja del suelo se puede mantener húmeda, mejora la condición del asfalto permitiendo la siembra y prolongando el tiempo de existencia de la vegetación.

- Retención de toxinas que en un momento dado podríamos terminar en lagos, ríos y mares.
- Disminución de la contaminación del agua, provocando la disminución del tratamiento del agua.
- Permite la invasión de agua en el subsuelo al disminuir la medida de agua en los marcos de infiltración.
- Producción de nuevas estrategias de desarrollo factibles, ante la disminución de toxinas.
- Disminuye la absorción de la radiación solar, disminuyendo la temperatura en la tierra donde se encuentra, debido a la estructura de poros abiertos.
- Fomenta la captura de agua y aire de los árboles en territorios despejados con este material.
- El ciclo hidrológico e hidráulico de al agua no es interrumpido por la permeabilidad que tiene.
- Controla la contaminación que se puede generar en la mezcla de aguas pluviales con las aguas negras en los drenajes.
- Filtra los agentes contaminadores que dañan las aguas subterráneas.
- Reduce o elimina el tamaño de las alcantarillas de aguas pluviales.
- Realiza un control del escurrimiento de las aguas pluviales.

2.2.8. Desventajas.

a) Desventajas técnicas.

- La obstrucción (por sólidos suspendidos en la esorrentía o transportados por el aire) y la degradación (por ciclos de descongelación).
- Es sensible a la compactación del suelo, ya que puede disminuir su límite de datos. De esta manera, una estructura desaconsejada, una ejecución deficiente o un mantenimiento deficiente o inexistente, disminuye la calidad inquebrantable del marco.
- La resistencia a la compresión del concreto es menor que la del concreto convencional.

- El inicio del trabajo es moderado y difícil, además su método de mantenimiento debe ser constante en el procedimiento de desarrollo.

b) Desventajas ambientales.

- Debido a la estructura se pueden infiltrar contaminantes que al no ser detenidos y reducidos pueden seguir transportándose a través del suelo contaminando el agua que circula por medio de la escorrentía.

c) Desventajas sociales.

- La desconfianza de los técnicos ya que desde el punto de vista de la seguridad hay un riesgo de deslizamiento en los primeros meses de su instalación.
- El costo es relativamente mayor que el tradicional por su instalación y mantenimiento de la permeabilidad.
- El pavimento permeable requiere un mantenimiento constante, ya que a medida que el tiempo transcurre pueden perder permeabilidad ya que los espacios vacíos pueden llegar a taparse con material fino.

2.2.9. Características del sistema.

- Es un hormigón que posee poros conectados.
- Posee un peso ligero a diferencia que los pavimentos convencionales.
- Almacena menos calor, ayuda a reducir el efecto Isla de Calor.

2.2.10. Resumen del sistema.

El pavimento permeable consta en la parte superior de una losa de concreto poroso, seguido de una sub base de material granular. El concreto poroso permite drenar el agua de las precipitaciones desde la superficie hasta el suelo mediante tubos o de forma directa.

Proporciona una alternativa económica para los sistemas de drenaje complejos además de ser simple, el color de este tipo de pavimento absorbe la luz y de esta forma almacena menos calor en comparación con los materiales convencionales que son más oscuros, como son el asfalto convencional. El concreto permeable se obtiene mediante la eliminación de la arena y la elección de la estructura de áridos en forma correcta.

2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.3.1. Aspectos generales.

Según Narváez, (2005), “la topografía como ciencia tiene por objeto representar el terreno sobre el papel de la manera más exacta posible, permitiéndonos determinar todo el conjunto de particularidades de la configuración de un terreno”.

Cuando hablamos de topografía, enfrentamos una disciplina de vital importancia en todos los procesos relacionados con la ingeniería en general. Se sabe que cualquier tipo de proyecto o estudio, es necesario tener un modelo, a pequeña escala, del terreno en el que vamos a expresar nuestras ideas, es decir, lo que se construirá. Para llevar a cabo y comenzar cualquier proyecto de ingeniería es necesario realizar un levantamiento topográfico, ya que los estudios topográficos son el eje principal en casi todos los trabajos de ingeniería.

Los datos topográficos nos permitirán definir parámetros para el diseño de la carretera: ubicación altimétrica del eje de la vía, el perfil longitudinal y las secciones transversales, así como los volúmenes de cortes y rellenos para el movimiento de tierras; además nos permitirá conocer los datos para el diseño del drenaje: lugares de evacuación, pendientes, características del sistema; todo esto para el correcto desarrollo del diseño del proyecto.

2.4. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El estudio geotécnico tiene un papel importante en obras viales ya que la mayoría de, obras viales utilizan la geología para realizar el estudio de los suelos de los lugares que serán usadas para dichas obras.

Para realizar el diseño de pavimentos, es esencial conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, ya que estos datos nos permitirán comprender las características generales y sus comportamientos del terreno usado para el proyecto.

2.5.1. Aspectos generales.

a) Terreno de fundación.

El estudio en el terreno de fundación indica los datos in situ que tiene el lugar donde se desarrollará el proyecto mediante el muestreo, exploración de suelos y los estudios de la muestra que se hacen en el laboratorio.

La norma E.050 Suelos y Cimentaciones no cuenta con un criterio determinado para los estudios del terreno de fundación en las carreteras. Pero Montejó Fonseca, (2002), nos

brinda un criterio para la ubicación, profundidad y las perforaciones que depende según el tipo de zona, las cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.
Criterio para ejecución de las Perforaciones en el Terreno

TIPO DE ZONA	ESPACIAMIENTO (M)	PROFUNDIDAD (M)
Carreteras	250 – 500	1.50
Pistas de aterrizaje	A lo largo de la línea central, 60 - 70	Cortes: - 3 m debajo de la rasante Rellenos: - 3 m debajo de la superficie existente del suelo
Otras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1000 m ²	Cortes: - 3 m debajo de la rasante Rellenos: - 3m debajo de la superficie existente del suelo
Préstamos	Pruebas suficientes para definir el material	Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo

Nota: Adaptado de Montejo Fonseca, (2008).

Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2018), nos indica el número de puntos de investigación según el tipo de vía como se ve en la tabla 2.

Tabla 2.
Número de Puntos de Investigación

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Nota: Adaptado de RNE, (2018).

Para las muestras representativas se realizan los siguientes ensayos

- Cuarteo
- Contenido de Humedad
- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Clasificación de Suelos

- Proctor Modificado
- CBR

Así como los estudios de cantera en caso sea necesario.

2.5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Como parte del diseño del proyecto se deben considerar proyectos hidráulicos que se refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua en este caso específico el drenaje urbano y vial, es decir la precipitación como factor principal y los factores que se determinan a partir de este.

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo. (Villón, 2002).

Barrionuevo Abarca & Beviá García, (2012), indican que a pesar de “que los mismos principios hidrológicos aplicados para la zona rural, gobiernan cualquier otro lugar donde se desarrolle el ciclo hidrológico, la hidrología en zonas urbanas tiene particular importancia, por los cambios que origina en los caudales de escorrentía”, todo esto en base a las siguientes características.

- Gran cantidad de superficies impermeables (calles pavimentadas, techos, etc.) que reducen las pérdidas por infiltración al área urbana.
- Mano de obra del hombre a través de la construcción de canales artificiales, que varían la eficiencia hidráulica de los sistemas de conducción naturales.
- El diseño de caudales se realizará en base de la precipitación pluvial de la zona, es decir proyectar obras hidráulicas, para dar paso a una cantidad determinada de agua por el escurrimiento probable de aguas de lluvia.
- Para el cálculo del gasto se requiere el conocimiento de la precipitación pluvial del área a drenar, topografía y tipo de suelo de dicha área.
- Determinar la precipitación pluvial es diferente a los datos anteriores ya que es necesario conocer los datos de precipitación máxima en un número considerable de años de acuerdo al periodo de retorno y el periodo de vida útil de la obra con la que se diseña el proyecto.

2.6. ESTUDIO HIDRÁULICO

Para obtener el diseño hidráulico es necesario tener datos como el volumen necesario para almacenar las aguas pluviales, y el manejo en caso de eventos mayores que el diseño para evitar problemas futuros. Algunos aspectos importantes para el diseño son:

Tener en cuenta las tasas de flujo contribuyentes de las áreas circundantes que se ejecutan fuera del pavimento.

Debe comprender que la tasa de infiltración de la capa de la banda de rodadura afecta la disminución y la estabilización a lo largo de los años debido a la obstrucción, para contrarrestar este efecto es necesario que en los especificados se incluya un coeficiente de colmatación o de limpieza.

La capacidad de almacenamiento depende de la precipitación, la proporción de vacíos, el tiempo de retorno elegido para el diseño, las áreas que contribuyen al sistema, la infiltración y las fuentes de evacuación del sistema.

2.6.1. Método racional.

El método racional sirve como instrumento para calcular el caudal de diseño para la red de drenaje pluvial ya que es útil para áreas menores a 13 km, formula que se expresa de la siguiente manera:

$$Q = CIA \quad (1)$$

Donde:

Q = Caudal de Diseño Máximo (m^3/s)

C = Coeficiente de Escurrimiento (adimensional)

I = Intensidad (mm/h)

A = Área de Influencia (m^2)

2.6.2. Coeficiente de esorrentía.

Según Bañon Blazquez & Bevia Garcia, (2000), “el coeficiente de esorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc”.

2.6.3. Intensidad – Duración – Frecuencia.

Dos aspectos importantes son considerados en la obtención de la lluvia: el periodo de retorno o frecuencia de la misma y su duración. Las estructuras de drenaje se diseñan para conducir las máximas descargas que se producen, las cuales son un resultado de la relación duración-intensidad de las lluvias (Cárdenas, 2006).

Para el análisis de tormentas la intensidad debe ser considerada como el volumen de agua de lluvia que cae en un determinado espacio de tiempo como parámetro importante en el diseño de las obras de drenajes, éstas, en conjunto con la pendiente, determinan las alturas mojadas de las estructuras a diseñar. La intensidad de la lluvia depende de la duración de esta, existiendo una relación inversa entre ellas. La selección del nivel de probabilidad apropiado para un diseño, es decir, el riesgo que se considera aceptable, depende de las condiciones económicas y técnicas y se relacionan con los daños, perjuicios y molestias que las inundaciones puedan ocasionar al público, comercio, industria e instituciones de la localidad (Cárdenas, 2006).

2.6.4. Periodo de retorno.

El periodo de retorno es el evento máximo de escurrimiento contra cuyos efectos deben evitarse los daños e inconvenientes a que se refieren los objetivos. Por motivo de facilidad, se expresa el evento máximo señalado por su período de retorno, es decir, el número promedio de retorno, es decir, el número promedio de años que transcurren entre la ocurrencia de dos eventos iguales (Bolinaga, 1979).

2.6.5. Componentes del sistema de drenaje pluvial.

Los sistemas de drenaje urbano comprenden una serie de elementos que van desde el sistema de captación de aguas pluviales hasta las canalizaciones y conductos que permiten la conducción y descarga de las aguas de lluvia precipitadas en el medio urbano hasta los cauces naturales y artificiales, para su libre escurrimiento (Eslamian, 2014).

El plan de estos sistemas de drenaje como lo indica (Eslamian, 2014), requiere de aspectos, por ejemplo.

- La garantía de la progresión más extrema del agua que se puede mover hacia afuera (carriles, carreteras) sin superar la estatura del agua y/o los anchos de inundación predeterminados en general por los modelos de plan para la filtración urbana, es de acuerdo a la importancia de calle.

- Para el cálculo de los mayores caudales de lluvia se pueden usar métodos, por ejemplo, el racional, en el que la necesidad de decidir parámetros como tiempos de fijación y coeficientes de escorrentía, según las cualidades del uso de la tierra dentro del territorio de evaluación al marco de recolección de agua, así como al marco de alcantarillado individual.
- Determinar, dependiendo del caudal la precipitación más extrema del agua evaluada para cada segmento de la calle, los parámetros para la sección transversal y la pendiente longitudinal del último mencionado, es decir, anchos de inundación, velocidad de escurrimiento, estatura del agua con respecto al brocal o control, entre otros. Se contrastarán estas cualidades con los parámetros de norma para velar los requisitos de componentes de acumulación de agua.
- En caso de ser requerido dentro de la disposición de drenaje urbanos de los componentes de acumulación, será fundamental, como una característica de la estructura, la garantía de la corriente atrapada por los componentes de recolección de agua que, en la mayoría de los casos, es un procedimiento iterativo para decidir el tipo de sumidero, con la mejor competencia para las condiciones de flujo evaluadas.
- Lleve a cabo la garantía de pendientes y diámetros para el sistema de alcantarillado pluvial, que es uno de los principales segmentos de los marcos de filtración urbana, ya que se encargará de capturar el flujo de los sumideros en estos marcos de residuos urbanos y dirigirlo al último punto de transferencia se preparó para el agua.
- Como debería ser obvio, la estructura del drenaje sugiere una progresión de cálculos que, siempre que lo hiciera físicamente, podrían ser susceptibles de errores que son difíciles de identificar sin una encuesta exhaustiva del considerable número de tareas incluidas.

2.6.6. Consideraciones básicas de diseño.

Bajo los criterios de diseño y según la norma OS-060 (RNE, 2018), se construyen las siguientes consideraciones:

- El método racional solo debe usarse para cuencas de menos de 13 km².
- El periodo de retorno no debe ser inferior a 30 años, por tratarse de un sub drenaje.

- La determinación de escorrentía en la superficie dentro del área de infiltración urbana o privada creada por la precipitación producida por una tormenta aludida a un período de retorno específico nos permitirá utilizar la Ecuación de Manning para decidir la capacidad de la tubería.
- Evacuación del Sistema Mayor, las vías (calles), de acuerdo a su área de influencia, descargarán, por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la ubicación de un evacuador del drenaje.

2.6.7. Criterios de diseño.

Durante la actividad del sistema de alcantarillado, se debe cumplir el estado de auto limpieza para restringir la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables en los colectores. La extracción ininterrumpida es costosa y, en caso de producirse una ausencia de mantenimiento, puede provocar paradas y obstruir problemas. A causa de la corriente en canales abiertos, el estado de auto limpieza está dictado por la inclinación del conducto.

Para tuberías de alcantarillado, la inclinación de la base se puede determinar utilizando la base de la velocidad de la base mínima.

2.6.8. Criterio de velocidad.

La práctica estándar es calcular la pendiente mínima, con el criterio de la velocidad mínima. Según esta medida, los embudos de alcantarillado se anticipan con inclinaciones que garantizan una velocidad mínima de 0.6 m/s en una tubería parcialmente llena en su mayoría y 0.9 m/s de flujo de agua a una tubería llena para evitar la sedimentación de partículas, por ejemplo, arenas y gravas. transmitir agua De la fórmula de Manning, la pendiente tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

S = Pendiente de la línea de agua (m/m).

V = Velocidad media del agua (m/s).

n = Un parámetro que depende de la rugosidad de la pared, su valor varía entre 0,01 para paredes muy pulidas (plástico) y 0,06 para ríos con fondo muy irregular y con vegetación.

R = Radio Hidráulico (cm).

2.7. ESTUDIO DE TRÁNSITO

Probablemente la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento (Montejo Fonseca, 2002).

2.7.1. Aforo vehicular.

Su objeto es cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o una intersección.

2.7.2. Periodo de diseño.

Es el tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente, el establecimiento del periodo de diseño o año horizonte del proyecto se puede establecer para cada par de componente del proyecto y depende de la vida útil de las estructuras o equipamientos teniéndose en cuenta su obsolescencia o desgaste. (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

2.8. DISEÑO GEOMÉTRICO

2.8.1. Aspectos generales.

El MTC, (2014), nos indica los elementos geométricos de una carretera: planta, perfil y secciones transversales. El diseño geométrico es esencial en una vía ya que establece la condición geométrica del conjunto tridimensional que supone, para así cumplir la funcionalidad, seguridad, estética, comodidad, economía, etc.

El diseño geométrico se basa en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas VCHI - 2005, Manual de carreteras - Diseño Geométrico (DG - 2014), con los que se tiene los parámetros a tomar en cuenta para el diseño.

2.8.2. Clasificación de las vías urbanas.

VCHIS S.A., (2005), nos indica que el sistema de clasificación que plantea es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas.

La clasificación adoptada considera cuatro categorías principales: Vías Expresas, Arteriales, Colectoras y Locales. La forma de cada vía cumple las funciones propias de su tipo.

Estas están asociadas a parámetros de diseño como son:

- Velocidad de diseño
- Distancia de visibilidad de parada
- Alineamiento horizontal
- Alineamiento vertical
- Características geométricas en secciones transversales

2.9. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO PERMEABLE

Los pavimentos permeables al ser una forma alternativa de mitigación de la escorrentía superficial y los caudales pico, en las zonas urbanizadas en las cuales la cuenca ha perdido su permeabilidad. Genera zonas donde el agua infiltra o se almacene amortiguando la cantidad de agua de la lluvia.

Al tener características diferentes al convencional su uso se recomienda en zonas de baja pendiente, con poco tráfico tales como estacionamientos, vías con tráfico ligero u ocasional, y andenes, entre otros.

La estructura de los pavimentos permeables consiste generalmente de tres capas:

- Una capa de rodadura que permite la entrada del agua, que puede ser en diferentes materiales como asfalto, concreto (pavimentos porosos), arcilla, grava, pasto (pavimentos permeables) (Interpave, 2008).
- Una capa compuesta por una matriz de material granular de gran tamaño, o por módulos o geo-células plásticas donde el agua se almacena (Sub base).
- Una capa de transición que protege a la estructura del ingreso de partículas que puedan dañar el pavimento.

La subbase se puede utilizar para infiltrar y retener el agua parcial o completamente. En el caso de la infiltración, el suelo natural (sub rasante) debe tener la capacidad para recibir estas aguas (recarga de acuíferos) y en el caso de retención se utiliza cuando el suelo tiende a ser impermeable o cuando se quiere hacer uso de esta agua (aprovechamiento de agua lluvia) (Interpave, 2008).

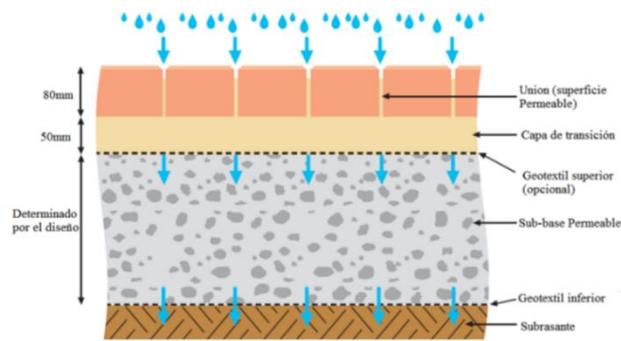


Figura 7. Estructura del pavimento permeable de total infiltración. Adaptado de Interpave, 2008.

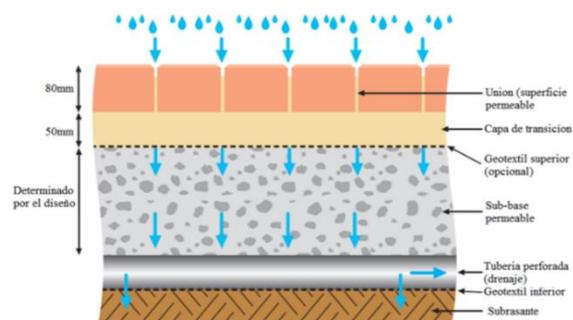


Figura 8. Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial. Adaptado de Interpave, 2008.

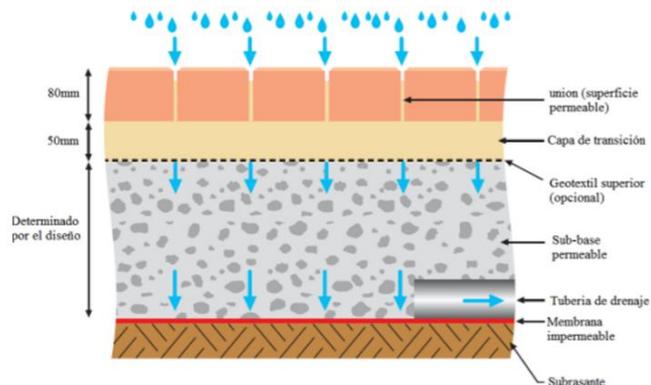


Figura 9. Estructura del pavimento permeable de infiltración 0. Adaptado de Interpave, 2008.

2.9.1. Capa de rodadura.

El comité 522 del ACI, en el reporte 522R-10: Pervious Concrete (2010) recomienda que de acuerdo a la experiencia norteamericana. y europea, los pavimentos permeables, conformados por una capa de concreto permeable, el espesor de la capa de rodadura de concreto permeable de 125 a 250 mm, en el caso de estacionamientos y de 150 a 250 mm

para calles de bajo tránsito. Para elegir el espesor adecuado el proyectista deberá evaluar la resistencia que requerirá durante su uso para condiciones de tránsito (Ferguson, 2005).

2.9.2. Subbase permeable.

En el Perú para realizar el diseño de sub bases granulares actualmente es en base a la EG, (2013) en los que se tiene en cuenta los parámetros de diseño para una adecuada subbase granular.

La granulometría de la subbase debe garantizar la estabilidad del pavimento mediante la trabazón de agregados, tanto en estado seco como condición de humedad total. Debido a que este material también será usado para el almacenamiento, este debe ser resistente ante la presencia de agentes químicos que puedan venir disueltos en el agua y así evitar su meteorización y la pérdida de cohesión al interior de los pavimentos (CIRIA, 2007).

2.9.3. Filtro granular interior o filtro geotextil.

Este estrato tiene la función de evitar el paso de materiales finos desde el suelo de la subrasante hacia la subbase. Se puede utilizar un filtro de geotextil o un filtro granular. Se recomienda emplear geotextiles de materiales sintéticos, no tejidos, de permeabilidad al menos igual a 10 veces la permeabilidad de la subrasante para pavimentos que filtran. Si la obra no ha sido diseñada para la percolación, este filtro se reemplaza por una membrana impermeable (Smith, 2006).

2.9.4. Subrasante.

Una subrasante bien preparada y uniforme es esencial para la construcción de un pavimento de calidad, esta capa tiene un espesor mínimo de 150 mm y debe estar compuesta por material granular y contener poca cantidad de finos. La subrasante no debe ser alterada, saturada o congelada antes de la colocación del concreto, ya que el pavimento de concreto permeable tiene una humedad determinada y si la subrasante está en condiciones secas, el pavimento reducirá su resistencia porque el suelo absorberá el agua del concreto. Para garantizar la compactación uniforme, debe rastillarse y compactarse las deformaciones causadas por la maquinaria que utiliza la vía antes de la colocación del concreto.

2.9.5. Principios de diseño.

A diferencia de los pavimentos convencionales en donde el diseño depende únicamente de la resistencia a la carga aplicada o propiedades mecánicas, a los pavimentos

permeables se les agregan factores hidráulicos tales como permeabilidad y relación de vacíos (Tennis, 2004).

Es necesario llegar a un balance entre el diseño estructural y el hidráulico para de esta manera obtener un sistema óptimo que presente buen comportamiento en ambos aspectos (CIRIA, 2007).

Los dos diseños darán diferentes espesores el que sea mayor será escogido como el espesor de diseño (Interpave, 2008).

2.9.6. Método de diseño AASHTO (1993).

Actualmente, no existe un método de espesor aceptado para pavimentos de concreto drenante, es por ello que se evaluará y analizará mediante el método de diseño AASHTO (1993), para su aplicación y se medirá por este método la calidad que tiene en el drenaje.

Los criterios para el diseño estructural de un pavimento drenante deben ser aquellos que proporcionen la capacidad portante adecuada a la categoría de tráfico que deba soportar el pavimento, sin que esta sufra deformaciones importantes.

El diseño del pavimento drenante está involucrado por el análisis de diversos factores como el tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de servicio deseado y el grado de confiabilidad de acuerdo a las necesidades requeridas. La fórmula 3 es utilizada para determinar el espesor de la capa de rodadura, utilizando los siguientes parámetros:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_O + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{\frac{1.624*10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_1) * \log_{10}\left(\frac{Sc*Cd(D^{0.75}-1.132)}{215.63*J\left(D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{EC}{K}\right)^{0.25}}\right)}\right) \quad (3)$$

Donde:

W_{18} = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

Z_r = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S_o = Desviación Estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del Pavimento en pulgadas.

Psi = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

Pt = Serviciabilidad Final.

Sc = Módulo de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

Cd = Coeficiente de Drenaje.

Ec = Módulo de Elasticidad del Concreto, en psi.

K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg).

2.9.7. Drenaje.

Para Muñoz y Ruiz (1999) “El drenaje es un factor importante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil y por lo tanto en el diseño del mismo. Es posible evaluarlo mediante el coeficiente de drenaje (Cd)”.

2.9.8. Calidad del drenaje.

Muñoz y Ruiz (1999) nos indican también que “El Porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. La precipitación media anual depende de este valor y de las condiciones que tiene el drenaje”.

Además, Muñoz y Ruiz (1999) nos recomiendan que “Evitar que exista presencia de agua es importante, ya que en caso de presentarse afectará en gran medida a la respuesta que tenga el pavimento estructuralmente”.

El agua atrapada puede producir efectos nocivos como:

- Reducción de la resistencia de materiales granulares.
- Reducción de la resistencia de la subrasante.
- Expulsión de finos.
- Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
- Expansión por congelamiento del suelo.

2.9.9. Coeficiente de drenaje.

Según Moujir y Castañeda (2014) el valor de este coeficiente depende de dos parámetros: “La capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación” todo esto durante el transcurso del año.

Los efectos del drenaje sobre el comportamiento del pavimento han sido considerados en el método AASHTO 93 por medio de un coeficiente de drenaje (Cd). El drenaje es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y sus consecuencias sobre la capacidad estructural de éste; y además el efecto que tiene sobre el coeficiente de transferencia de carga en pavimentos rígidos (AASHTO, 1993).

La tabla 3 nos proporciona los valores recomendados por la AASHTO para el coeficiente de drenaje Cd, que depende de la propiedad con que cuentan las capas que constituyen la estructura del pavimento para liberar el agua libre entre sus granos, en función del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está expuesta normalmente expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación (AASHTO, 1993).

Tabla 3.
Coeficiente de Drenaje

Coeficiente de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 Día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	El agua no evacua

Nota: Adaptado de AASHTO 93

Tabla 4.
Calidad del Drenaje

Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de Tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 – 5%	– 25 %	> 25%
Calificación					
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Nota: Adaptado de Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Para elegir cualquiera de los coeficientes de la tabla anterior, se deben seguir los siguientes pasos:

Calcular el tiempo de drenaje de la subbase, para lo cual hay dos requerimientos de diseño. El primero, la capacidad del estado permanente debe ser mayor que la tasa de flujo interior y el segundo, la capacidad del estado no permanente debe ser tal que el agua pueda ser drenada rápidamente después de cada evento de precipitación. La figura 10 muestra las dimensiones de la capa de drenaje. (AASHTO, 1993).

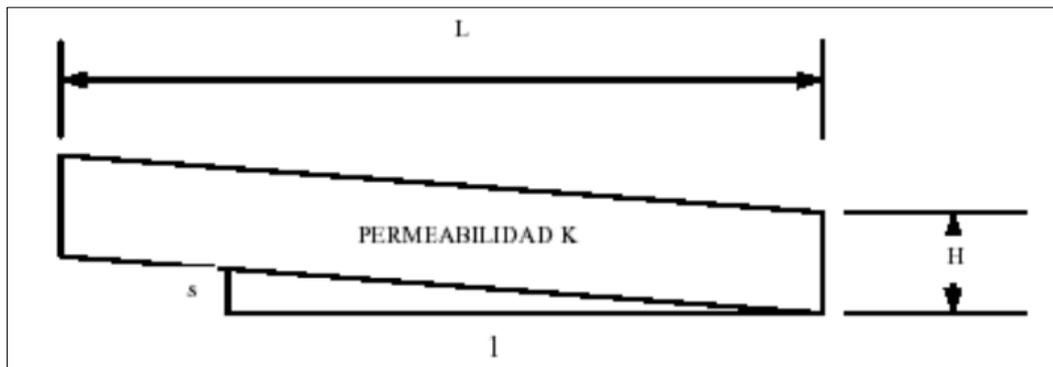


Figura 10. Capa de drenaje Permeable. Adaptado de AASHTO 93

(AASHTO, 1993), nos indica que, para el caso del flujo de estado no permanente, Casagrande y Shanon (1952) mostraron que el tiempo para que el suelo drene el 50 % de su agua libre, puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$t_{50} = \frac{n_e \cdot L^2}{2k(H+SL)} \quad (4)$$

Donde:

t_{50} = Tiempo para 50 % de drenaje.

n_e = Porosidad efectiva, la cual es la porosidad ocupada por el agua drenable.

k = Permeabilidad de la capa de drenaje.

S = Pendiente de la capa de drenaje.

H = Espesor de la capa de drenaje.

L = Longitud de la capa de drenaje.

2.9.10. Concepción del diseño del concreto permeable.

a) Concreto permeable.

El concreto permeable es una mezcla de agregado grueso, cemento, agua, y en menor proporción de arena. Es conocido como el hormigón sin finos o poroso, esta mezcla crea una estructura de célula abierta, la cual permite al agua que cae de las precipitaciones a infiltrarse al suelo. Disimulando la superficie de tierra natural, de esta forma el concreto permeable es excelente para la evacuación de agua de lluvia.

b) Diseño del concreto poroso.

El concreto permeable es usado principalmente para pavimentar superficies de uso peatonal como vehicular, en donde sea necesario tener áreas de superficies permeables que de esta forma permita que el agua de lluvia se infiltre de forma libre al subsuelo, de esta manera es posible realizar la reducción o eliminación de los drenajes pluviales. (Pérez Ramos, 2009).

“Los sitios apropiados para la colocación de concreto permeable son áreas de alta permeabilidad, suelo natural con una gran conductividad hidráulica de 7 mm/hr. Además, las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%” (Pérez Ramos, 2009).

c) Parámetros de dosificación.

“La resistencia y permeabilidad en un pavimento permeable las determina el diseño de mezcla del concreto poroso que va a usarse” (Pérez Ramos, 2009).

Los parámetros de dosificación que debe tener la mezcla drenante son indicados siguiendo este ordena continuación.

d) Tamaño máximo o granulometría del agregado grueso.

Los agregados tienen que cumplir con las condiciones establecidas por la Norma ASTM C33-07 y ASTM D448-07. El interior de un concreto poroso puede detallarse como un conjunto de partículas de agregado grueso, en contacto y unidas entre ellas por puentes instituidos por el mortero que forma la arena y el conglomerante; estos movilizan la resistencia del concreto (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

“De hecho, la rotura de una probeta en la prensa, no es sino el resultado de la ruptura de los puentes aludidos. En contadísimas ocasiones se produce la fractura del agregado grueso” (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

Prácticamente se ve que existe contacto entre las partículas de agregado grueso, estas concentran los esfuerzos mecánicos, es apropiado ser más restrictivo en lo que respecta al desgaste de los Ángeles. “Como valor de referencia puede emplearse el adoptado por el instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja” (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

e) Agregado fino.

Para este existe una tabla del ACI en donde se aprecia que la cantidad de agregado fino está en función del peso del agregado grueso.

f) Relación entre el agregado fino y grueso (f/g).

“Este parámetro F/G tiene gran influencia en el comportamiento que presenta el concreto poroso, el cual está relacionado con el tamaño máximo del agregado grueso, es decir que, a mayor tamaño del agregado grueso, y más uniforme, la relación F/G debe ser menor” (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

La experimentación indica que el valor de F/G debe oscilar entre 0.05 y 0.030. Una relación F/G inferior a 0.05 impide la formación de puentes resistentes con dotaciones de cemento desamparando de esta forma excesivamente el conglomerante frente a ataques químicos que se pueden presentar por sustancias transportadoras por el agua o que el agua pura puede contener (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

Los valores elevados de F/G producen efectos en función de la relación agua/cemento (a/c); en su estado fresco, si se desarrolla el trabajo con valores altos de a/c y mayor fluidez del mortero, este escurre hacia la parte inferior del concreto, cementando la masa y colmatándola en estas zonas, de esta manera se disminuye la permeabilidad del conjunto y se reducen los puentes entre agregados (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

g) Cemento.

El cemento Portland según Rodriguez (2012) “Es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida”.

“Esencialmente es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en

proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas” (Rodríguez, 2012).

h) Relación entre el agua y el cemento (a/c).

Como se ve en el concreto convencional en el cual la resistencia a la compresión y la relación a/c están relacionadas de forma inversa, en el concreto poroso la forma de depender es más difícil ya que el agua toma un papel determinante como lubricante cuando se va a compactar el concreto poroso y si esta operación se realiza por vibración es aún más determinante (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

Las resistencias obtenidas al variar la relación a/c, en una dosificación, presentan un máximo entre los valores de 0.5 a 0.7 de a/c. por encima de estos valores se obtiene una lógica caída de la resistencia; por debajo, disminuye también, pero por falta de compacidad.

La relación a/c óptima debe variar de forma moderada, con F/G y en el mismo sentido (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

“Si se realiza por apisonado la compactación, la cantidad de agua pueden disminuir hasta llegar a valores de la relación a/c del orden de 0.35 a 0.5. En este caso la relación a/c es prácticamente independiente de la relación F/G” (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

La calidad que debe tener el agua para el concreto permeable está regida por los mismos requisitos que tienen el concreto convencional. Los concretos permeables deben ser proporcionados con una relación agua-cemento (w/a) relativamente baja (0.30 a 0.40), ya que una cantidad excesiva de agua conducirá a drenar pasta y al atascamiento del sistema de poros. La adición de agua, por lo tanto, tiene que ser vigilada cuidadosamente en el campo (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

i) Diseño de mezcla de concreto poroso.

El diseño de mezcla de concreto poroso se fundamenta por la norma ACI 211.3R “Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete”, esta norma describe el procedimiento para encontrar la dosificación de los materiales.

2.9.11. Ensayos en estado endurecido en el concreto poroso.

a) Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

Este ensayo está normalizado según la NTP 339.034 y en el ASTM C-39. La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días (Abrams, 1897).

Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio. Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar éste se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm, para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla o vibrador preferiblemente el método empleado en la obra (Rivera, 2011).

b) Ensayo de flexión.

Según Rivera (2011) “La resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura” Este ensayo está normalizado por la ASTM C-293-02.

Este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser de 5 o 6 kg/cm^2 ; este esfuerzo de compresión sobre un pavimento de concreto hidráulico resulta sumamente bajo con relación a la resistencia a la compresión del concreto que normalmente varía entre 150 y 350 kg/cm^2 en nuestro medio (Rivera, 2011).

La Resistencia máxima es determinada en un ensayo de flexión o torsión. Cuando se realiza un ensayo de flexión, el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo (Falcon Baldeon & Santos Nieto, 2016).

c) Ensayo de permeabilidad.

El ensayo de permeabilidad es uno de los más esenciales, permite conocer un parámetro importante, el coeficiente de permeabilidad, es característica del concreto poroso, se usa un permeámetro de carga variable recomendado en el reporte (ACI.522R-06, 2006), donde se ensaya probetas de 0.010 m de diámetro por 0.015 m de alto. A continuación, se muestra el equipo de ensayo de permeabilidad recomendado por el ACI-522.

En cuanto al cálculo del coeficiente permeabilidad fue realizado utilizando la ley de Darcy:

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (5)$$

Donde:

k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

L = Longitud (cm).

A = Área (cm²).

a = Área de la tubería de carga (cm²).

t = Tiempo en demora en pasar (h₁-h₂).

h_1 = Altura de agua medida del nivel de referencia (parte superior de la muestra) (cm).

h_2 = Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (1 cm).

La porosidad de la mezcla o los vacíos totales en el material compuesto se ha modelado en función de: (a/c) la relación agua/cemento, el grado de hidratación del cemento, el volumen de aire atrapado, las cantidades de agregados finos y gruesos y cemento; y la gravedad específica de los agregados.

Según el manual de pavimentos permeables del cemento portland FCPA, "Portland Cement Pervious Pavement Manual" el rango es de porosidad es del 15 al 25 % y según ACI 522 R es del 18 al 35 %. La permeabilidad o capacidad de filtración, es la capacidad de un material para que un fluido atraviese por él, sin alterar su estructura interna.

La velocidad con la que el fluido pasa a través del material depende básicamente de tres factores:

- Porosidad del material.
- Densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura.
- Presión a que está sometido el fluido.

2.9.12. Aplicaciones.

Recomendado especialmente para pavimentos, losas, veredas, como protección de la erosión de finos en el suelo, protección de cimentaciones y/o tuberías enterradas.

A continuación, se presentan diversas aplicaciones con estos concretos, haciendo énfasis a aquellas que hacen referencia a pavimentos o carreteras.

2.9.13. Otras aplicaciones.

En la actualidad a medida que han avanzado las investigaciones el pavimento permeable se viene usado en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo.

- Pavimentos permeables en áreas de estacionamiento.
- Capas rígidas de drenaje bajo áreas grandes centros comerciales.
- Pisos de invernaderos para mantener el piso libre de agua estancada.
- Muros, pavimentos, y pisos en donde se desean mejores características de absorción acústica.
- Capas de base para las calles de la ciudad, carreteras municipales, caminos particulares y aeropuertos.
- Terraplenes de puentes.
- Estructuras de playas y muros marinos.
- Lechos de sedimentos de plantas para el tratamiento de aguas negras.
- Sistemas para almacenamiento de energía solar.



Figura 11. Pavimento permeable en asfalto poroso en el estacionamiento de la planta de Schnyder Electric en Tlaxcala, México. Adaptado de Schnyder Electric.

2.10. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Como cualquier obra civil en este tipo de sistema prima la planeación y el conocimiento de la zona de aplicación para garantizar su vida útil y máximo desempeño (MINVU, 1996).

2.10.1. Información básica del lugar de aplicación.

Debe hacerse un reconocimiento preliminar y detallado del sitio de aplicación y conocer datos como: Perfiles de suelo, geología, topografía y patrones de drenaje (hoyas hidrográficas o áreas aportantes), clasificación hidrológica del suelo (A, B, C, D), antecedentes históricos de rellenos o compactaciones, humedales y pozos, etc. Entre más información preliminar se obtenga mejores resultados se tendrán al reducir la incertidumbre (Smith, 2006).



Figura 12. Reconocimiento Preliminar: Geología y Topografía (Elaboración propia).

2.10.2. Durante la construcción.

Se recomienda mantener los sedimentos lejos del área de construcción, es necesario desviar o impedir la entrada de la escorrentía al sitio mediante canales de drenaje, porque esta podría traer partículas contaminantes. Si no se controla lo anterior la estructura podría colmatarse antes de tiempo, acortando su vida útil. Por otra parte, durante el transporte y en el sitio de acopio es necesario proteger los materiales contra contaminantes (materia orgánica o metales) y evitar la entrada de partículas finas (CIRIA, 2007).

2.10.3. Preparación de la subrasante.

La clave de la estabilidad, tanto de los pavimentos permeables como de los convencionales, está en garantizar la uniformidad y resistencia de la subrasante (la compactación de la subrasante se requerirá cuando el sistema funcione como vía vehicular y tenga un CBR inferior a 5%, en el caso que su uso sea peatonal no será necesaria).

Se debe ser cuidadoso con la maquinaria pesada pues esta puede compactar la subrasante a medida que transita, este hecho se debe tener en cuenta en el diseño, pues una sobre compactación disminuirá la capacidad de infiltración de la subrasante (Smith, 2006).



Figura 13. Preparación de la Subrasante. Adaptado de Google.

2.10.4. Cuidados de la membrana impermeable.

Debe asegurarse no rasgar ni romper la membrana impermeable durante los procesos de construcción, además se debe garantizar su longitud de traslape de no menos de 60 cm, esto para el caso del sistema de infiltración cero (CIRIA, 2007).

2.10.5. Compactación de la subbase permeable.

El material de la subbase se debe ir incorporando mediante capas de 10 cm, compactándose hasta alcanzar su máxima densidad con un compactador estático con 10 Ton, sin excederse pues se podría aplastar o triturar el material generando partículas finas y cambiando la relación de vacíos (CIRIA, 2007).



Figura 14. Compactación de Sub-base Permeable. Adaptado de Pisos_y_pavimentos_urbanos

2.10.6. Compactación de la capa de transición.

Se debe hacer el 60% de la compactación con rodillo. estático el. 40.% restante con vibro compactador. Para obtener el nivel óptimo de compactación el material debe estar húmedo (Interpave, 2008).

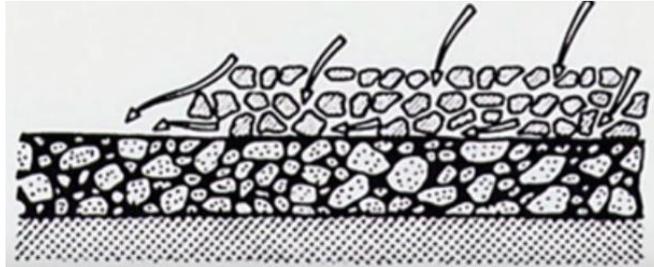


Figura 15. Compactación de la Capa de Transición.
Adaptado de Google.

2.10.7. Compactación del pavimento drenante.

La compactación del concreto drenante se realiza mediante un rodillo, con el fin de obtener una buena adherencia entre la pasta y el agregado. Este rodillo debe ser de un ancho adecuado para que se desplace por el encofrado con una presión vertical mínima de 0.7 kg/cm² (ACI 522, 2006), este rodillo pesa aproximadamente de 270 a 320 kg.

El tiempo de compactación no debe de exceder los 20 minutos después de la vibración del concreto, esto se debe a que la mezcla contiene un gran porcentaje de vacíos permitiendo que la pérdida de humedad se produzca a gran velocidad y, además, el inicio de la fragua se produce en un corto plazo. En la figura N° 18 se muestra lo mencionado anteriormente.



Figura 16. Compactación del pavimento drenante. Adaptado de “Pervious concrete pavements” por Tennis Paul D, 2014.

2.10.8. Diseño de juntas.

La baja relación agua/cemento (a/c) usada en el concreto permeable reduce el potencial de agrietamiento por contracción. Esto permite que las juntas estén espaciadas a mayores distancias que en el pavimento convencional o que se eliminen todas. ACI 522.108 recomienda que el espacio entre juntas de contracción no exceda los 6 m, y que la profundidad de la junta deba ser de 1/4 a 1/3 del grosor del pavimento (con un ancho de junta mínimo para el corte con sierra de 3 mm. En lugar de cortarlas con sierra, las juntas en el concreto permeable son 'cinceladas con una herramienta de juntas.

Las juntas cortadas en concreto permeable curado tienden a desmoronarse. Si el pavimento permeable está contiguo a pavimento convencional, las juntas en los dos materiales deben alinearse para reducir el potencial de agrietamiento reflexivo de un panel al otro (Smith, 2006).

Las juntas de contracción en el concreto drenante se colocan en intervalos de 6 m (GCPA, 2008), para evitar el agrietamiento, estas deben tener una profundidad entre 1/3 y 1/4 del espesor del pavimento, por lo que los equipos convencionales no pueden ser usados, debido que los equipos convencionales al realizar el corte dejan una "rebaba" o residuos de pasta, ya que al endurecerse obstruiría el paso del agua. Se recomienda un rodillo especial con hoja filosa. Las juntas longitudinales se colocan en el medio del ancho del carril, estas juntas pueden ser hechas con el concreto en estado endurecido con el uso de una sierra cortadora, cuando el ancho del carril excede los 4.50 m. Una vez realizado el corte en el concreto endurecido se deberá de cubrir inmediatamente la zona con el material de curado. En la figura N°18 se evidencia lo mencionado.



Figura 17. Corte de las juntas del pavimento drenante.
Adaptado de "Pervious concrete pavements" por Tennis Paul D, 2014.



Figura 18. Juntas del pavimento drenante.
Adaptado de “Pervious concrete pavements” por Tennis Paul D, 2014.

2.10.9. Curado.

El curado es uno de los elementos fundamentales para obtener un pavimento con las condiciones deseadas. La estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. Este proceso requiere una mayor atención y cuidado que el que se tiene en los pavimentos de concreto convencional, debido a la gran superficie de contacto del concreto con el ambiente. Un proceso erróneo de curado en los primeros 7 días puede reducir la durabilidad de la superficie en un 60% (ACI 522, 2006). El proceso de curado debe comenzar inmediatamente después de compactar y producir las juntas transversales. El procedimiento de curado normalmente utilizado es el de cubrir la superficie expuesta con un material de polietileno claro de 0.15 mm o más grueso, en la dimensión suficiente para que pueda cubrir el ancho completo de un carril a lo largo de una distancia razonable, como se muestra en la figura 19. Los materiales tejidos, tales como yute o una tela geotextil, no deben usarse, ya que no retendrán la humedad en el concreto. Los componentes de curado a base de cera no producen resultados aceptables.



Figura 19. Material de polietileno usado para cubrir la superficie expuesta del concreto permeable. Adaptado de (Tennis et al., 2004).

2.10.10. Protección del pavimento drenante.

En climas fríos se debe de proteger al concreto drenante de congelarse y de mantener una humedad óptima para que llegue a sus propiedades físicas deseadas. Las mantas de curado son suficientes para lograr estos resultados.

En climas calientes el transporte, la colocación y el compactado deberán de hacerse lo más rápido posible. Se recomienda utilizar un retardante que evite la evaporización del agua, aplicar luego del enrasado para evitar que la mezcla pierda agua en ese proceso.

2.10.11. Mantenimiento.

El mantenimiento periódico de los pavimentos ecológicos ha demostrado una mejora en cuanto a su comportamiento y un aumento en su vida útil, la forma de hacer mantenimiento es a través del aspirado de los sedimentos en la superficie en condición seca cuando el clima lo permita, por ningún motivo se recomienda llevar a cabo procesos de lavado con agua a presión o barridos por medio de aire comprimido, pues estas dos practicas pueden remover los materiales de la capa de transición y generar vacíos, afectando la resistencia de la estructura a los esfuerzos (Smith, 2006).

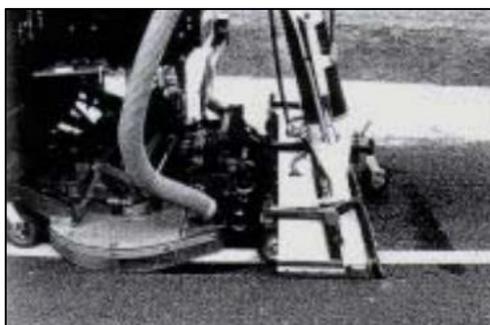


Figura 20. Máquina autopropulsada de limpieza con sistema presión-aspiración. Adaptado de “De Solminihac et al., 2002”.

Tabla 5.
Mantenimiento del Pavimento Drenante

Actividad	Revisión
Asegurarse que no haya tierra en el Pavimento	Mensual
Siembre Vegetación en el área aguas arriba	Ocasiones Especiales
Limpieza con aspiradora	Ocasiones Especiales
Inspeccione la superficie en búsqueda de deterioros	Anual

Nota: Adaptado de “ACI 52. American Concrete Institute”, por Scott Erickson, 2016.

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Jiménez (1998) conceptualiza que: La metodología de la investigación científica constituye por su parte un conjunto de métodos, categorías, leyes y procedimientos que orientan los esfuerzos de la investigación hacia la solución de los problemas científicos con un máximo de eficiencia. Se trata pues, de las formas de aplicación consciente del método científico en la solución de problemas del conocimiento (pp. 18-19).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la orientación es Aplicada porque el desarrollo de la presente tesis se utilizará la investigación aplicada, algunos autores lo nombran “investigación práctica o empírica”, pues se caracteriza por buscar la aplicación y utilización de los conocimientos, mediante pruebas o experimentos en laboratorio.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la Investigación es Pre- experimental en el cual “no hay manipulación ni grupo de comparación, y es posible que actúen varias fuentes de invalidación interna, por ejemplo, la historia. Entre 01 y 02 podrían ocurrir otros acontecimientos capaces de generar cambios, además del tratamiento experimental”.



3.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Hipótesis general.

Si se realiza el diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Isla, se logrará un drenaje bueno en las vías de la Villa Chullunquiani sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca.

3.4.2. Hipótesis específica.

- El diseño de una mezcla de concreto poroso como alternativa para una losa de pavimento rígido, es capaz de infiltrar el agua captada por la lluvia cumpliendo el comportamiento mecánico e hidráulico.
- Es factible evacuar el agua de lluvia que se acumula en la superficie de un pavimento rígido, si se diseña un sistema de drenaje, con el uso de material granular filtrante en la sub base y tubería cribada para el traslado del agua que ingresa desde la superficie.
- Si se diseña la estructura de pavimento rígido, compuesto por una losa de concreto hidráulico poroso con resistencia establecida, una sub base granular filtrante y tubería cribada, se logrará un drenaje clasificado como bueno según la guía AASHTO, en las vías de la Villa Chullunquiani del sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable independiente.

- Diseño de Pavimento Permeable.

3.5.2. Variable dependiente.

- Calidad en el Drenaje.

3.5.3. Indicadores.

- Coeficiente de permeabilidad de la losa del pavimento, subbase.

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- Bibliografía (libros digitales y libros físicos, manuales), tomados para registrar información existente para el desarrollo de la investigación.
- Trabajos de Investigación (monografías, tesis, tesis de grado, artículos, tesinas, revistas, etc.).
- Datos Obtenidos en el laboratorio (ensayos realizados), datos obtenidos bajo condiciones de laboratorio usando normativas existentes (ASTM, Guía AASHTO), ya que no existe normativa específica para el diseño de un pavimento permeable.
- Expedientes técnicos de pavimentos, expedientes técnicos de sistemas de drenaje, tomadas para recabar información en el diseño de la investigación.

- Eventos académicos (seminarios, congresos, jornadas científicas, diplomados), profundidad en eventos académicos de pavimentos para conocer las diversas opciones que se pueden realizar en la investigación.
- Información de internet (Fotografías, vídeos, audios, etc.), información tomada para enriquecer el conocimiento en favor de la investigación.

3.7. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el presente trabajo de investigación se ve el comportamiento actual que puede presentar la calidad del drenaje en un pavimento rígido convencional y el comportamiento mecánico que tiene, mediante un diseño de pavimento usando la metodología AASHTO.

Para el diseño de la estructura del pavimento rígido permeable se tomó en consideración tres diseños de losas de concreto una sin tiras de polipropileno, otra añadiendo 0.05% y una última que cuenta con un 0.10% de tiras de polipropileno, esta losa de concreto permeable capta el agua de la lluvia, su evacuación es a través de la infiltración por su estructura, conformada por una losa de concreto permeable, una subbase granular y una tubería perforada, la permeabilidad alcanzada en la estructura es óptima y la eficacia de la misma se determinó teniendo en cuenta los parámetros de evacuación de drenajes que la Guía AASHTO nos recomienda.

Para la comparación con la situación actual se diseñó una estructura pavimento rígido convencional tomando en cuenta los datos obtenidos en el diseño del pavimento rígido permeable, pero con una variación en la forma de evacuar el agua ya que el pavimento rígido convencional evacua el agua a través de canales (triangulares, trapezoidales, etc.). En este entender la losa de concreto que se usa es una de pavimento rígido convencional y las cunetas son usadas como medio de evacuación, estructuras que según bibliografía cuenta con una permeabilidad baja o prácticamente impermeable, y un comportamiento mecánico adecuado.

3.8. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EJECUCIÓN

3.8.1. Localización.

La investigación en estudio, se desarrolló en la Región de Puno, Provincia de San Román, en el Distrito de Juliaca a una altura aproximada de 3824 metros de altura sobre el nivel del mar. Posee un clima frío predominante, haciéndose intenso durante los meses de junio y julio.

La ciudad de Juliaca geográficamente se encuentra ubicada en la parte norte de la Provincia de San Román, en el centro de la región Puno. La capital distrital se localiza a 15°29'27" de latitud sur, 70°07'37" de longitud oeste.

Y el área de estudio se encuentra aproximadamente en las coordenadas Norte: 8284585, Este 373201 del Sistema WGS-84 zona 19 Sur, a 05 km de la ciudad de Juliaca (cercado) y en trayecto de la carretera Juliaca-Arequipa.

Las figuras 21 y 2 muestran la localización del distrito de Juliaca, y la ubicación de las vías aledañas de la Villa Chullunquiani.

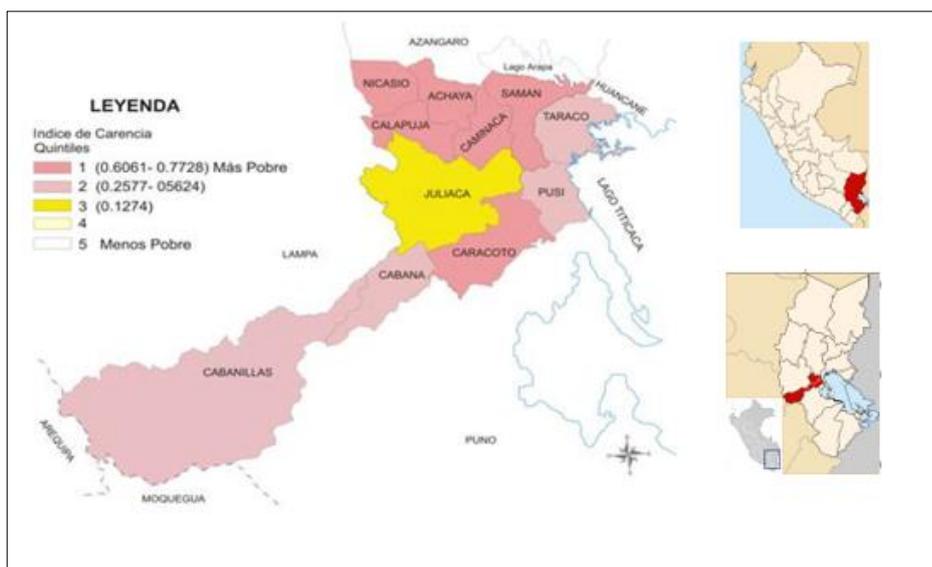


Figura 21. Mapa de Localización del Distrito de Juliaca. Adaptado de Google.



Figura 22. Objeto de Estudio vías de la Villa Chullunquiani. Adaptado de Google Earth.

3.8.2. Cantera.

La cantera de río Isla, de la cual se sacaron los materiales granulares para el desarrollo de la tesis está situada en la salida al centro poblado de Isla, la distancia es de 9.72 km en línea recta desde el centro de la ciudad de Juliaca hasta ella, a pocos metros del puente del mismo nombre. La cantera de río mencionada pertenece al río Cabanillas.

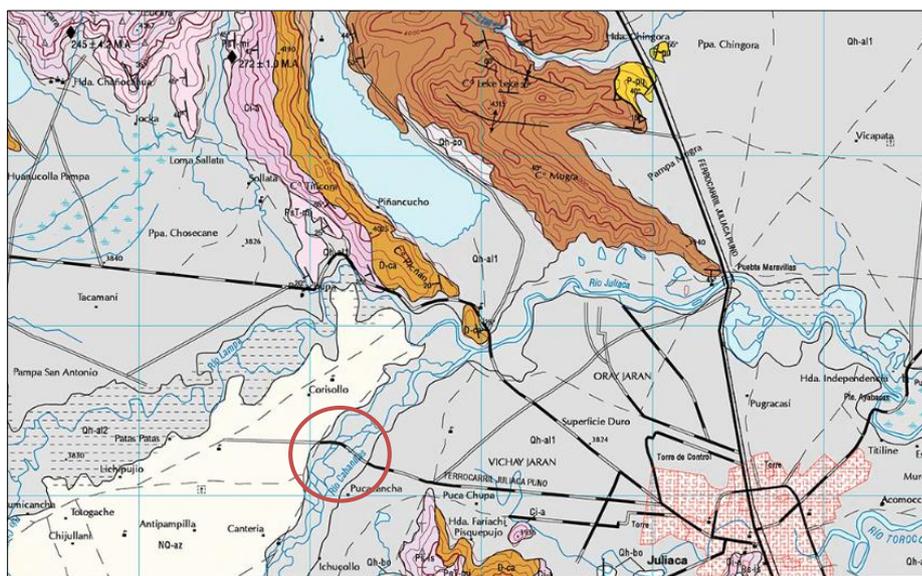


Figura 23. Mapa geológico del cuadrángulo de Juliaca (Escala: 1:50,000) – Hoja 31 v2. Adaptado de “Base topográfica IGN”, 2010, actualizado por el INGEMMET en el 2014.

3.9. OBJETO DE ESTUDIO

Borsotti (2009) el objeto de estudio “es un proceso que produce una metamorfosis de la situación problemática, ya que supone pasar de la descripción de lo que sucede en un lugar o momento-histórico específico a un planteo en términos teóricos y conceptuales”.

El objeto de estudio para la investigación con la intención de brindar una mejora en la calidad del drenaje se realizó estudios, para los tramos designados de la siguiente manera: Tramo I, II, III y IV; cada tramo cuenta con una progresiva independiente ordenados de la siguiente manera:

- Vía I (Km 00+000 al Km 00+170)
- Vía II (Km 00+000 al Km 00+140)
- Vía III (Km 00+000 al Km 00+140)
- Vía IV (Km 00+000 al Km 00+540)

Los estudios realizados se hacen con la finalidad de determinar las características físicas y mecánicas del suelo para lograr el diseño adecuado para el pavimento en mención.

3.10. Procedimiento de investigación.

El procedimiento que se realizó en la investigación se muestra detallado en los siguientes ítems:

3.10.1. Exploración y muestreo.

La exploración consiste en hacer un reconocimiento del lugar (cantera isla, vías aledañas de la Villa Chullunquiani) a usar y el muestreo consiste en obtener una muestra representativa que permita conocer las propiedades de los mismos.

Bajo este enfoque se realizó la exploración y muestreo del agregado de la cantera isla (agregado limpio), con el fin de determinar mediante estudios de laboratorio las propiedades y características mecánicas (resistencia a la compresión, flexión) e hidráulicas (permeabilidad).

El procedimiento para la exploración de la muestra fue el siguiente:

- Se ubicó el punto de exploración en la cantera Isla (ver figura 22).
- Seguidamente se retiró la materia orgánica presente en la cantera con una lampa.
- Después se procedió a seleccionar la muestra a estudiar, también se separó la muestra según el tamaño máximo nominal que se consideró en el diseño de mezcla.
- Después se procedió al muestreo por separado en el laboratorio correspondiente.
- A continuación, se muestra en las figuras que muestra la exploración y muestreo en la cantera Isla.

En cuanto a la exploración de las vías aledañas de la villa Chullunquiani de igual manera se realizó la exploración y muestro en un estudio de suelos a través de calicatas, ensayos de laboratorio estándar y especiales.

- Se tomaron los datos correspondientes con el material extraído se procedió a realización de los ensayos en el laboratorio correspondiente.

3.10.2. Elaboración de especímenes.

Para tener las muestras se realizaron 3 diseños de mezcla de forma independiente, en su elaboración primero se colocó el agregado grueso y fino de la cantera isla, el grueso fue en mayor cantidad que el fino, se mezcló la mezcla aproximadamente de 1 minuto y se colocó el cemento, continuando su mezcla por otro minuto, y seguidamente se añadió las fibras de polipropileno de acuerdo a la proporción especificada en el diseño de mezcla, se realizó su mezclado hasta ver que logre una buena adherencia de los materiales.

Seguidamente la mezcla fue colocada en los moldes que previamente a su uso fueron lubricadas con combustible (petróleo) para facilitar el desmoldado y evitar pérdidas al momento de sacarlo del molde, el relleno de los moldes se hizo compactando con golpes por cada capa puesta distribuidas uniformemente en toda el área del molde, se enraso tratando de homogenizar la mezcla usando una barra de compactar, para finalmente envolver las mezclas con plástico para iniciar con el curado.

Para el curado después de 24 horas fueron desmoldados e inmersos en agua en una poza de curado por 7, 14 y 28 días para ensayar las muestras.

3.10.3. Pruebas.

Los ensayos realizados fueron en estado duro los cuales fueron: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión (módulo de rotura), permeabilidad.

a) Resistencia a la compresión.

Los ensayos de resistencia a la compresión fueron realizados en base a la norma ASTM C39/C39M, en cada espécimen de acuerdo a su edad 7, 14 y 28 días.

b) Resistencia a la flexión.

Los ensayos de resistencia a la flexión fueron realizados en base a la norma ASTM C293/02, en cada espécimen de acuerdo a su edad 7, 14 y 28 días respectivamente.

c) Permeabilidad.

El procedimiento para determinar la permeabilidad que se realizó fue hecho en base a la norma ACI 522R (2010), esta norma recomienda usar un permeámetro en donde se coloca el espécimen cilíndrico de concreto permeable.

3.10.4. Estudios preliminares de diseño.

a) Datos topográficos.

En esta etapa se obtuvieron los datos posibles por el investigador y necesarios para un levantamiento topográfico, siguiendo el siguiente orden:

- Primeramente, se hizo el reconocimiento de Terreno.
- Se delimitaron las áreas de interés o de estudio.
- Se realizó el levantamiento topográfico.
- Se realizó el trabajo en gabinete (procesamiento de información).

b) Estudio hidrológico.

Seguidamente se tomaron los datos hidrológicos los cuales nos permiten definir los lineamientos para el estudio hidrológico, se realizaron de la siguiente manera:

- Se recopiló información tomada de la carta nacional 31v.
- Seguidamente se calculó la precipitación máxima para un determinado periodo de retorno; el dato mencionado fue calculado mediante el modelo de distribución probabilístico Log Pearson III, el cual se encuentra en el Anexo D.
- Finalmente se calculó las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (Ver Anexo D).

c) Estudio hidráulico.

El estudio hidráulico se realizó en base a la norma OS-060; el diseño se realizó de la siguiente manera:

- Para determinar el caudal de diseño se optó por el método racional como método de diseño el cual requiere de los valores de intensidad, coeficiente de escorrentía, y área (Ver Anexo F).
- Para el diseño se tuvo en consideración la velocidad mínima la cual es de 0.6 para evitar sedimentación en nuestra estructura.
- Para el diseño de la estructura que transportara el drenaje pluvial se optó por una tubería perforado circular.

d) Estudio de tráfico.

Se realizó un aforo vehicular en el lugar mencionado anteriormente, para así poder obtener una cantidad específica de ejes equivalentes para un periodo determinado (Ver Anexo H).

e) Diseño geométrico.

El diseño geométrico se realizó teniendo en consideración los parámetros establecidos en el manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI.

3.10.5. Diseño de pavimento.

Al no contar con una metodología existente para diseño de pavimentos rígidos permeables, en la presente investigación se optó por tomar la metodología que el manual de la guía AASHTO nos da, puesto que se pudo tomar puntos resaltantes que sirvieron para una adecuada adaptación.

El diseño de la subbase permeable se realizó en base a la EG 2013 la cual no especifica parámetros que debe cumplir nuestra granulometría en condiciones de subbase.

3.10.6. Drenaje del pavimento.

a) Calidad del drenaje.

La metodología AASHTO nos ayudó a medir la calidad del drenaje mediante los parámetros con los que cuenta; mostrando las siguientes cualidades:

- Para un drenaje excelente, el tiempo que tarda en evacuar el 50% debe ser de 2 horas.
- Para un drenaje bueno, el tiempo que tarda en evacuar el 50% debe ser de 1 día.
- Para un drenaje regular, el tiempo que tarda en evacuar el 50% debe ser en 1 semana.
- Para un drenaje pobre, el tiempo que tarda en evacuar el 50% debe ser en 1 mes.
- Para un drenaje muy pobre, el tiempo que tarda en evacuar el 50% se toma cuando no evacua nunca.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. GENERALIDADES

En este capítulo, se realiza el análisis y discusión sobre los resultados adquiridos durante la investigación, considerando una de las etapas más significativas y aplicables, ya que permitió aprobar o descartar las hipótesis planteadas en la presente investigación.

4.2. MEZCLA DE CONCRETO DRENANTE

Para determinar el diseño de mezcla drenante se hicieron dos diseños uno de forma convencional y el otro adicionando 0.05% de fibras de polipropileno, porcentaje que permite lograr un diseño que mejora la resistencia mecánica del pavimento. El diseño de mezcla se encuentra en el Anexo F.

Al diseñar la mezcla drenante se determinó las características mecánicas: **compresión y flexión**, así como las hidráulicas: **permeabilidad** observando cómo influye estas en estas propiedades en el concreto permeable.

4.2.1. Propiedades de los agregados utilizados.

Las propiedades más importantes que deben tenerse en cuenta en los agregados que se utilizarán para el diseño del concreto permeable son el tamaño nominal máximo (TMN), el peso unitario suelto, el peso específico normal, el contenido de humedad y el porcentaje de absorción.

Tabla 6.
Propiedades de los Agregados Utilizados

Propiedades	AG	AF	Unidad
Tamaño Máximo Nominal	1/2"	4"	Pulg
Peso Especifico	2535	2471	Kg/cm3
Peso Especifico SSS	2535	2471	Kg/m3
Peso Unitario Suelto	1420	1410	Kg/m3
Contenido de Humedad	0.94	1.21	%
Absorción	2.32	3.09	%

Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Cemento.

El cemento es un material determinante en el diseño de mezcla ya que este es el encargado de proporcionar adherencia a la mezcla permeable, ayudando a llegar a una resistencia adecuada.

4.2.3. Agua.

La cantidad adecuada de agua libre de sales resulta influyente y determinante en el diseño de mezcla.

4.2.4. Fibras de polipropileno.

Para mejorar las propiedades de la mezcla drenante, se utilizaron fibras de polipropileno Sikafiber PE.



Figura 24. Materiales empleados para la mezcla drenante (Elaboración propia).

4.2.5. Resistencia a la compresión.

Para determinar la resistencia a la compresión óptima y que el concreto diseñado se puede aplicar a estructuras de pavimento rígido, se hicieron muestras cilíndricas de concreto permeable con una dimensión de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, que se probaron a los 7, 14 y 28 días, en cada día de rotura, se analizaron 3 muestras para obtener una resistencia promedio.

Tabla 7
Resistencia a la Compresión Sin tiras de Polipropileno

Descripción	Edad (días)	Dimensiones (cm)		Resistencia del Concreto	Resistencia Promedio
		Diámetro	Altura		
ST DE PP – 01	7	10.22	20.7	103.25	
ST DE PP – 02	7	10.22	20.7	99.86	102.22
ST DE PP – 03	7	10.24	20.6	103.54	
ST DE PP – 04	14	10.22	20.7	136.54	
ST DE PP – 05	14	10.21	20.7	127.65	132.58
ST DE PP – 06	14	10.21	20.5	133.56	
ST DE PP – 07	28	10.20	20.5	164.56	167.39

ST DE PP – 08	28	10.22	20.7	165.26
ST DE PP – 09	28	10.20	20.6	172.36

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 7 muestra la variedad de resistencia a la compresión controlada después de probar 3 muestras de concreto permeable hecho con agregado grueso sin tiras de polipropileno. A los 7 días adquiere una resistencia promedio de 102.22 Kg/cm².

También muestra las cualidades de la fisura de las pruebas a los 14 días, obteniendo una resistencia de 132.58 Kg/cm².

Por último, demuestra las cualidades de las muestras afirmadas en 28 días, adquiriendo una resistencia normal de 167.39 Kg/cm².

Tabla 8
Resistencia a la Compresión Con 0.05% Tiras de Polipropileno

Descripción	Edad (días)	Dimensiones (cm)		Resistencia del Concreto	Resistencia Promedio
		Diámetro	Altura		
CT 0.05% DE PP – 01	7	10.19	20.6	117.69	119.60
CT 0.05% DE PP – 02	7	10.20	20.6	119.56	
CT 0.05% DE PP – 03	7	10.19	20.7	121.56	
CT 0.05% DE PP – 04	14	10.21	20.7	143.26	151.82
CT 0.05% DE PP – 05	14	10.23	20.7	153.44	
CT 0.05% DE PP – 06	14	10.21	20.7	158.76	
CT 0.05% DE PP – 07	28	10.19	20.6	191.89	196.92
CT 0.05% DE PP – 08	28	10.21	20.6	197.42	
CT 0.05% DE PP – 09	28	10.21	20.5	201.45	

Nota: Elaboración propia

La Tabla 8 muestra la variedad de resistencia a la compresión controlada después de probar 3 muestras de concreto permeable hecho con agregado grueso con tiras de polipropileno exactamente un 0.05%. A los 7 días adquiere una resistencia de 119.60 Kg/cm².

También muestra las cualidades de la fisura de las pruebas a los 14 días, obteniendo una resistencia de 151.82 Kg/cm². Por último, demuestra las cualidades de las muestras afirmadas en 28 días, adquiriendo una resistencia normal de 196.92 Kg/cm².

Tabla 9
Resistencia a la Compresión con 0.10% Tiras de Polipropileno.

Descripción	Edad (días)	Dimensiones (cm)		Resistencia del Concreto	Resistencia Promedio
		Diámetro	Altura		

CT 0.10% DE PP - 01	7	10.19	20.5	109.1	
CT 0.10% DE PP - 02	7	10.20	20.7	108.45	109.36
CT 0.10% DE PP - 03	7	10.19	20.7	110.54	
CT 0.10% DE PP - 04	14	10.21	20.7	142.65	
CT 0.10% DE PP - 05	14	10.23	20.7	136.52	138.14
CT 0.10% DE PP - 06	14	10.21	20.5	135.25	
CT 0.10% DE PP - 07	28	10.19	20.7	176.58	
CT 0.10% DE PP - 08	28	10.21	20.7	180.56	178.57
CT 0.10% DE PP - 09	28	10.21	20.7	178.56	

Nota: Elaboración propia

La Tabla 9 muestra la variedad de resistencia a la compresión controlada después de probar 3 muestras de concreto permeable hecho con agregado grueso con tiras de polipropileno exactamente un 0.10%. A los 7 días adquiere una resistencia de 109.36 Kg/cm².

También muestra las cualidades de la fisura de las pruebas a los 14 días, obteniendo una resistencia de 138.14 Kg/cm².

Por último, demuestra las cualidades de las muestras afirmadas en 28 días, adquiriendo una resistencia normal de 178.57 Kg/cm².

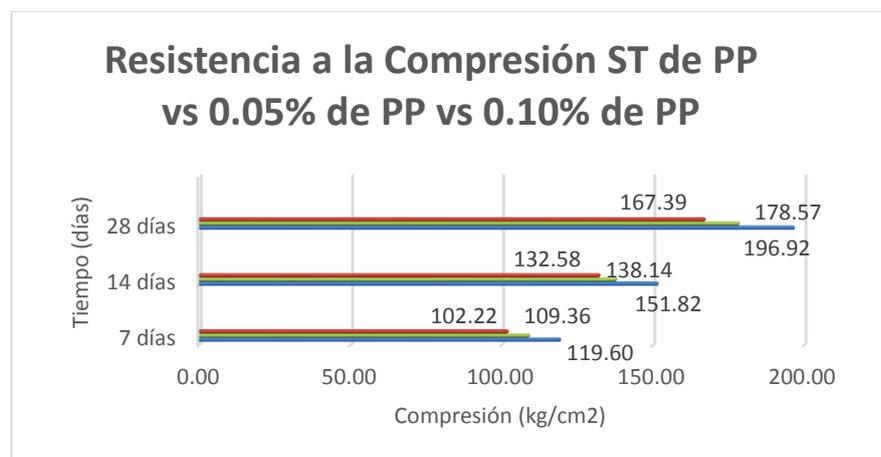


Figura 25. Comparación entre Resistencias a la Compresión (Elaboración propia).

La prueba realizada en los ejemplos de concreto permeable con gradación del huso 8 demuestran los datos obtenidos incorporando fibras de polipropileno en 3 proporciones una sin tiras, otra con 0.05% de tiras de polipropileno y una última con 0.10% de tiras de polipropileno.

Se observa que la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, sin tiras es la resistencia más baja, adicionando 0.05% de tiras de polipropileno aumenta, sin embargo,

al aumentar 0.10% de tiras de polipropileno reducen un poco, concluyendo que la muestra que contiene un 0.05% de tiras de polipropileno es la más óptima.

Respecto a la resistencia los valores determinados están dentro de los parámetros establecidos por el ACI 522 R-10, que indica que las protecciones deben estar en algún lugar en el rango de 70 y 280 kg/cm².

4.2.6. Resistencia a la flexión.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos de las pruebas de flexión realizadas como se indica en la Norma Técnica Peruana NTP 334.003, para conocer el módulo de rotura para que se pueda aplicar en estructuras de pavimentos rígidos, se realizaron viguetas de concreto permeable con las siguientes dimensiones.

Tabla 10.
Dimensiones para realizar el ensayo de flexión

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Luz (cm)
50	15	15	45

Nota: Elaboración propia.

Para conseguir una resistencia promedio se ensayaron 3 viguetas por 7, 14 y 28 días.

Tabla 11.
Resistencia a la Flexión Sin Tiras de polipropileno.

Descripción	Edad (Días)	Base	Peralte	Distancia entre Apoyos	Resistencia a la Flexión	Resistencia Promedio
VG ST DE PP - 01	7	15.1	15.1	50	16.25	
VG ST DE PP - 02	7	15.14	15.08	50	14.25	15.24
VG ST DE PP - 03	7	15.2	14.9	50	15.23	
VG ST DE PP - 04	14	15.08	15.08	50	17.85	
VG ST DE PP - 05	14	15.1	15.14	50	18.26	18.19
VG ST DE PP - 06	14	15.14	14.9	50	18.45	
VG ST DE PP - 07	28	15.16	15.2	50	22.41	21.85
VG ST DE PP - 08	28	15.2	15.14	50	21.26	
VG ST DE PP - 09	28	15.16	15.11	50	21.89	

Nota: Elaboración propia.

La tabla 11 muestra las variaciones de la resistencia a la flexión determinadas después de probar vigas de concreto permeable sin fibras de PP. Se muestran los resultados obtenidos después de la rotura de las viguetas a los 7 días y una resistencia promedio de 15.24 Kg /cm². También se observan los valores de la ruptura de la viga a los 14 días obteniendo una resistencia promedio de 18.19 Kg / cm², mientras que los valores de las

viguetas rotas a los 28 días, obtienen una resistencia promedio de 21.85 Kg / cm², que representa el 100% de su resistencia.

Tabla 12.
Resistencia a la Flexión CT de polipropileno al 0.05%.

Descripción	Edad (Días)	Base	Peralte	Distancia en Apoyos	Resist. Flexión	Resist. Prom.
VG CT 0.05% DE PP – 01	7	15.08	15.1	50	21.65	
VG CT 0.05% DE PP – 02	7	15.1	15.16	50	22.13	22.05
VG CT 0.05% DE PP – 03	7	15.11	15.14	50	22.36	
VG CT 0.05% DE PP – 04	14	15.08	15.08	50	24.3	
VG CT 0.05% DE PP - 05	14	15.2	15.1	50	25.8	25.50
VG CT 0.05% DE PP - 06	14	15.1	15.14	50	26.4	
VG CT 0.05% DE PP - 07	28	15.14	14.9	50	31.58	
VG CT 0.05% DE PP - 08	28	15.13	15.11	50	31.43	31.74
VG CT 0.05% DE PP - 09	28	15.2	14.9	50	32.22	

Nota: Elaboración propia.

La tabla 12 muestran las variaciones de la resistencia a la flexión determinadas después de probar vigas de concreto permeable incorporando fibras de Polipropileno al 0.05%. Se muestran los resultados obtenidos después de la rotura de las viguetas a los 7 días y una resistencia promedio de 22.05 Kg/cm², También se observan los valores de la ruptura de la viga a los 14 días obteniendo una resistencia promedio de 25.50 Kg/cm², mientras que los valores de las viguetas rotas a los 28 días, obtienen una resistencia promedio de 31.74 Kg/cm², que representa el 100% de su resistencia.

Tabla 13.
Resistencia a la Flexión CT 0.10% de polipropileno.

Descripción	Edad (Días)	Base	Peralte	Distancia en Apoyos	Resist. Flexión	Resist. Prom.
VG CT 0.10% DE PP - 01	7	15.11	15.1	50	18.25	
VG CT 0.10% DE PP - 02	7	15.1	15.2	50	19.26	19.35
VG CT 0.10% DE PP - 03	7	15.15	15.08	50	20.54	
VG CT 0.10% DE PP - 04	14	15.11	14.9	50	21.23	
VG CT 0.10% DE PP - 05	14	15.2	15.1	50	22.25	22.34
VG CT 0.10% DE PP - 06	14	15.08	15.2	50	23.54	
VG CT 0.10% DE PP - 07	28	15.2	15.08	50	31.58	25.68
VG CT 0.10% DE PP - 08	28	15.1	15.1	50	31.43	
VG CT 0.10% DE PP - 09	28	15.09	14.9	50	32.22	

Nota: Elaboración propia.

La tabla 13 muestran las variaciones de la resistencia a la flexión determinadas después de probar vigas de concreto permeable incorporando fibras de polipropileno al 0.10 %.

Se muestran los resultados obtenidos después de la rotura de las viguetas a los 7 días y una resistencia promedio de 19.35 Kg/cm², También se observan los valores de la ruptura

de la viga a los 14 días obteniendo una resistencia promedio de 22.34 Kg/cm², mientras que los valores de las viguetas rotas a los 28 días, obtienen una resistencia promedio de 25.68 Kg/cm², que representa el 100% de su resistencia.

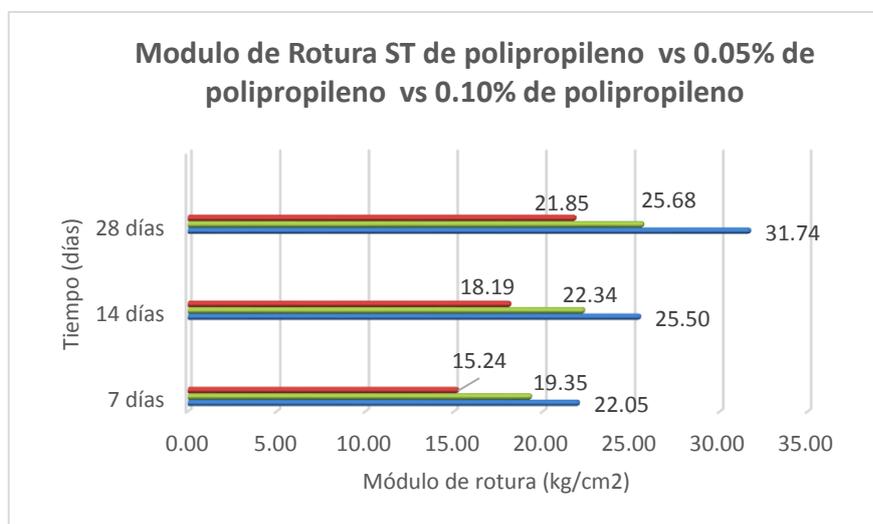


Figura 26. Comparación de Módulo de Rotura (Elaboración propia).

La prueba realizada en las viguetas de concreto permeable fueron en tres proporciones y los datos obtenidos son los siguientes: sin adición de fibras de polipropileno la resistencia es menor, adicionando 0.05% de fibras la resistencia aumenta, y al aumentar la incorporación a 0.10% muestra una disminución de resistencia.

Además, los datos obtenidos de las Resistencias a la flexión a los 17, 14 y 28 días, estaban dentro de los parámetros referenciados por el ACI 522 R- 10, que es de 10 a 38 Kg / cm².

4.2.7. Permeabilidad.

Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad, primero se preparó un permeámetro basado en tuberías de PVC, en el que se colocarían las muestras cilíndricas para su análisis.

Una vez que el equipo de permeabilidad estuvo listo, el espécimen de concreto permeable se colocó dentro de las tuberías ensambladas envueltas en plástico, luego el equipo se saturó con agua hasta que se cubrió el espécimen, la válvula de agua, para terminar, se abrió la válvula inmediatamente y se tomó el tiempo necesario para agua para descender.

En cuanto al cálculo del coeficiente permeabilidad fue realizado utilizando la ley de Darcy.

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * LN \frac{h_1}{h_2} \quad (5)$$

Tabla 14.
Coefficiente de Permeabilidad ST de PP

Huso Granulom.	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm/s)	K medio (cm/s)	Dv. Estándar
	124.21	95.03	81.88	15.15	30	1	0.481		
Huso N° 8	131.56	95.03	82.09	15.01	30	1	0.449	0.464	0.01
	128.16	95.03	82.38	15.07	30	1	0.461		

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 14 muestra un coeficiente de permeabilidad para un concreto permeable sin tiras de PP, adquiriendo un valor de 0.464 cm/seg.

Tabla 15
Coefficiente de Permeabilidad CT de PP al 0.05%.

Huso Granulom.	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm/s)	K medio (cm/s)	Dv. Estándar
Huso N° 8	126.26	95.03	81.93	15.15	30	1	0.473		
con 5% de	130.18	95.03	82.09	15.01	30	1	0.454	0.463	0.02
tiras de PP	128.56	95.03	82.30	15.07	30	1	0.460		

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 15 muestra un coeficiente de permeabilidad para un concreto permeable con tiras de polipropileno al 0.05%, adquiriendo un valor de 0.463 cm/seg.

Tabla 16
Coefficiente de Permeabilidad CT de PP al 0.10%.

Huso Granulométrico	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	K (cm/s)	K medio (cm/s)	Dv. Estándar
Huso N° 8 con	130.84	95.03	81.84	14.95	30	1	0.451		
10% de tiras de	129.54	95.03	81.56	14.94	30	1	0.457	0.461	0.01
PP	125.65	95.03	81.72	15.06	30	1	0.474		

Nota: Elaboración propia.

Comparando los datos en las tres filtraciones podemos observar que la variación es mínima ya que al añadir 0.05 % y 0.10 % de tiras de PP no reduce en gran cantidad la permeabilidad del concreto permeable.

Con los datos obtenidos después de esta prueba de permeabilidad se ve que están estrechamente relacionados con la capacidad de nuestro concreto para filtrar el agua a través de su estructura en un momento dado y así poder evacuar la escorrentía superficial.

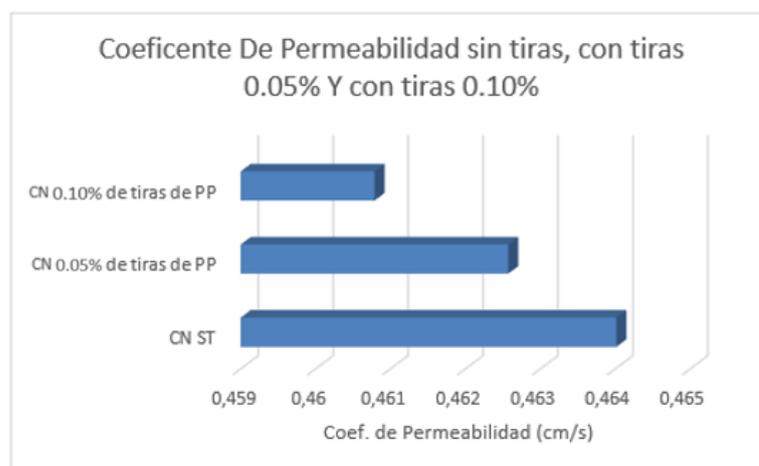


Figura 27. Comparación de Permeabilidad de las muestras (Elaboración propia).

4.3. SISTEMA DE SUB DRENAJE COMPUESTO POR MATERIAL GRANULAR Y TUBERÍA PERFORADA

Los resultados obtenidos en el diseño del drenaje pluvial nos ayudan a determinar el caudal que pasara por la red vial conformada en el área de estudio, los cuales nos ayudaran a evacuar el volumen de almacenamiento captado de las aguas pluviales.

4.3.1. Periodo de retorno.

El periodo de retorno que es el promedio de tiempo en que un evento parecido puede superar al caudal pico se calculó por el método estadístico Log Pearson III ya que es el que más se ajusta al modelo de distribución. El cálculo estadístico de Log Pearson III se muestra en el Anexo D.

Tabla 17
Periodo de Retorno.

Periodo de Retorno (Años)	Precipitación Máxima (mm)
2	32.06
5	39.37
10	41.40
25	53.83
30	55.20
100	63.62

Nota: Elaboración propia.

Al diseñar un subdrenaje el periodo de retorno es igual a 30 años esto quiere decir que en este tiempo promedio el valor de un caudal pico puede ser superado. Es importante señalar que el valor de riesgo admisible en un subdrenaje es de 40% y el periodo de vida útil es de 15 años.

4.3.2. Caudal de diseño.

Se aplicó el método racional como instrumento para calcular el caudal de diseño para la red de drenaje pluvial.

$$Q = CIA \quad (6)$$

4.3.3. Intensidad.

Con el periodo de retorno de 30 años se calculó la intensidad la cual es igual a 47.21 mm/hr. El cálculo de la intensidad se muestra en el Anexo D.

Al determinar las áreas de captación para cada tramo que representa esto nos ayuda a determinar el único volumen de agua que debe evacuar independiente de los demás, esto es una ventaja que los pavimentos permeables nos ofrecen ya que se puede corregir el área de cada tramo en solitario.

4.3.4. Áreas tributarias.

Mediante un reconocimiento visual se ha delimitado áreas de influencia para determinar las áreas tributarias como las cuales se muestran con más detalle en la figura 28.

Los resultados de esta etapa están plasmados en la Tabla 18, en la cual se especifica el área en m² de cada área tributaria.



Figura 28. Delimitación de Áreas Tributarias. (Elaboración propia).

Tabla 18. Áreas Tributarias.

Áreas Tributarias	Área de Drenaje (m ²)
A1	3888.2202
A2	2935.2768
A3	3400.6007
A4	5060.0584
A5	3811.054
A6	3500.9762
A7	2110.954
A8	1543.0611
A9	2956.8863
A10	6369.733
A11	2599.1643
A12	7567.7365
A13	5885.4853
A14	5051.2631
A15	13536.9803
A16	21449.3801
A17	13536.9803
A18	21445.1306

Nota: Elaboración propia.

4.3.5. Coeficiente de escorrentía.

Los coeficientes de escorrentía se obtuvieron en base al área por la cual el agua captada por las lluvias está transitando; en nuestra área de estudio se observa que nuestra muestra está compuesta por áreas urbanas, en un tramo con una pendiente mayor 7% y en otras con zonas verdes con pendiente menor a 2%, áreas no desarrolladas también con pendientes menor a 2%; de esta forma se obtiene los coeficientes de escorrentía que oscilan entre 0.3 a 0.89.

Los coeficientes calculados se muestran en el Anexo E.

Con los datos Obtenidos se tiene el caudal de diseño en cada tramo.

Tabla 19.
Caudal de Diseño

Área	Colector	Área de Drenaje (m ²)	Caudal (m ³ /seg)
A1	C - A	3888.2202	0.044
A2	C - B	2935.2768	0.019
A3	C - C	3400.6007	0.040
A4	C - D	5060.0584	0.058
A5	C - E	3811.054	0.043
A6	C - F	3500.9762	0.040
A7	C - G	2110.954	0.024
A8	C - H	1543.0611	0.018
A9	C - I	2956.8863	0.016

A10	C - J	2570.0594	0.034
A11	C - K	3579.11	0.014
A12	C- L	5158.5139	0.041
A13	C - M	7521.2532	0.032
A14	C - N	5885.4853	0.023
A15	E - 1	5051.2631	0.060
A16	E - 2	13536.9803	0.084
A17	E - 3	21449.3801	0.084
A18	E - 4	21445.1306	0.084

Nota: Elaboración propia.

4.3.6. Velocidad.

La velocidad permisible para evitar sedimentación y azolvamiento se les dice velocidades mínimas y máximas las cuales en tubos parcialmente llenos la velocidad mínima permisible es de 0.6 m/s y máxima es de 5 m/s.

En el colector C-I y es donde se tiene la mínima velocidad de 0.6 m/s por lo que es consecuente tener en esos puntos críticos pozos de revisión para dar limpieza y así evitar la sedimentación de partículas.

La velocidad máxima permisible en la tubería tipo PVC no debe ser mayor a 5 m/s.

En el tramo C-A se origina la mayor velocidad de 3.20 m/s² cumpliendo de esta forma los parámetros establecidos.

Tabla 20.
Cuadro de Velocidades.

Área	Tramos	Velocidad (m/s ²)
A1	C - A	4.0689
A2	C - B	3.42
A3	C - C	0.9244
A4	C - D	1.6607
A5	C - E	1.4795
A6	C - F	1.4599
A7	C - G	1.7332
A8	C - H	1.4786
A9	C - I	1.1076
A10	C - J	0.6236
A11	C - K	0.6000
A12	C- L	1.0728
A13	C - M	0.7215
A14	C - N	0.8561
A15	E - 1	1.8467
A16	E - 2	0.7996
A17	E - 3	1.8044
A18	E - 4	1.7482

Nota: Elaboración propia.

En los tramos donde el pavimento permeable funcionara como drenaje pluvial la velocidad mínima es de 0.60 m/s.

4.3.7. Subdrenaje.

Para diseñar el subdrenaje se basó en base en la EG – 2013 con los siguientes resultados: El material subdrenante es de material granular la cual está inmersa entre los parámetros de la gradación A según la granulometría con la que cuenta viendo que es óptima para su diseño.

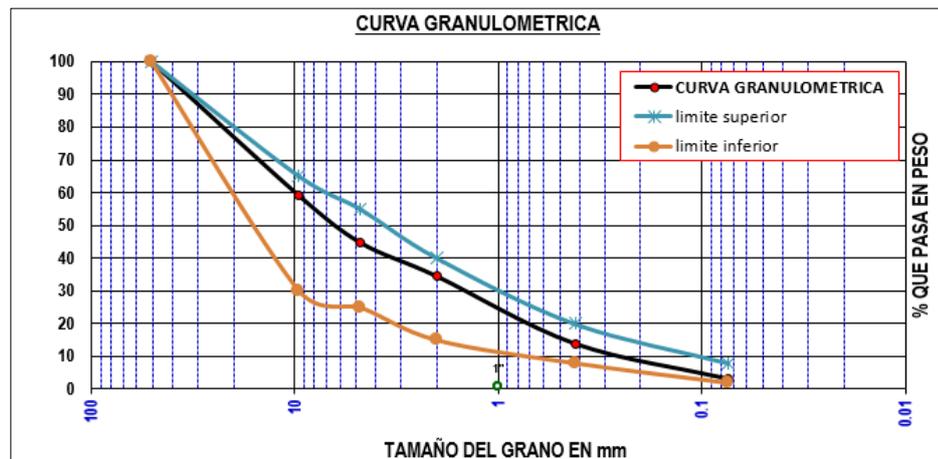


Figura 29. Inundaciones en Vías Urbanas (Elaboración propia).

Para el diseño de la tubería perforada se tuvo en consideración la siguiente condición cumpliendo los parámetros establecidos por la misma.

$$\frac{d_{15} \text{ del Filtro}}{\text{Diámetro del Orificio}} > 1.0 \quad (7)$$

$$\frac{0.61}{0.60} = 1.02 \text{ ok}$$

El diámetro adoptado es de 30 cm y en los tramos que funcionan como conductor principal es de 35 cm esto para poder cumplir los parámetros que nos exige el caudal de diseño. Es importante señalar que la tubería perforada se debe colocar sobre un solado de 10 cm de espesor en la base, y un ancho de 0.80 cm, esto por requerimientos de construcción.

4.3.8. Calidad en el drenaje.

Los resultados obtenidos para la calidad en el drenaje de los tramos de pavimento son los siguientes:

Tabla 21
Calidad del Drenaje Pluvial ST Áreas que tienen el Pavimento Permeable.

Área	t (seg)	t (h)
A Promedio	4900.95167	1.36137546

Nota: Elaboración propia.

Tabla 22
Calidad del Drenaje Pluvial 0.05% Áreas que tienen el Pavimento Permeable.

Área	t (seg)	t (h)
A Promedio	4915.16848	1.36532458

Nota: Elaboración propia.

Tabla 23
Calidad del Drenaje Pluvial 0.10% Áreas que tienen el Pavimento Permeable.

Área	t (seg)	t (h)
A Promedio	4907.63167	1.36323102

Nota: Elaboración propia.

Tabla 24.
Calidad del Drenaje Pluvial Pavimento Rígido Áreas en estudio.

Área	t (seg)	t (h)
A Promedio	56466.1987	15.6850552

Nota: Elaboración propia.

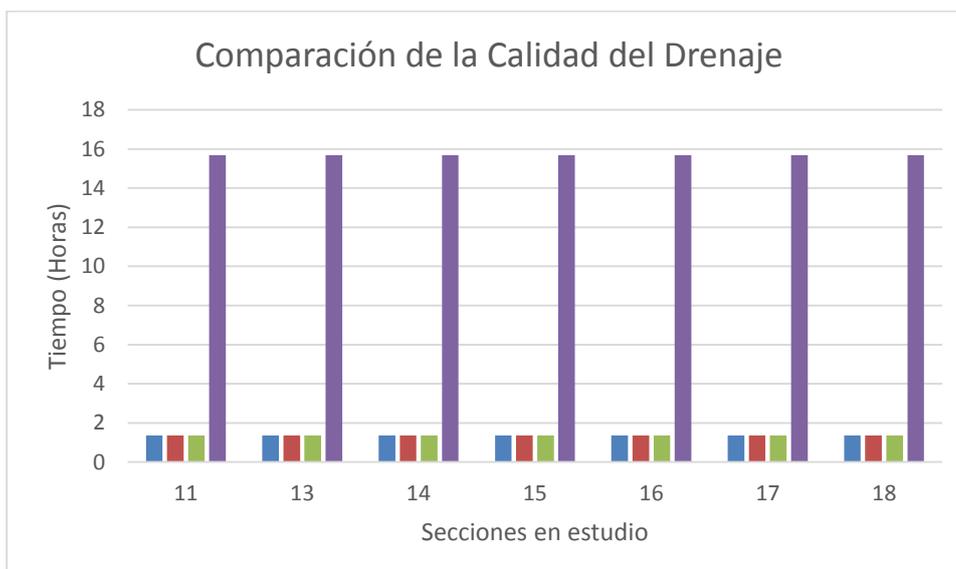


Figura 30. Comparación de la Calidad en el Drenaje (Elaboración propia).

4.3.9. Sistema de evacuación de las aguas de lluvia captadas en la superficie del pavimento permeable

Como se puede ver en la figura el sistema de drenaje fluye de la siguiente manera evacuando al tramo final el cual se ubica pasando la primera garita de la Universidad Peruana Unión.



Figura 31. Red de Evacuación del Drenaje Pluvial (Elaboración propia).

4.4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE

Para diseñar la estructura del pavimento rígido permeable se tuvo que tomar en cuenta las guías establecidas y usadas en nuestro medio, es por eso que el diseño y los espesores del pavimento permeable se obtuvieron, mediante el método de AASHTO 1993.

4.4.1. Subbase.

Para el diseño de la subbase granular se tomó en cuenta lo estipulado en la EG-2013 que nos indican las gradaciones recomendadas y en la norma técnica CE, en la cual también indican parámetros para una subbase granular.

4.4.2. Parámetros de diseño.

a) *Serviciabilidad.*

El índice de serviciabilidad inicial es de 4.5 esto porque se desea dar más comodidad a los que usan el pavimento en este caso los vehículos. Y el índice de serviciabilidad final se determinó de 2.5 como un factor de seguridad para evitar el deterioro del pavimento.

b) Tránsito.

El ESAL obtenido por medio de un aforo vehicular determino que para la vía el mayor ESAL que puede obtener es de 728000. Cumpliendo los factores de crecimiento. El estudio del aforo vehicular se encuentra en el Anexo H. En el cual se muestra a detalle el cálculo que se produjo para determinar este ESAL.

c) Periodo de diseño.

El periodo de diseño en nuestra vía se clasifico como una Pavimentada de bajo volumen de tráfico.

Tabla 25.
Periodo de diseño

Clasificación de la vía	Período de análisis (años)
Vías Urbanas con alto volumen de tráfico	30 - 50
Vías Rurales con alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Nota: Adaptado de Guía AASHTO

La tabla 18 nos muestra el periodo de diseño recomendado para cada tipo de via según su clasificación; al estar clasificado el pavimento diseñado como una pavimentada de bajo volumen de tráfico se determinó que el periodo será de 15 años.

d) Módulos de rotura para utilizar el concreto permeable como capa de rodadura.

El módulo de rotura del concreto es el dato que se obtuvo a partir del ensayo de flexión realizado en el momento de evaluar el concreto a esta propiedad mecánica obteniendo un módulo de rotura promedio de:

Tabla 26.
Módulos de Rotura

Descripción	Mpa
Módulo de Rotura ST	21.85
Módulo de Rotura CT 0.05%	31.74
Módulo de Rotura CT 0.10%	25.78
Pavimento Rígido Convencional	28.333

Nota: Elaboración propia

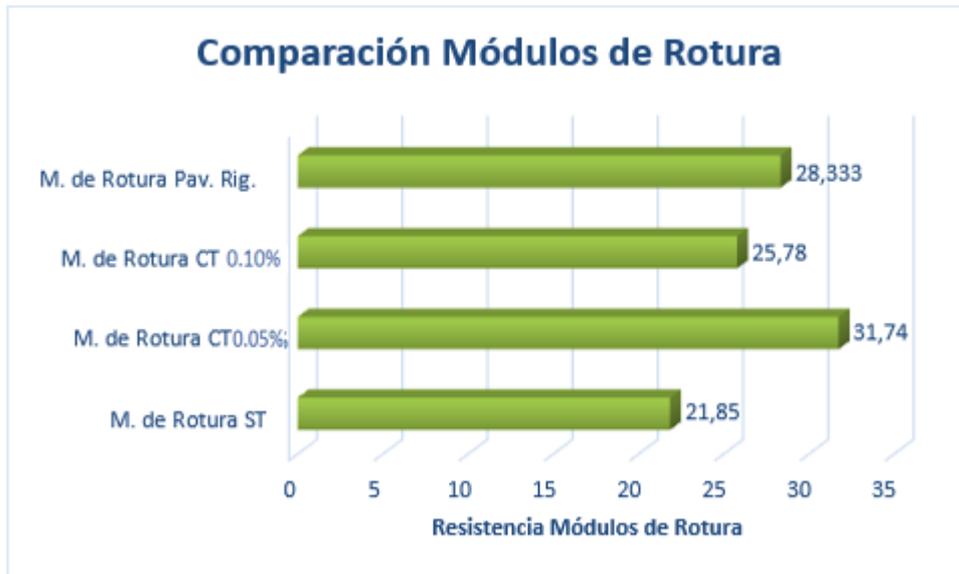


Figura 32. Comparación Módulos de Rotura (Elaboración propia).

e) Módulo de elasticidad del concreto.

El módulo de elasticidad calculado por el método AASHTO en base a la resistencia a la compresión obtenida del concreto permeable es de:

Tabla 27.
Módulo de Elasticidad

Descripción	PSI
M. de Elasticidad ST	2781248.509
M. de Elasticidad CT 0.05%	3009714.033
M. de Elasticidad CT 0.10%	2872627.344
M. de Elasticidad Pav. Rig.	2843767.36

Nota: Elaboración propia.

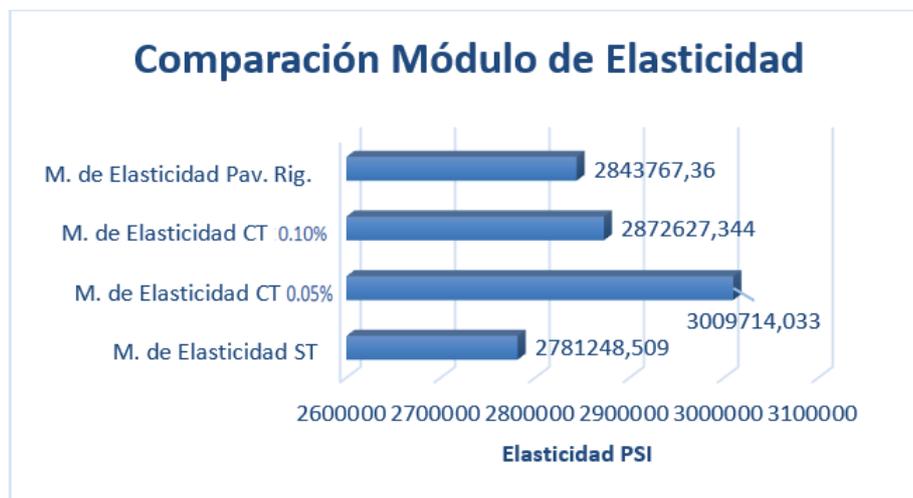


Figura 33. Comparación Módulo de Elasticidad (Elaboración propia).

f) Confiabilidad (r) y error estándar cambiando (so).

Para la confiabilidad se determinó usar un 70% ya que al tratarse de una vía local debe este valor estar en un rango de 50 a 80 %, esto según el manual AASHTO.

g) Desviación normal estándar (zr).

La desviación estándar está relacionada con el factor de confiabilidad y ya el nivel de confiabilidad es de un 70% la desviación estándar es de 0.39, esto por ser un pavimento rígido.

h) Coeficiente de transferencia de carga.

El coeficiente de transferencia de carga no cuenta con refuerzos por lo tanto es de 3.1.

i) Resistencia de la subrasante o del conjunto de sub rasante y sub base (Modulo k).

Tabla 28.
Módulo K

Efecto de la Sub base granular sobre los valores de K			
Valores de K para sub rasante		Valor de la K para sub rasante combinada 300 mm	
Mpa/m	Lb/Pulg3	Mpa/m	Lb/Pulg3
20	73	38	140
40	147	66	245
60	220	90	330
80	295	117	430

Nota: Elaboración propia.

El valor del Módulo de reacción según la tabla 19 al incorporar una subbase granular de 30 cm el valor de K asciendo la cual interpolando llega a tener el valor de 92 Mpa/m o 340 Lb/Pulg3, valor que permitirá diseñar la estructura del pavimento rígido con una subbase granular.

j) Coeficiente de drenaje (cd).

La Guía AASHTO nos entrega los siguientes valores para el coeficiente de drenaje en un diseño de pavimento rígido.

Tabla 29.
Coeficiente de Drenaje

Coeficiente de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 Horas

Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Muy Pobre	El agua no evacua

Nota: Adaptado de AASHTO 93.

Tabla 30.
Porcentaje de Drenaje

Calidad del Drenaje	Porcentaje de drenaje			
	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
Calificación	Menos de 1%	1 - 5 %	5 - 25%	mas del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota: Adaptado de AASHTO 93.

El coeficiente determinado que se desea llegar es bueno ya que según lo mostrado en el diseño del subdrenaje pluvial usando material granular y una tubería perforada oscila entre excelente y bueno esto de acuerdo a las horas que tarda en evacuar las aguas pluviales de la estructura del pavimento.

k) **Espesor de la losa de concreto.**

Tabla 31.
Espesores de la losa de concreto.

Descripción	Pulgadas	Cm
Losa de Concreto ST	8.2	20.828
Losa de Concreto CT 0.05%	7.8	19.812
Losa de Concreto CT 0.10%	8	20.32
Losa de Concreto Pav. Rígido	7.7	19.558

Nota: Elaboración propia.

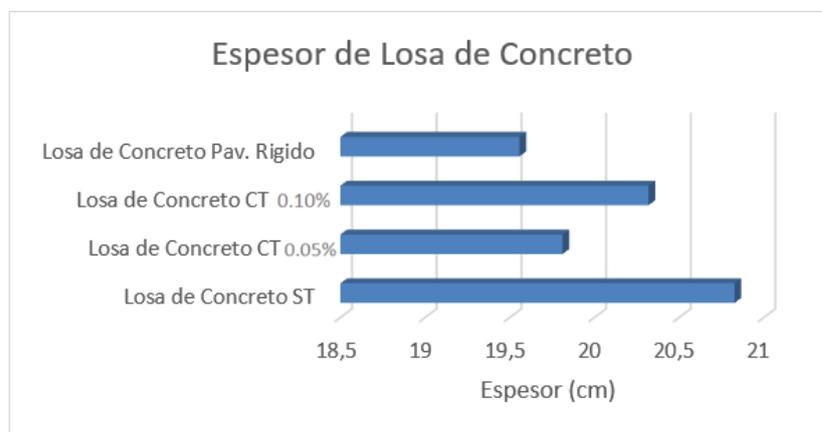


Figura 34. Comparación de Espesor de losa de Concreto (Elaboración propia).

1) Secciones del pavimento permeable.

El Pavimento cuenta con una losa de concreto drenante, una capa de transición la cual permite el flujo vertical del agua y aporta estabilidad, una subbase granular, y una tubería cribada la cual funciona como un subdrenaje.

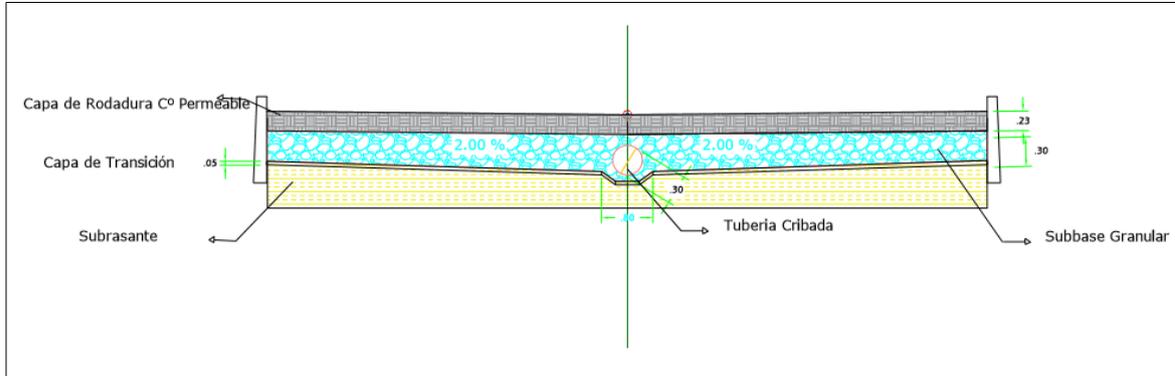


Figura 35. Sección de pavimento rígido permeable sin tiras de polipropileno (Elaboración propia).

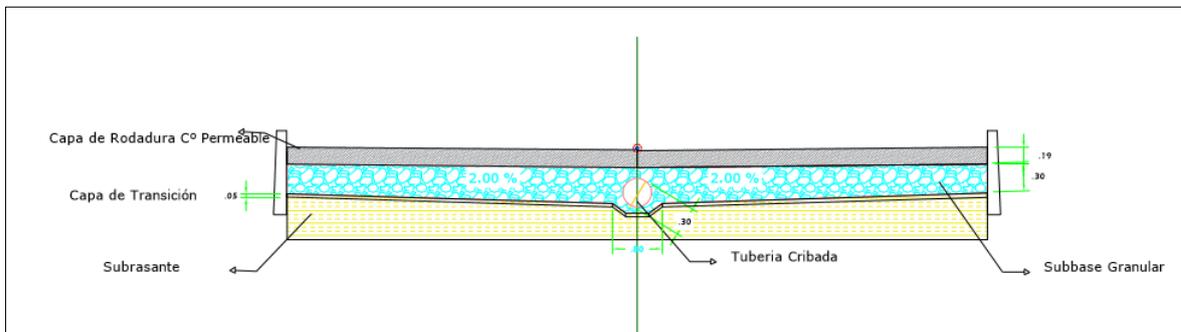


Figura 36. Sección de pavimento rígido permeable con 0.05% de tiras de polipropileno (Elaboración propia).

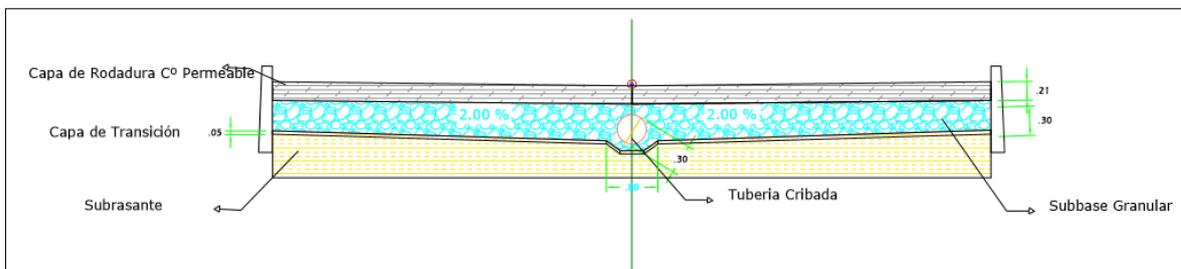


Figura 37. Sección de pavimento rígido permeable con 0.10% tiras de polipropileno (Elaboración propia).

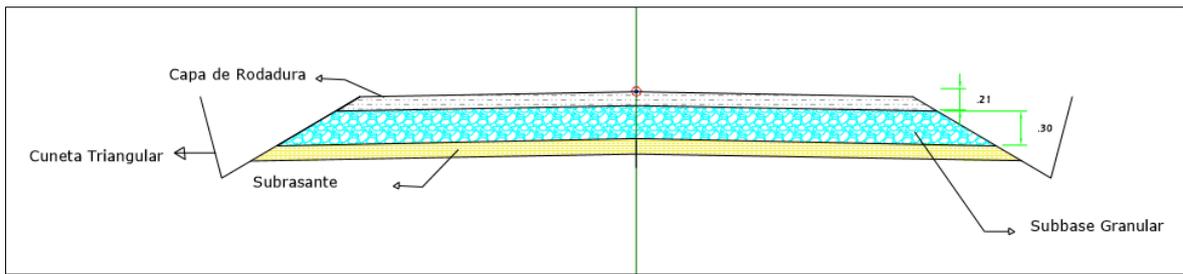


Figura 38. Sección de pavimento rígido convencional (Elaboración propia).

4.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.5.1. Prueba de hipótesis para el objetivo general.

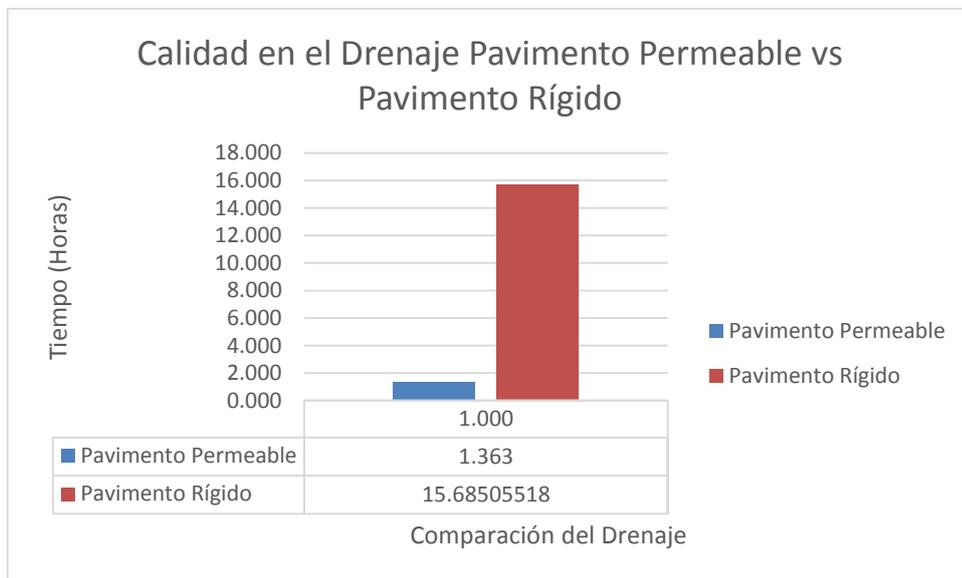


Figura 39. Calidad en el Drenaje Pavimento Permeable vs Pavimento Rígido. (Elaboración propia).

En la figura 39, se puede apreciar que el promedio del tiempo de drenaje en un pavimento rígido es de 15:69 horas, y el tiempo en el drenaje en un pavimento rígido es de 1:363 horas mostrando así la diferencia significativa que hay entre un pavimento permeable y un pavimento rígido.

El promedio del tiempo de drenaje en la prueba de entrada es de 15 horas, es decir el agua evacua por la estructura hacia las cunetas en este periodo de tiempo este puntaje se encuentra en el rango de (1 día), lo que indica que en un diseño convencional el agua drena en 1 día siempre en cuando el coeficiente de drenaje sea catalogado como **bueno**, el diseño actual de pavimentos en la ciudad de Juliaca evidencian dificultades en la

evacuación de aguas pluviales y se requiere hacer una intervención, para mejorar el drenaje.

En la prueba de salida el tiempo que demora en drenar el agua oscila de 0 a 2 horas en el tiempo más alto, es decir que el agua evacua por la estructura del pavimento hacia la tubería perforada en un tiempo optimo, evitando empozamientos y estancamiento del agua pluvial evidenciando un logro de evacuación que oscila entre **excelente** según la guía AASHTO.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En la presente investigación se propuso, tras una revisión de los métodos de diseño existentes, diseñar un pavimento rígido permeable teniendo en cuenta propiedades mecánicas e hidráulicas con el fin de mitigar las aguas pluviales que se originan en la zona logrando las siguientes conclusiones.

Se logró el diseño de la estructura de un pavimento rígido permeable con agregados de la cantera isla estimando alcanzar una calidad de drenaje excelente según AASHTO en la infiltración del agua en la superficie y un comportamiento mecánico adecuado.

Se diseñó de una mezcla de concreto hidráulico poroso, para una losa de pavimento rígido, utilizando agregados de la Cantera Isla, que cumplen con los requerimientos mecánicos y permeables, las propiedades hidráulicas y mecánicas son las siguientes: el que no contiene tiras de polipropileno logro una resistencia promedio a la compresión a los 28 días de 167.39, un módulo de rotura de 21.85 Mpa y una permeabilidad de 0.464 cm/seg; la mezcla que cuenta con 0.05% de adición de fibras de PP llego a una resistencia promedio a los 28 días de 196.92 kg/cm², un módulo de rotura de 31.74 Mpa y una permeabilidad de 0.463 cm/seg y el que contiene 0.010% de polipropileno logró una resistencia promedio a la compresión a los 28 días de 178.57 kg/cm², un módulo de rotura de 25.68 Mpa y una permeabilidad de 0.461 cm/seg.

Mediante la comparación de los resultados mecánicos e hidráulicos se determinó que el diseño propuesto recomendado de mezcla de concreto hidráulico poroso es el que cuenta con 0.05% de adición de tiras de polipropileno, ya que llego a una resistencia promedio mayor que los otros diseños de mezcla; y una permeabilidad de 0.463 cm/seg. la cual en comparación de las otras dos mezclas la reducción y el aumento de permeabilidad no varía en gran magnitud.

El tiempo en que se estimó que el agua de la superficie infiltra a través del pavimento permeable es de 1:36 horas aproximadamente lo cual resulta favorable con las condiciones presentadas en el campo de diseño logrando una calidad en el drenaje de forma excelente. De esta forma se puede evacuar de manera óptima las aguas captadas en la superficie evitando de esta forma estancamiento de aguas que a futuro conlleva a problemas mayores.

Se diseñó un drenaje pluvial usando el pavimento rígido permeable como drenaje sostenible, estimando evacuar el agua acumulada infiltrada a través de una subbase filtrante y una tubería perforada, el diseño propuesto se realizó para las vías aledañas al campus universitario evacuando hacia el drenaje existente en la parte más baja logrando los siguientes parámetros: La velocidad mínima que se presentó es de 0.60 m/s y como velocidad máxima es de 1.84 m/s esto debido a la baja pendiente con la que cuenta ya que al ser una superficie plana este factor se dificulta. La tubería perforada fue diseñada como subdren cuenta con un diámetro de 25, 30 y 35 cm.

Se realizó el diseño de la estructura del pavimento obteniendo los siguientes resultados: el periodo de diseño es de 15 años, esto en base al método empírico existente AASHTO 93, los espesores del pavimento recomendados en la propuesta son los siguientes: una losa de concreto permeable de 20 cm, una subbase granular de 30 cm y una capa de transición de 5 cm que servirá como filtro para proteger la subbase.

Finalmente se determinó que se puede diseñar una estructura de pavimento permeable con agregados de la cantera isla en una calle de bajo volumen de tránsito, además de eso se puede lograr un drenaje urbano sostenible en la ciudad de Juliaca.

5.2. RECOMENDACIONES

Para lograr un diseño óptimo de Concreto Permeable se recomienda basarse en los manuales existentes para poder tener resultados buenos.

A los futuros investigadores que opten por esta tecnología se recomienda probar otras dosificaciones, o algún aditivo que puedan brindar una mayor resistencia para usar en tráficos más pesados.

A los futuros investigadores también se les recomienda verificar la compactación, colocado y curado del concreto ya que estos factores influyen en los resultados obtenidos.

Al momento de diseñar el sistema de drenaje ser minucioso en los datos hidrológicos, topográficos e hidráulicos para obtener un diseño óptimo del drenaje pluvial.

Tener en consideración en los parámetros de diseño de un drenaje pluvial para evitar futuros problemas en el desarrollo del proyecto.

En cuanto al diseño de la estructura del pavimento es recomendable realizar el aforo vehicular estimando estudios de tránsito con periodos más prolongados garantizando el periodo de diseño del mismo.

En cuanto a los materiales de diseño de la estructura del pavimento se recomienda realizar estudios in situ determinando así las características que se encuentran en el terreno.

Finalmente, en el periodo de ejecución de este pavimento se recomienda hacer un mantenimiento periódico al sistema de drenaje pluvial, la infraestructura vial para así garantizar el correcto funcionamiento de la estructura.

REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *Diseño de estructuras de pavimentos*. Washington D.C.: AASHTO.
- Abrams, F. y. (1897). *Tecnología del Concreto Doseño de Mezclas*. Panarase.
- Bolinaga, J. &. (1979). *Drenaje Urbanp*. Caracas.
- Cárdenas, R. R. (2006). *Diseño de un Sistema de Drenaje Óptimo y Funcional para el Sector«La Rotaria» de la Parrroquía Raúl Leoni de Maracaibo EDO - Zulia*. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- CIRIA. (2007). *The SuDS Manual*. CIRIA. Londres: CIRIA.
- EPA. (1999). Preliminary data summary of urban storm water. En EPA, *Preliminary data summary of urban storm water* (pág. 214). Washington DC.
- Eslamian, S. (2014). *Handbook of Engineering Hydrology: Fundamentals and Applications*. . New York: Taylor & Francis Group. .
- Falcon Baldeon, F. A. (2016). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CHULLQUI, PARA EL DRENAJE URBANO EN ESTACIONAMIENTOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO*. Huánuco.
- Falcon Baldeon, F., & Santos Nieto, J. (2016). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CHULLQUI, PARA EL DRENAJE URBANO EN ESTACIONAMIENTOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdiza.
- Felipe Moujir, Y., & Castañeda, L. (2014). *DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO POROSO PARA PAVIMENTOS*. Santiago de Cali.
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous pavements*. Florida: Taylor & Francis Group.
- Flores Quispe, C., & Pacompia Calcina, I. (2015). *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA PAVIMENTOS $f'c$ 175 kg/cm² EN LA CIUDAD DE PUNO*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

- Guizado Barrios , A. X. (2017). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú*. Lima.
- Interpave. (2008). *Guide to the design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements*. Leicester: Interpave The Precast Concrete Paving & Curb Association.
- Manual de Agua Potable, A. y. (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Lima: ANEAS.
- Meneses Ospina, C., & Bravo Erazo, C. (2007). *Resistencia mecanica y condiciones de obra del concreto poroso en los pavimentos segun el tipo de granulometria*. Medellin: Universidad de Medellin.
- MINVU. (1996). *Ministerio de vivienda y urbanismo de chile*.
- MINVU. (1996). *Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile*. Santiago.
- MTC. (2013). *EG - 2013*. Lima.
- Muñoz Rojas y Ruiz Rodrigo. (1999). Metodología de Diseño y Colocación de Mezclas Drenantes. *Revista EspecificMezclasDrenantes*, 11.
- Pérez Ramos, D. (2009). *ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONCRETOS PERMEABLES CON AGREGADOS ANDESÍTICOS*. México.
- Rivera, G. (2011). *Concreto Simple, Ingeniería y Construcción*. Colombia: Universidad del Cauca.
- RNE, R. N. (2018). *OS-060 Drenaje Pluvial Urbano*. Lima.
- Rodriguez, P. (2012). *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*. México.
- Smith, D. (2006). *Permeable Interlocking Concrete Pavements: Selection, Design, Construction, Maintenance. Tercera edición*. Canada: Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI).

Tennis, P. L. (2004). *Pervious Concrete Pavements, EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association. Maryland: Silver Spring.*

Villón, M. (2002). *Hidrología. Lima: Villón.*

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – E.P.I.C.



CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO
DE CONSTRUCCIONES DE LA FICA

Hace constar:

Que el tesista, conducente a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Bachiller: **Pedro Ronald Guerra Chayña**, hizo uso de los equipos del laboratorio de construcciones – FICA, para realizar los ensayos requeridos para el proyecto de Tesis “CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

Los ensayos que realizo 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
- 01 Ensayo de Peso Específico y absorción para agregados (grueso – fino)
- 27 Pruebas de Resistencia a la Compresión
- 27 Pruebas de Resistencia a la Flexión

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.

Se les expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de tesis.

Puno, C.U. 04 DE Setiembre del 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – FICA

MSc. Ing. Gino E. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – E.P.I.C.

PROYECTO : CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITADO POR: BACH. PEDRO RONALD GUERRA CHAYÑA
FECHA : ABRIL 2019
CANTERA : ISLA

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	AGREGADO FINO		
	1	2	3
Numero de Ensayo	1	2	3
Peso de Bandeja	29.6	28.15	28.68
Peso de Bandeja + Agregado humedo (gr.)	351.47	329.64	341.92
Peso de Bandeja + Agregado Seco (gr.)	340.5	319	331.1
Peso del Agua	10.97	10.64	10.82
Peso de Suelo Seco	311.9	289.85	303.42
Contenido de Vacios ($U = \frac{(T-D)}{T} \cdot 100$)	3.52	3.67	3.57
Contenido de Vacios Promedio (U)	3.587		

DESCRIPCION	AGREGADO GRUESO		
	1	2	3
Numero de Ensayo	1	2	3
Peso de Bandeja	81.94	82.48	86.22
Peso de Bandeja + Agregado humedo (gr.)	851.44	768.48	813.51
Peso de Bandeja + Agregado Seco (gr.)	828.02	742.12	791.08
Peso del Agua	26.44	21.38	22.41
Peso de Suelo Seco	746.08	658.45	704.89
Contenido de Vacios ($U = \frac{(T-D)}{T} \cdot 100$)	3.14	3.18	3.24
Contenido de Vacios Promedio (U)	3.187		

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - PCA

MSc. Ing. Gino E. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – E.P.I.C.

PROYECTO : CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITADO POR: BACH. PEDRO RONALD GUERRA CHAYÑA
FECHA : ABRIL 2019
CANTERA : ISLA

PESO UNITARIO

DESCRIPCION	AGREGADO FINO SUELTO			AGREGADO FINO COMPACTADO		
	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Número de Molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de Molde (m3)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de Molde (kg)	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
Peso de Molde + Agregado (Mc)	6400	6401	6402	6635	6638	6640
Peso del agregado (g)	3949	3950	3951	4184	4186	4189
Densidad Aparente (Kg/m3)	1411	1411	1412	1501	1502	1504
Densidad Aparente Promedio (Kg/m3)	1411.33			1502.33		

DESCRIPCION	AGREGADO GRUESO SUELTO			AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Número de Molde	T-001	T-002	T-003	T-001	T-002	T-003
Volumen de Molde (m3)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso de Molde (kg)	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
Peso de Molde + Agregado (Mc)	18440	18520	18470	19350	19355	19360
Peso del agregado (g)	8430	8510	8460	9340	9345	9350
Densidad Aparente (Kg/m3)	1516	1531	1522	1680	1681	1682
Densidad Aparente Promedio (Kg/m3)	1523.00			1681.00		

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA

MSc. Ing. Gino E. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



PROYECTO: CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VÍAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR/OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESISTA: PEDRO RONALD GUERRA CHAYA

CANTERA: ISLA

ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA ASTM - D 422

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 6000.00 gr.
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Lavado : 5805.10 gr.
1 1/2"	38.10	177.00	2.95	2.95	97.05		Peso Perdido : 194.90 gr.
1"	25.40	451.00	7.52	10.47	89.53		
3/4"	19.05	553.00	9.22	19.69	80.32		
1/2"	12.70	714.00	11.90	31.59	68.41		
3/8"	9.53	562.00	9.37	40.96	59.04		
1/4"	6.35	543.00	9.05	50.01	49.99		
No4	4.75	315.00	5.25	55.26	44.74		
No10	2.00	616.00	10.27	65.53	34.47		
No20	0.84	228.00	3.80	69.33	30.67		
No30	0.59	269.00	4.48	73.81	26.19		
No40	0.42	734.00	12.23	86.04	13.96		
No 50	0.30	291.00	4.85	90.89	9.11		
No60	0.25	131.00	2.18	93.07	6.93		
No80	0.18	124.00	2.07	95.14	4.86		
No100	0.15	50.00	0.83	95.97	4.03		
No200	0.07	47.10	0.79	96.76	3.24		
BASE		194.90	3.25	100.00			
TOTAL		6000.00					



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA

MSc. Ing. Gino E. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AQUITECTURA



LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – E.P.I.C.

PROYECTO : CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITADO POR: BACH. PEDRO RONALD GUERRA CHAYÑA
FECHA : ABRIL 2019
CANTERA : ISLA

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

DESCRIPCION	A. Fino
Numero de Ensayo	1
Peso de Muestra Superficialmente Seca	500
Peso Picnometro + Peso del Agua	707.09
Peso Arena Superficialmete seca + Peso picnometro + peso agua	1005.91
Peso arena secada al horno + Peso de tara	602.45
Peso de Tara	112.18
Peso Arena secada al horno	490.18
Resultados	
Peso Especifico Aparente	2.45
Porcentaje de Absorción	2.00

DESCRIPCION	A. Grueso
Numero de Ensayo	1
Peso Muestra secada al horno	588.54
Peso Muestra Saturada Superficialmente Seca	600
Peso probeta Aforado + Peso Agua	1505.02
Peso probeta + Peso del Agua + Peso de la muestra saturada sup	115.11
Peso Tara	115.11
Peso Muestra secada al horno + Peso de Tara	702.6
Resultados	
Peso Especifico Aparente	2.56
Porcentaje de Absorción	2.10

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - ICA

MSc. Ing. Gino B. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO (ASTM C-39)



Tesis : CALIDAD EN EL DISEÑO AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA
Tesista Pedro Ronald Guerra Chayña

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		AREA DE BRIGUETA	LECTURA DEL DIAL (lb)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO
				DIAMETRO	ALTURA					
ST DE PP - 01	03/06/2019	10/06/2019	7	10.22	20.7	82.03	19500	8845	103.25	
ST DE PP - 02	03/06/2019	10/06/2019	7	10.22	20.7	82.03	18000	8278	99.86	102.22
ST DE PP - 03	03/06/2019	10/06/2019	7	10.24	20.6	82.3	18500	8618	103.54	
ST DE PP - 04	03/06/2019	17/06/2019	14	10.22	20.7	82.03	18750	8051	136.54	
ST DE PP - 05	03/06/2019	17/06/2019	14	10.21	20.7	81.87	20250	9185	127.65	132.58
ST DE PP - 06	03/06/2019	17/06/2019	14	10.21	20.5	81.87	20500	9299	133.56	
ST DE PP - 07	04/06/2019	02/07/2019	28	10.20	20.5	81.56	20015	9078	164.96	
ST DE PP - 08	04/06/2019	02/07/2019	28	10.22	20.7	82.03	20000	9072	166.26	167.39
ST DE PP - 09	04/06/2019	02/07/2019	28	10.20	20.6	81.66	21980	9979	172.36	
CT 5% DE PP - 01	04/06/2019	11/06/2019	7	10.19	20.6	81.5	91700	9839	117.69	
CT 5% DE PP - 02	04/06/2019	11/06/2019	7	10.20	20.6	81.66	21750	9866	119.56	119.80
CT 5% DE PP - 03	04/06/2019	11/06/2019	7	10.19	20.7	81.61	19500	8845	121.56	
CT 5% DE PP - 04	05/06/2019	19/06/2019	14	10.21	20.7	81.87	19280	8735	143.26	
CT 5% DE PP - 05	05/06/2019	19/06/2019	14	10.23	20.7	82.19	19750	8958	153.44	151.82
CT 5% DE PP - 06	05/06/2019	19/06/2019	14	10.21	20.7	81.87	21750	9865	158.76	
CT 5% DE PP - 07	05/06/2019	03/07/2019	28	10.19	20.6	81.87	21570	9185	191.89	
CT 5% DE PP - 08	05/06/2019	03/07/2019	28	10.21	20.6	81.84	21130	9586	197.42	196.92
CT 5% DE PP - 09	05/06/2019	03/07/2019	28	10.21	20.5	81.78	20380	9245	201.45	
CT 10% DE PP - 01	05/06/2019	13/06/2019	7	10.19	20.5	81.61	23250	10546	109.1	
CT 10% DE PP - 02	06/06/2019	13/06/2019	7	10.23	20.7	82.19	25750	11680	108.45	109.36
CT 10% DE PP - 03	06/06/2019	13/06/2019	7	10.21	20.7	81.87	21000	9525	110.54	
CT 10% DE PP - 04	06/06/2019	20/06/2019	14	10.23	20.7	82.19	24000	10886	142.65	
CT 10% DE PP - 05	06/06/2019	20/06/2019	14	10.23	20.7	82.19	23500	10659	136.52	138.14
CT 10% DE PP - 06	06/06/2019	20/06/2019	14	10.19	20.5	81.61	24750	11226	135.25	
CT 10% DE PP - 07	07/06/2019	06/07/2019	28	10.22	20.7	82.03	26250	11463	176.96	
CT 10% DE PP - 08	07/06/2019	06/07/2019	28	10.19	20.7	81.61	23750	10773	180.56	178.57
CT 10% DE PP - 09	07/06/2019	06/07/2019	28	10.22	20.7	82.03	23950	10865	178.56	

Laboratorio de Construcciones - E.P.I.C.

[Firma]
MSc. Ing. Gino E. Laque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C-293-02)



Tesis

: CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA

Tesista

Pedro Ronald Guerra Chayña

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	BASE	PERALTE	DISTANCIA ENTRE APOYOS	LECTURA EN EL DIAL (lb)	LECTURA EN EL DIAL (kg/f)	RESISTENCIA A LA FLEXION	RESISTENCIA A LA FLEXION PROMEDIO
VG ST DE PP - 01	10/06/2019	17/06/2019	7	15.1	15.1	50	3680	1668	16.25	15.24
VG ST DE PP - 02	10/06/2019	17/06/2019	7	15.14	15.08	50	3630	1600	14.25	
VG ST DE PP - 03	10/06/2019	17/06/2019	7	15.2	14.9	50	3640	1650	15.23	
VG ST DE PP - 04	10/06/2019	24/06/2019	14	15.08	15.08	50	3400	1540	17.85	18.19
VG ST DE PP - 05	10/06/2019	24/06/2019	14	15.1	15.14	50	3570	1620	18.26	
VG ST DE PP - 06	10/06/2019	24/06/2019	14	15.14	14.9	50	3810	1730	18.45	
VG ST DE PP - 07	11/06/2019	09/08/2019	28	15.16	15.2	50	3400	1540	22.41	
VG ST DE PP - 08	11/06/2019	09/08/2019	28	15.2	15.14	50	3480	1580	21.26	21.85
VG ST DE PP - 09	11/06/2019	09/08/2019	28	15.16	15.11	50	3400	1540	21.89	
VG CT 5% DE PP - 01	11/06/2019	18/06/2019	7	15.08	15.1	50	3660	1750	21.65	22.05
VG CT 5% DE PP - 02	11/06/2019	18/06/2019	7	15.11	15.14	50	3750	1700	22.13	
VG CT 5% DE PP - 03	11/06/2019	18/06/2019	7	15.14	15.14	50	4060	1840	22.36	
VG CT 5% DE PP - 04	12/06/2019	26/06/2019	14	15.08	15.08	50	3660	1750	24.3	25.50
VG CT 5% DE PP - 05	12/06/2019	26/06/2019	14	15.2	15.1	50	3600	1630	25.8	
VG CT 5% DE PP - 06	12/06/2019	26/06/2019	14	15.1	15.14	50	3860	1750	26.4	
VG CT 5% DE PP - 07	12/06/2019	10/08/2019	28	15.14	14.9	50	4035	1830	31.43	31.74
VG CT 5% DE PP - 08	12/06/2019	10/08/2019	28	15.13	15.11	50	3650	1610	31.58	
VG CT 5% DE PP - 09	12/06/2019	10/08/2019	28	15.2	14.9	50	3600	1630	32.22	
VG CT 10% DE PP - 01	13/06/2019	20/06/2019	7	15.11	15.1	50	3860	1750	18.25	19.35
VG CT 10% DE PP - 02	13/06/2019	20/06/2019	7	15.1	15.2	50	3660	1750	19.26	
VG CT 10% DE PP - 03	13/06/2019	20/06/2019	7	15.15	15.08	50	4060	1840	20.54	
VG CT 10% DE PP - 04	13/06/2019	27/06/2019	14	15.11	14.9	50	3660	1670	21.23	22.34
VG CT 10% DE PP - 05	13/06/2019	27/06/2019	14	15.2	15.1	50	3660	1630	22.25	
VG CT 10% DE PP - 06	13/06/2019	27/06/2019	14	15.08	15.2	50	3660	1750	23.94	25.25
VG CT 10% DE PP - 07	14/06/2019	12/07/2019	28	15.2	15.08	50	3090	1400	25.25	
VG CT 10% DE PP - 08	14/06/2019	12/07/2019	28	15.1	15.1	50	3300	1500	25.64	25.68
VG CT 10% DE PP - 09	14/06/2019	12/07/2019	28	15.09	14.9	50	3485	1580	26.15	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA

[Signature]

MSC. Ing. Gino E. Laque Córdoba

JEFE DE LABORATORIO

GEOTECNIA PUNO EIRL
MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE GEOTECNIA, MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

CERTIFICA:

Que el Sr. **Pedro Ronald Guerra Chayña**, con DNI 70865321, ha realizado ensayos de laboratorio para investigación de los cuales doy fe:

Los ensayos que realizo son los siguientes:

- Ensayos de Clasificación de Suelos
- Ensayos de CBR
- EMS para pavimentos

Se les expide el presente certificado a solicitud del interesado para fines que se vea por conveniente.

Juliaca, 02 de Setiembre del 2019


ALFREDO ALVARADO MATEUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. N° 01732

GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO <small>NORMA ASTM - D 422 C-81</small>	Nro de Estrato	: E-01
	Nro de Muestra	: M-01
	Prof. de la Muestra	: -0.90 m.
	Clasificación SUCS	: SP (Arenas mal graduada)
	Clasificación AASHTO	: A-1-b(0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	9.15	1.83	1.83	98.17	
3/8"	9.53	36.52	7.30	9.13	90.87	
1/4"	6.35	16.65	3.33	12.46	87.54	
No4	4.76	36.26	7.25	19.72	80.28	
No10	2.00	29.28	5.86	25.57	74.43	
No20	0.84	38.20	7.64	33.21	66.79	
No30	0.59	66.85	13.37	46.58	53.42	
No40	0.42	87.26	17.45	64.03	35.97	
No 50	0.30	43.91	8.78	72.82	27.18	
No60	0.25	25.37	5.07	77.89	22.11	
No80	0.18	50.62	10.12	88.01	11.99	
No100	0.15	29.65	5.93	93.94	6.06	
No200	0.07	15.28	3.06	97.00	3.00	
BASE		15.00	3.00	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 485.00 gr.
 Peso Perdido : 15.00 gr.

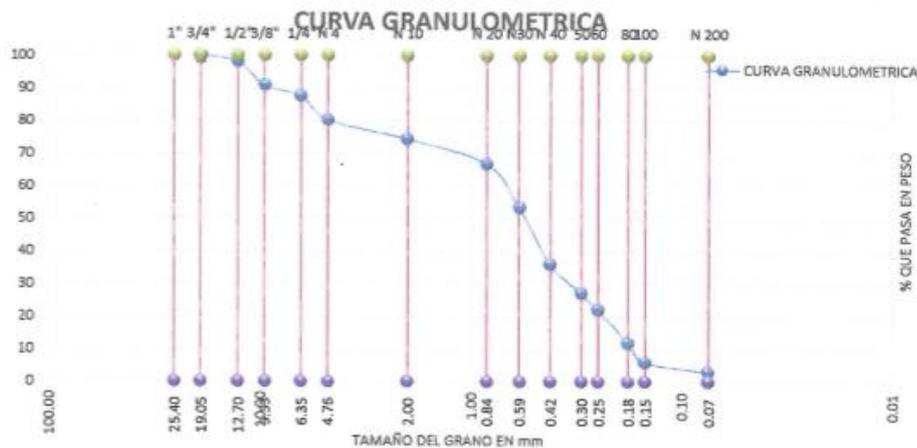
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido : NP
 Limite Plástico : NP
 Índice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= 0.17
 D30= 0.34
 D60= 0.71

CU= 4.18
 CC= 0.96



ALFREDO MARCONATI PICHACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL																					
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES																					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)																					
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*																				
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña			TECN. RESP.	Personal Laboratorio																
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani																				
ENSAYO:		<table border="1"> <tr> <td>Nro de Estrato</td> <td>:</td> <td>E-02</td> </tr> <tr> <td>Nro de Muestra</td> <td>:</td> <td>M-02</td> </tr> <tr> <td>Prof. de la Muestra</td> <td>:</td> <td>-1.30 m.</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>:</td> <td>ML (Limo Inorgánico de Baja Plasticidad)</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AASHTO</td> <td>:</td> <td>A-4(B)</td> </tr> </table>					Nro de Estrato	:	E-02	Nro de Muestra	:	M-02	Prof. de la Muestra	:	-1.30 m.	Clasificación SUCS	:	ML (Limo Inorgánico de Baja Plasticidad)	Clasificación AASHTO	:	A-4(B)
Nro de Estrato	:	E-02																			
Nro de Muestra	:	M-02																			
Prof. de la Muestra	:	-1.30 m.																			
Clasificación SUCS	:	ML (Limo Inorgánico de Baja Plasticidad)																			
Clasificación AASHTO	:	A-4(B)																			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO																					
NORMA ASTM - D 422																					
C-01																					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones															
1"	25.4																				
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00																
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																
1/4"	6.35	0.98	0.20	0.20	99.80																
No4	4.76	0.81	0.16	0.36	99.64																
No10	2.00	9.14	1.83	2.19	97.81																
No20	0.84	14.78	2.96	5.14	94.86																
No30	0.59	10.58	2.12	7.26	92.74																
No40	0.42	8.11	1.62	8.88	91.12																
No 50	0.30	8.98	1.80	10.68	89.32																
No60	0.25	8.91	1.78	12.46	87.54																
No80	0.18	16.73	3.35	15.80	84.20																
No100	0.15	16.04	3.21	19.01	80.99																
No200	0.07	35.63	7.13	26.14	73.86																
BASE		369.31	73.86	100.00																	
TOTAL		500.00																			

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 130.69 gr.
 Peso Perdido : 369.31 gr.

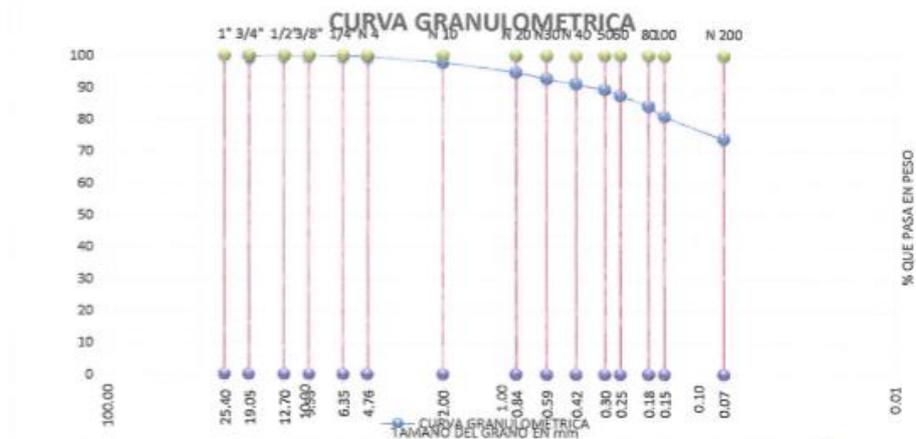
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 25.17 %
 Limite Plastico : 14.04 %
 Indice Plasticidad : 11.13 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= NP
 D30= NP
 D60= NP

 CU= NP
 CC= NP



ALFREDO ARCÓN AÑAHUCHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 81702

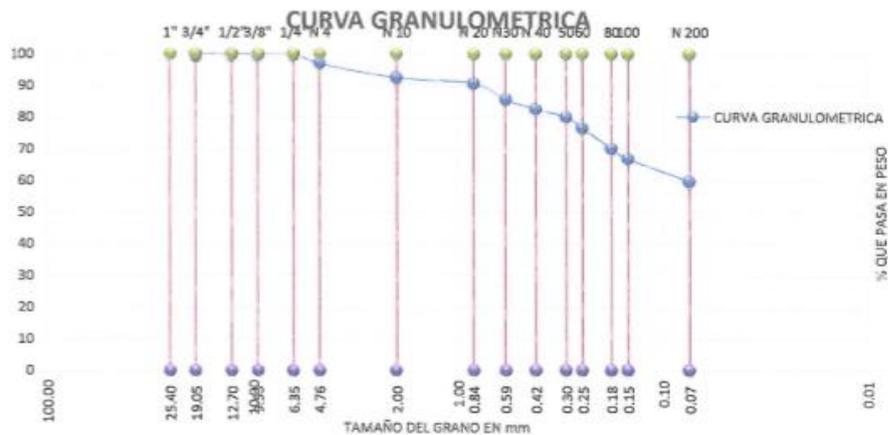
GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO		TESIS: TICALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*				
NOMBRE CLIENTE		Br. Pedro Ronald Guerra Chayña		TECN. RESP.		Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO		Villa Chullunquani				
ENSAYO:			Nro de Estrato		E-03	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422			Nro de Muestra		M-03	
			Prof. de la Muestra		-1.50 m.	
C-01			Clasificación SUCS		CL Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	
			Clasificación AASHTO		A-4(5)	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.52	0.10	0.10	99.90	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.10	99.90	
No4	4.76	14.62	2.92	3.03	96.97	
No10	2.00	22.61	4.52	7.55	92.45	
No20	0.84	9.06	1.81	9.36	90.64	
No30	0.59	25.12	5.02	14.39	85.61	
No40	0.42	15.62	3.12	17.51	82.49	
No 50	0.30	12.23	2.45	19.96	80.04	
No60	0.25	17.68	3.54	23.49	76.51	
No80	0.18	32.12	6.42	29.92	70.08	
No100	0.15	16.54	3.31	33.22	66.78	
No200	0.07	35.20	7.04	40.26	59.74	
BASE		298.68	59.74	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso Inicial	: 500.00 gr.
Peso Lavado	: 201.32 gr.
Peso Perdido	: 298.68 gr.

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	: 23.05 %
Límite Plástico	: 17.41 %
Índice Plasticidad	: 5.64 %

CARACT. GRANULOMÉTRICAS	
D10=	NP
D30=	NP
D60=	0.077
CU=	NP
CC=	NP





 ALFREDO ARDÓN TIRADO

 INGENIERO CIVIL

 REG. CIP 81732

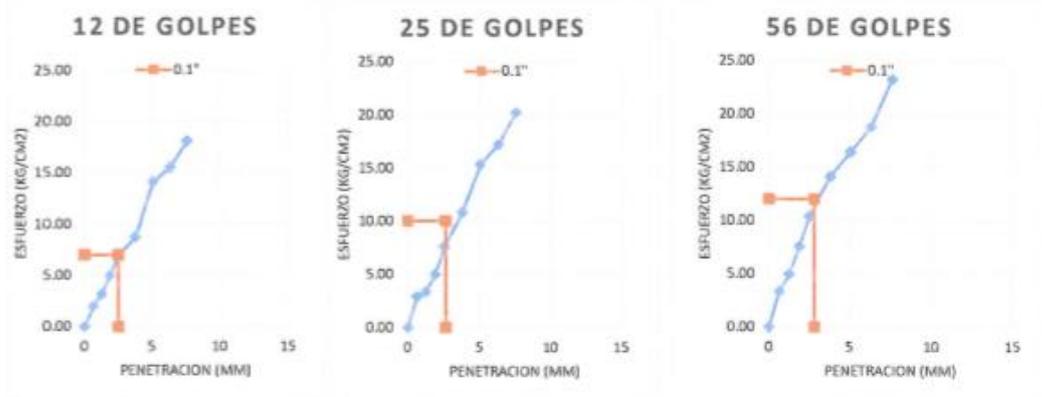
GEOTECNIA PUNO EIRL									
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES									
Proctor Estándar (Laboratorio)									
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*								
NOMBRE CLIENTE	Sr. Pedro Ronald Guerra Chayña		TECN. RESP.	Personal Laboratorio					
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquani								
ENSAYO:									
PROCTOR ESTANDAR			Nro de Estrato	: E-03					
MTC E 118			Nro de Muestra	: M-03					
C-01			Prof. de la Muestra	: -1.50 m					
			Clasificación SUCS	: SM (Arena Limosa)					
			Clasificación AASHTO	: A-2-4					
DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD							
Volumen del molde	cm3	928.37	929.37	929.37	929.37				
Peso del suelo húmedo + molde	gr	5820	5915	5874	5786				
Peso del molde	gr	4367	4368	4368	4368				
Peso del suelo húmedo	gr	1453	1547	1506	1418				
Densidad de suelo húmedo	gr/cm3	1.57	1.69	1.62	1.53				
DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD							
Capsula N°	gr	T-078	T-074	T-12	T-091	T-009	T-035	T-001	M-06
Suelo Húmedo + capsula	gr	22.23	22.39	52.23	64.21	68.98	53.30	40.98	45.23
Peso de suelo seco + capsula	gr	21.23	21.32	49.23	60.57	62.23	52.75	39.37	44.49
Peso del agua	gr	1.00	1.07	3.00	3.64	6.75	0.55	1.61	0.74
Peso de capsula	gr	7.81	7.98	16.47	20.82	24.24	23.28	16.53	18.58
Peso del suelo seco	gr	13.42	13.34	32.76	39.75	37.99	29.47	22.84	25.91
% de humedad	%	7.45%	8.02%	9.16%	9.16%	17.77%	1.87%	7.05%	2.86%
Promedio de humedad	%	7.74%		9.16%		9.82%		12.84%	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.45		1.52		1.54		1.48	



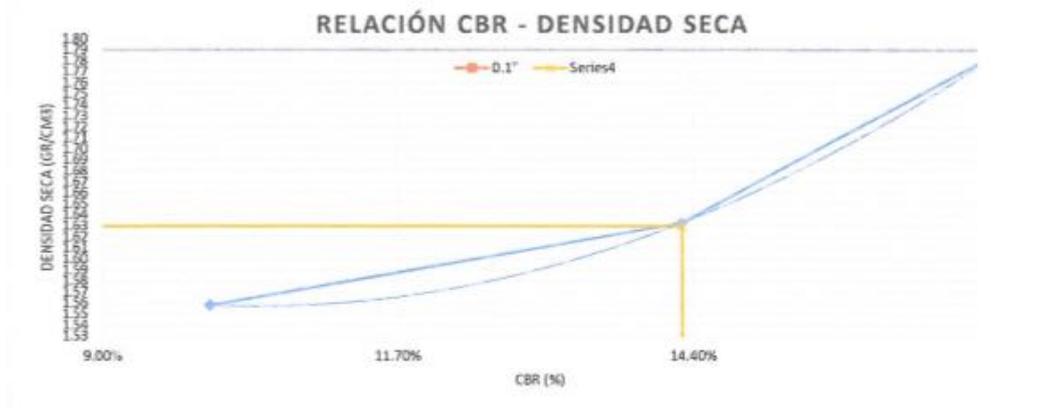
MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.54 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.42%



GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Cheyña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunqueni		
ENSAYO:	CBR	Nro de Muestra	: M-1
		Area del Pistón	: 19.35cm ²
		Expansión Máxima	: 0.00%
	CALICATA #1		



CBR 0.1" : 9.98% CBR 0.1" : 14.30% CBR 0.1" : 17.19%



CBR 01" AL 100 %	1.79 gr/cm ³	CBR:	17.19%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.70 gr/cm ³	CBR:	14.30%



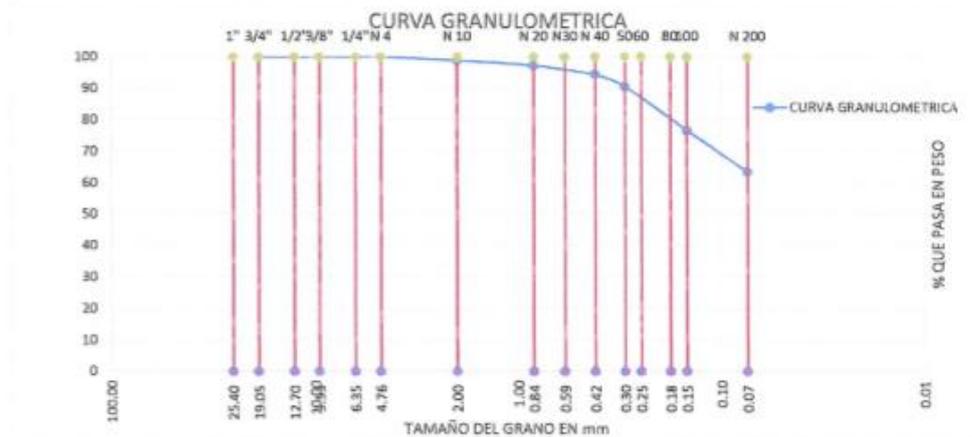
 ALFREDO MARCON RAMADH

 INGENIERO CIVIL

 REG. CP. 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*						
NOMBRE CLIENTE		Br. Pedro Ronald Guerra Chayña			TECN. RESP. Personal de Laboratorio	
UBICACIÓN PROYECTO		: Villa Chullunquiani				
ENSAYO:				Nro de Estrato	: E-01	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				Nro de Muestra	: M-01	
				Prof. de la Muestra	: -0.60 m.	
NORMA ASTM - D 422				Clasificación SUCS	: CL (Arcilla inorgánica de Baja Plasticidad)	
C - 02				Clasificación AASHTO	: A-6(B)	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
No10	2.00	2.34	1.17	1.17	98.83	
No20	0.84	3.20	1.60	2.77	97.23	
No30	0.59					
No40	0.42	5.61	2.81	5.58	94.43	
No 50	0.30	7.88	3.94	9.52	90.49	
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	27.98	13.99	23.51	76.50	
No200	0.07	26.14	13.07	36.58	63.43	
BASE		126.85	63.43	100.00		
TOTAL		200.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso Inicial	: 200.00 gr.
Peso Lavado	: 73.15 gr.
Peso Perdido	: 126.85 gr.
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	: 38.55 %
Límite Plástico	: 18.75 %
Índice Plasticidad	: 19.80 %
CARACT. GRANULOMÉTRICAS	
D10=	NP
D30=	NP
D60=	NP
CU=	NP
CC=	NP



GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO		CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*				
NOMBRE CLIENTE		Br. Pedro Ronald Guerra Chayña		TECN. RESP. Personal Laboratorio		
UBICACIÓN PROYECTO		Villa Chullunquiani				
ENSAJO:			Nro de Estrato	: E-02		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			Nro de Muestra	: M-02		
			Prof. de la Muestra	: 0,6 - 1,30		
NORMA ASTM - D 422			Clasificación SUCS	: ML (Limo Inorganico de Baja Plasticidad)		
C - 02			Clasificación AASHTO	: A-4(4)		
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.76	2.54	1.27	1.27	98.73	
No10	2.00	8.55	4.28	5.55	94.46	
No20	0.84	8.12	4.06	9.61	90.40	
No30	0.59					
No40	0.42	9.01	4.51	14.11	85.89	
No 50	0.30	9.69	4.85	18.96	81.05	
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	32.28	16.14	35.10	64.91	
No200	0.07	28.99	14.50	49.59	50.41	
BASE		100.82	50.41	100.00		
TOTAL		200.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 200.00 gr.
 Peso Lavado : 99.18 gr.
 Peso Perdido : 100.82 gr.

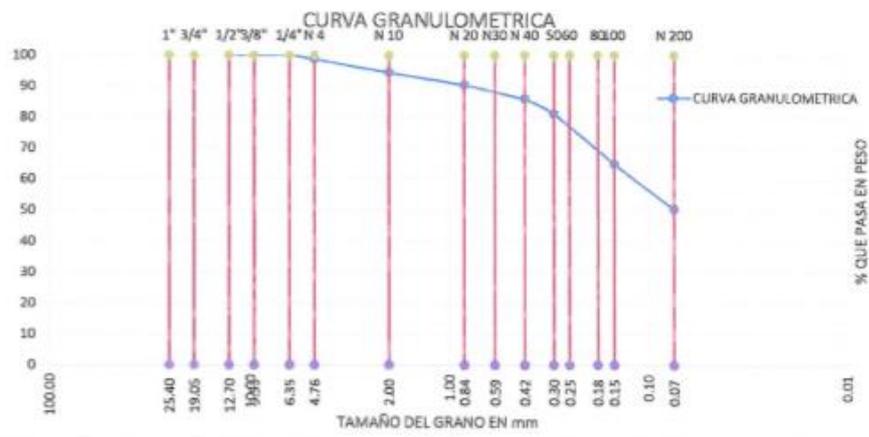
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 22.05 %
 Limite Plastico : 19.04 %
 Indice Plasticidad : 3.01 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= NP
 D30= NP
 D60= 0.12

 CU= NP
 CC= NP




 ALFREDO ARCOZ ARCOZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO	TESIS: CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA'					
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña			TECN. RESP.	Personal Laboratorio	
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquani					
ENSAYO:			Nro de Estrato	:	E-03	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			Nro de Muestra	:	M-01	
			Prof. de la Muestra	:	1.30-1.50	
NORMA ASTM - D 422			Clasificación SUCS	:	ML (Limo Inorgánico de Baja Plasticidad)	
C-02			Clasificación AASHTO	:	A-4(4)	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7					
3/8"	9.53					
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.76	1.42	0.71	0.71	99.29	
No10	2.00	1.44	0.72	1.43	98.57	
No20	0.84	1.22	0.61	2.04	97.96	
No30	0.59					
No40	0.42	1.15	0.58	2.62	97.39	
No 50	0.30	1.43	0.72	3.33	96.67	
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	22.37	11.19	14.52	85.49	
No200	0.07	62.89	31.45	45.96	54.04	
BASE		108.08	54.04	100.00		
TOTAL		200.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 200.00 gr.
 Peso Lavado : 91.92 gr.
 Peso Perdido : 108.08 gr.

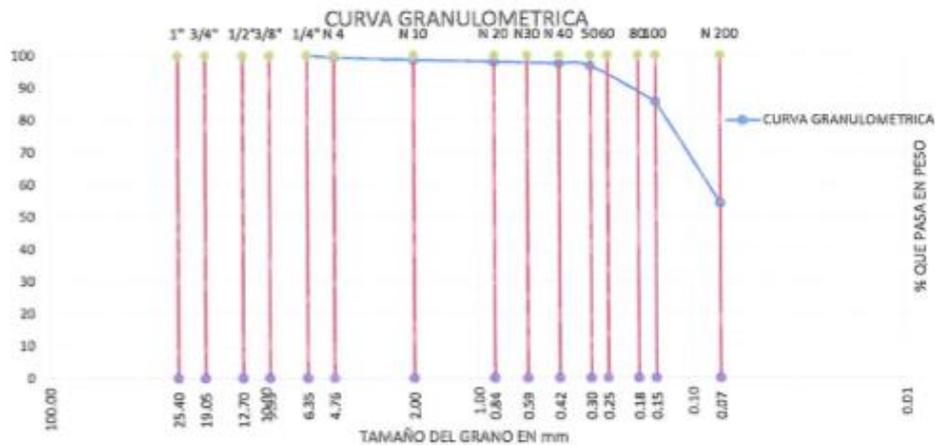
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido : NP
 Limite Plástico : NP
 Índice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10= NP
 D30= NP
 D60= 0.85

CU= NP
 CC= NP



GEOTECNIA PUNO EIRL	
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES Proctor Estándar (Laboratorio)	
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquani
	ICVIR ocen Personal Laboratorio

PROCTOR ESTANDAR C-02	Nro de Estrato	: E-03
	Nro de Muestra	: M-03
	Prof. de la Muestra	: -1.5 m
	Clasificación SUCS	: ML (Limo Arenoso)
	Clasificación AASHTO	: A-4

DESCRIPCION		CONTROL DE DENSIDAD			
Volumen del molde	cm3	929.37	929.37	929.37	929.37
Peso del suelo humedo + molde	gr	5948	5945	6028	5944
Peso del molde	gr	4368	4368	4368	4368
Peso del suelo humedo	gr	1478	1577	1660	1576
Densidad de suelo humedo	g/cm3	1.59	1.70	1.79	1.70

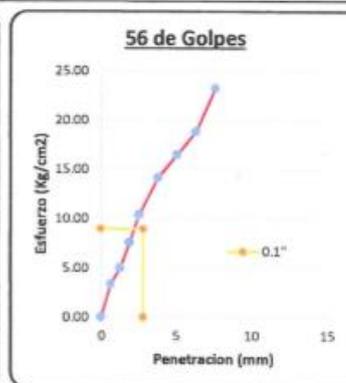
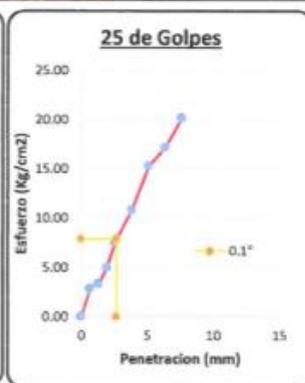
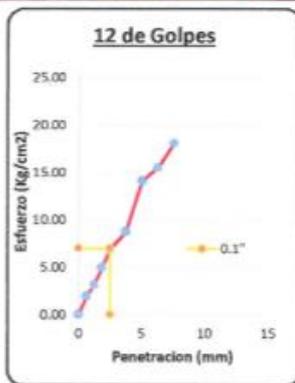
DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD							
Capsula N°	gr	T-014	T-036	T-1	T-14	T-0	T-008	T-008	T-056
Suelo Humedo + capsula	gr	34.51	38.95	40.51	49.00	21.51	46.98	21.32	19.32
Peso de suelo seco + capsula	gr	32.37	36.53	37.31	45.01	19.26	42.63	19.38	17.36
Peso del agua	gr	2.14	2.42	3.20	3.99	2.25	4.35	1.94	1.96
Peso de capsula	gr	16.27	16.14	16.15	16.32	7.97	16.67	8.88	8.08
Peso del suelo seco	gr	16.10	20.39	21.16	28.69	11.29	23.96	8.50	9.28
% de humedad	%	13.29%	11.87%	15.12%	13.91%	19.93%	18.16%	20.42%	21.12%
Promedio de humedad	%	12.58%		14.52%		19.04%		20.77%	
Densidad del suelo seco	g/cm3	1.41		1.48		1.50		1.40	



MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.53 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 17.59%



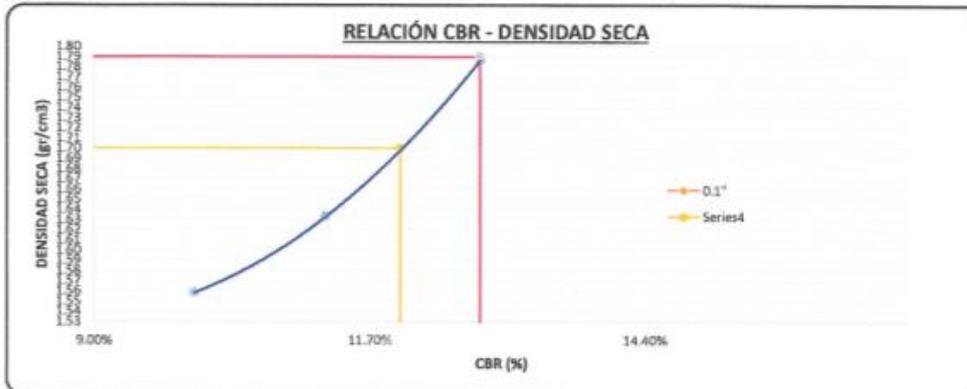
GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES			
CBR de Suelos (Laboratorio)			
MTC E 132 - 2000, NTP 339.145, ASTM D 1683			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	Vila Chullunquiani		
ENSAYO:	CBR	Nro de Muestra	M-1
	NORMA ASTM - D3080-98	Area del Pistón	19.35cm ²
	CALICATA 02	Expansión Máxima	0.00%



CBR 0.1" : 9.98%

CBR 0.1" : 11.27%

CBR 0.1" : 12.79%



CBR 01" AL 100 %	1.79 gr/cm ³	CBR:	12.79%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.70 gr/cm ³	CBR:	12.00%


 ALFREDO MARCOS ARMAHON
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL

MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

PROYECTO

CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*

NOMBRE CLIENTE Br. Pedro Ronald Guerra Chayña

TECN. RESP. Personal de Laboratorio

UBICACIÓN PROYECTO : Villa Chullunquiani

ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA ASTM - D 422

CALICATA: C - 03

Nro de Estrato	:	E-01
Nro de Muestra	:	M-01
Prof. de la Muestra	:	-0.90 m.
Clasificación SUCS	:	SP (Arenas mal graduada)
Clasificación AASHTO	:	A-1-b(0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	9.15	1.83	1.83	98.17	
3/8"	9.53	36.52	7.30	9.13	90.87	
1/4"	6.35	16.65	3.33	12.46	87.54	
No4	4.76	36.26	7.25	19.72	80.28	
No10	2.00	29.28	5.86	25.57	74.43	
No20	0.84	38.20	7.64	33.21	66.79	
No30	0.59	66.85	13.37	46.58	53.42	
No40	0.42	87.26	17.45	64.03	35.97	
No 50	0.30	43.91	8.78	72.82	27.18	
No60	0.25	25.37	5.07	77.89	22.11	
No80	0.18	50.62	10.12	88.01	11.99	
No100	0.15	29.65	5.93	93.94	6.06	
No200	0.07	15.28	3.06	97.00	3.00	
BASE		15.00		100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 485.00 gr.
 Peso Perdido : 15.00 gr.

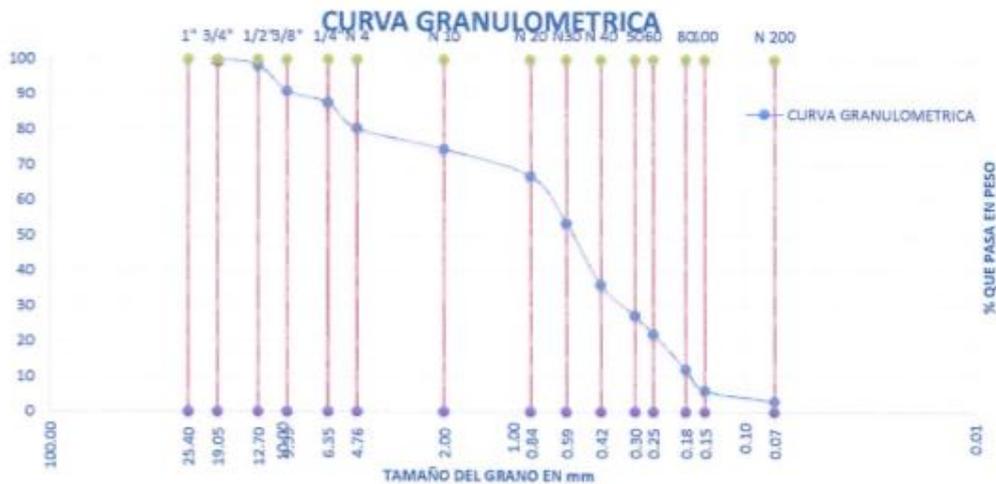
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido : NP
 Limite Plástico : NP
 Índice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10= 0.17
 D30= 0.34
 D60= 0.71

 CU= 4.18
 CC= 0.96



GEOTECNIA PUNO EIRL

MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

PROYECTO

CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*

NOMBRE CLIENTE

Br. Pedro Ronald Guerra Chayña

TECN. RESP.

Personal Laboratorio

UBICACIÓN PROYECTO

Villa Chullunqueni

ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA ASTM - D 422

CALICATA: C - 03

Nro de Estrato	:	E-02
Nro de Muestra	:	M-02
Prof. de la Muestra	:	-1.30 m.
Clasificación SUCS	:	ML (Limo Inorgánico de Baja Plasticidad)
Clasificación AASHTO	:	A-4(8)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.98	0.20	0.20	99.80	
No4	4.76	0.81	0.16	0.36	99.64	
No10	2.00	9.14	1.83	2.19	97.81	
No20	0.84	14.78	2.96	5.14	94.86	
No30	0.59	10.58	2.12	7.26	92.74	
No40	0.42	8.11	1.62	8.88	91.12	
No 50	0.30	8.98	1.80	10.68	89.32	
No60	0.25	8.91	1.78	12.46	87.54	
No80	0.18	16.73	3.35	15.80	84.20	
No100	0.15	16.04	3.21	19.01	80.99	
No200	0.07	35.63	7.13	26.14	73.86	
BASE		389.31	73.86	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 130.69 gr.
 Peso Perdido : 369.31 gr.

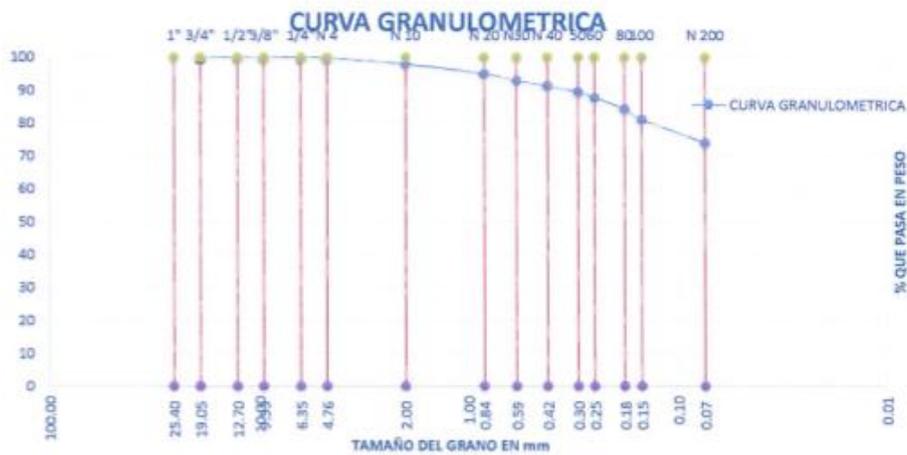
LIMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido : 25.17 %
 Límite Plástico : 14.04 %
 Índice Plasticidad : 11.13 %

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10= NP
 D30= NP
 D60= NP

 CU= NP
 CC= NP




ALFREDO ARCO TANIGUCHI
 INGENIERO CIVIL
 No. CIP 81732

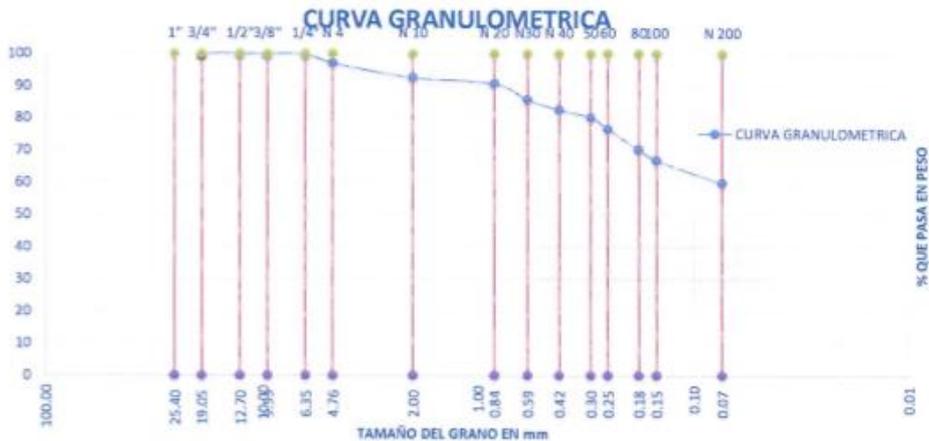
GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO	TESIS: CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*					
NOMBRE CLIENTE	Dr. Pedro Ronald Guerra Chayña			TECN. RESP.	Personal Laboratorio	
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani					
ENSAYO:						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				Nro de Estrato	E-03	
NORMA ASTM - D 422				Nro de Muestra	M-03	
CALICATA: C - 03				Prof. de la Muestra	-1.50 m.	
				Clasificación SUCS	Cl. Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad	
				Clasificación AASHTO	A-4(5)	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.52	0.10	0.10	99.90	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.10	99.90	
No4	4.76	14.62	2.92	3.03	96.97	
No10	2.00	22.61	4.52	7.55	92.45	
No20	0.84	9.06	1.81	9.36	90.64	
No30	0.59	25.12	5.02	14.39	85.61	
No40	0.42	15.62	3.12	17.51	82.49	
No 50	0.30	12.23	2.45	19.96	80.04	
No60	0.25	17.68	3.54	23.49	76.51	
No80	0.18	32.12	6.42	29.92	70.08	
No100	0.15	16.54	3.31	33.22	66.78	
No200	0.07	35.20	7.04	40.26	59.74	
BASE		298.68	59.74	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso Inicial :	500.00 gr.
Peso Lavado :	201.32 gr.
Peso Perdido :	298.68 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido :	23.05 %
Limite Plástico :	17.41 %
Índice Plasticidad :	5.64 %

CARACT. GRANULOMÉTRICAS	
D10=	NP
D30=	NP
D60=	0.077
CU=	NP
CC=	NP



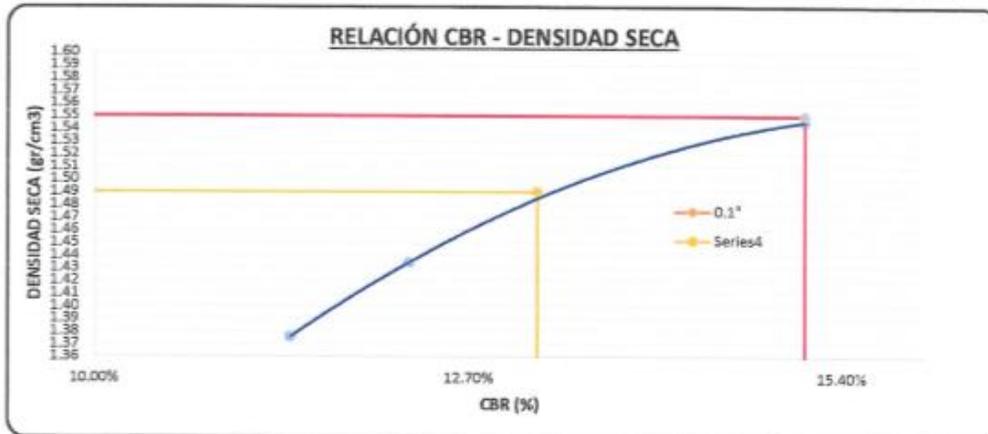
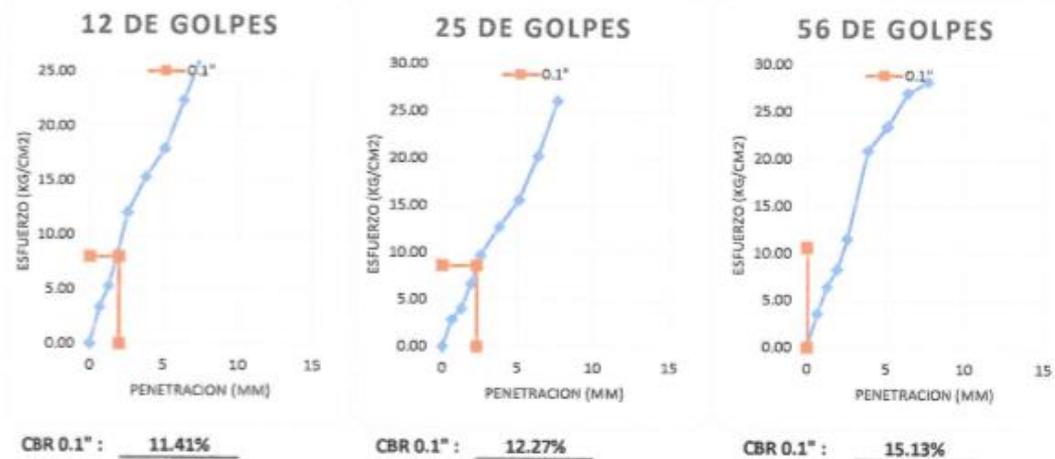
GEOTECNIA PUNO EIRL									
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - ORIENTACIONES									
Proctor Estándar (Laboratorio)									
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VAS DE LA VILLA CHULLUNQUANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA'								
NOMBRE CLIENTE	Sr. Pedro Rosal Guerra Chaylla		TECN. RESP.	Personal Laboratorio					
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquani								
PROCTOR ESTANDAR			Nro de Estrato	E-03					
			Nro de Muestra	M-03					
			Prof. de la Muestra	-1.50 m					
			Clasificación SUCS	SW (Arena Limosa)					
C-03			Clasificación AASHTO	A-2-4					
DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD							
Volumen del molde	cm ³	929.37	929.37	929.37	929.37				
Peso del suelo húmedo + molde	gr	5820	5915	5874	5786				
Peso del molde	gr	4367	4368	4368	4368				
Peso del suelo húmedo	gr	1453	1547	1506	1418				
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.57	1.66	1.62	1.53				
DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD							
Capítulo N°	gr	T-079	T-014	T-12	T-091	T-009	T-035	T-001	M-05
Suelo Húmedo + capsula	gr	20.23	21.36	50.23	62.21	64.29	65.30	41.21	46.51
Peso de suelo seco + capsula	gr	19.23	20.32	47.23	58.57	60.23	51.75	38.37	43.49
Peso del agua	gr	1.00	1.07	3.00	3.64	4.06	3.55	2.84	3.02
Peso de capsula	gr	7.81	7.98	16.47	30.82	24.24	23.28	16.53	18.58
Peso del suelo seco	gr	11.42	12.34	30.76	37.75	35.99	28.47	21.84	24.91
% de humedad	%	8.78%	8.67%	6.75%	9.64%	11.28%	12.47%	13.00%	12.12%
Promedio de humedad	%	8.71%		8.70%		11.88%		12.58%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.48		1.55		1.52		1.48	
RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD SECA									
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.570 gr/cm³ HUMEDAD ÓPTIMA: 10.52%									



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
REG. Nº 81732

[Firma manuscrita]

GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES			
CBR de Suelos (Laboratorio)			
MTC E 132 - 2000, NTP 339.145, ASTM D 1883			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA'		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	: Villa Chullunquiani		
ENSAYO:	Nro de Muestra	:E-01	
CBR	Area del Piston	: 19.35cm ²	
	#VALORI	: 0.00%	
	Clasificación SUCS	: SM (Arena Limosa)	
	Clasificación ASHTO	:A-2-4(0)	
C - 03			



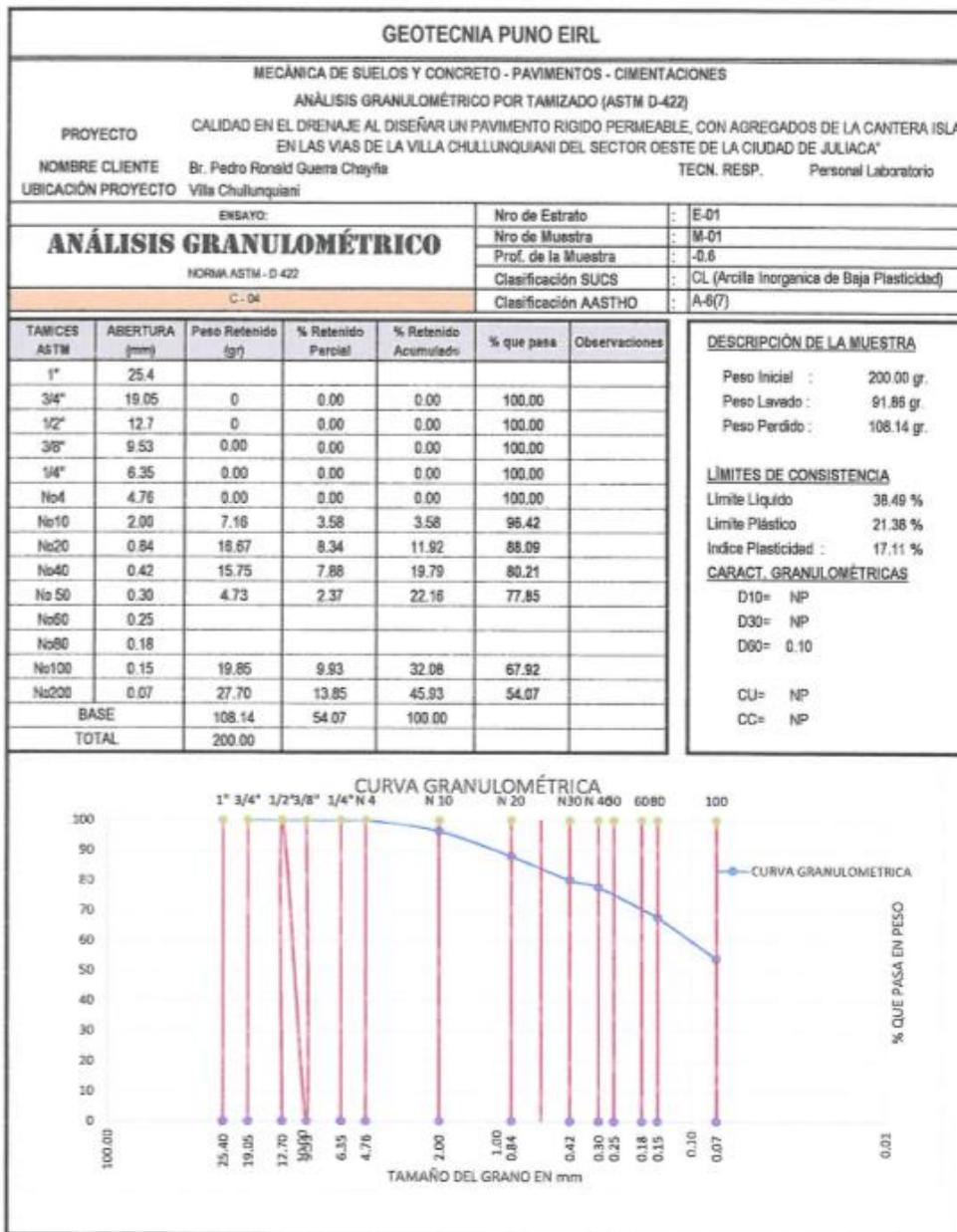
CBR 01" AL 100 %	1.55 gr/cm ³	CBR:	15.13%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.47 gr/cm ³	CBR:	13.20%



 ALFREDO A. ARCON ATAHUACH

 INGENIERO CIVIL

 Reg. CIP 81732





ALFREDO ARCON TANUACHI
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO		CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*				
NOMBRE CLIENTE		Sr. Pedro Ronald Guerra Chayña		TECN. RESP. Personal Laboratorio		
UBICACIÓN PROYECTO		Villa Chullunquani				
ENSAYO			Nro de Estrato	E-02		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			Nro de Muestra	M-02		
			Prof. de la Muestra	0.6 - 1.30 m.		
NORMA ASTM - D 422			Clasificación SUCS	ML (Limo Inorganico de Baja Plasticidad)		
CALCATA C - 04			Clasificación AASHTO	A-4(8)		
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
No10	2.00	1.86	0.95	0.95	99.06	
No20	0.84	4.42	2.21	3.16	96.85	
No30	0.59					
No40	0.42	11.17	5.98	8.74	91.26	
No 50	0.30	4.44	2.22	10.96	89.04	
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	16.37	8.19	19.15	80.86	
No200	0.07	16.56	8.28	27.43	72.58	
BASE		145.15	72.58	100.00		
TOTAL		200.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 200.00 gr.
 Peso Lavado : 54.85 gr.
 Peso Perdido : 145.15 gr.

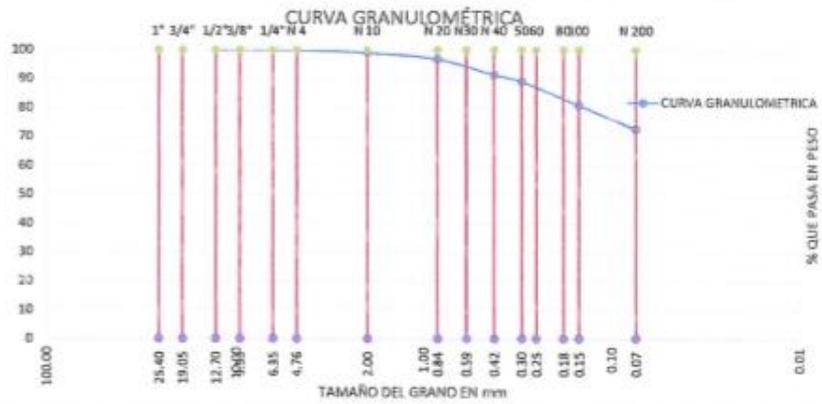
LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido : 31.74 %
 Límite Plástico : 24.33 %
 Índice Plasticidad : 7.41 %

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10: NP
 D30: NP
 D60: NP

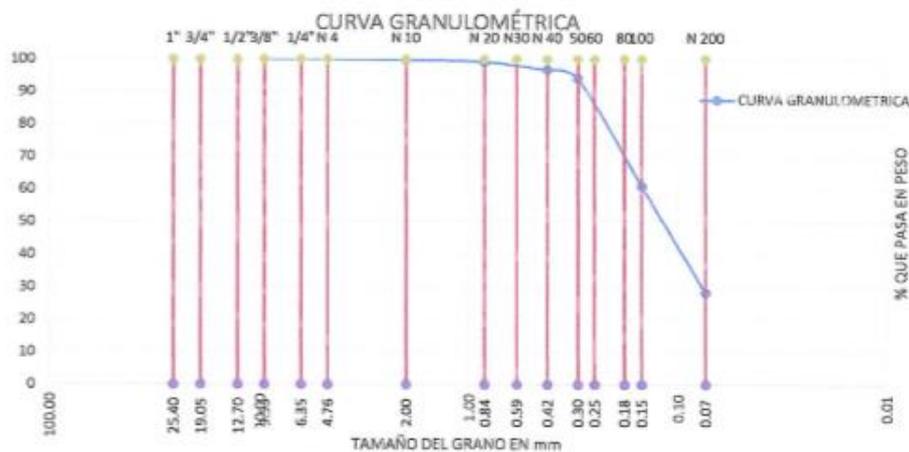
CU= NP
 CC= NP



 **FREDDY ALVARO BARRALACHI**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Nº 81733

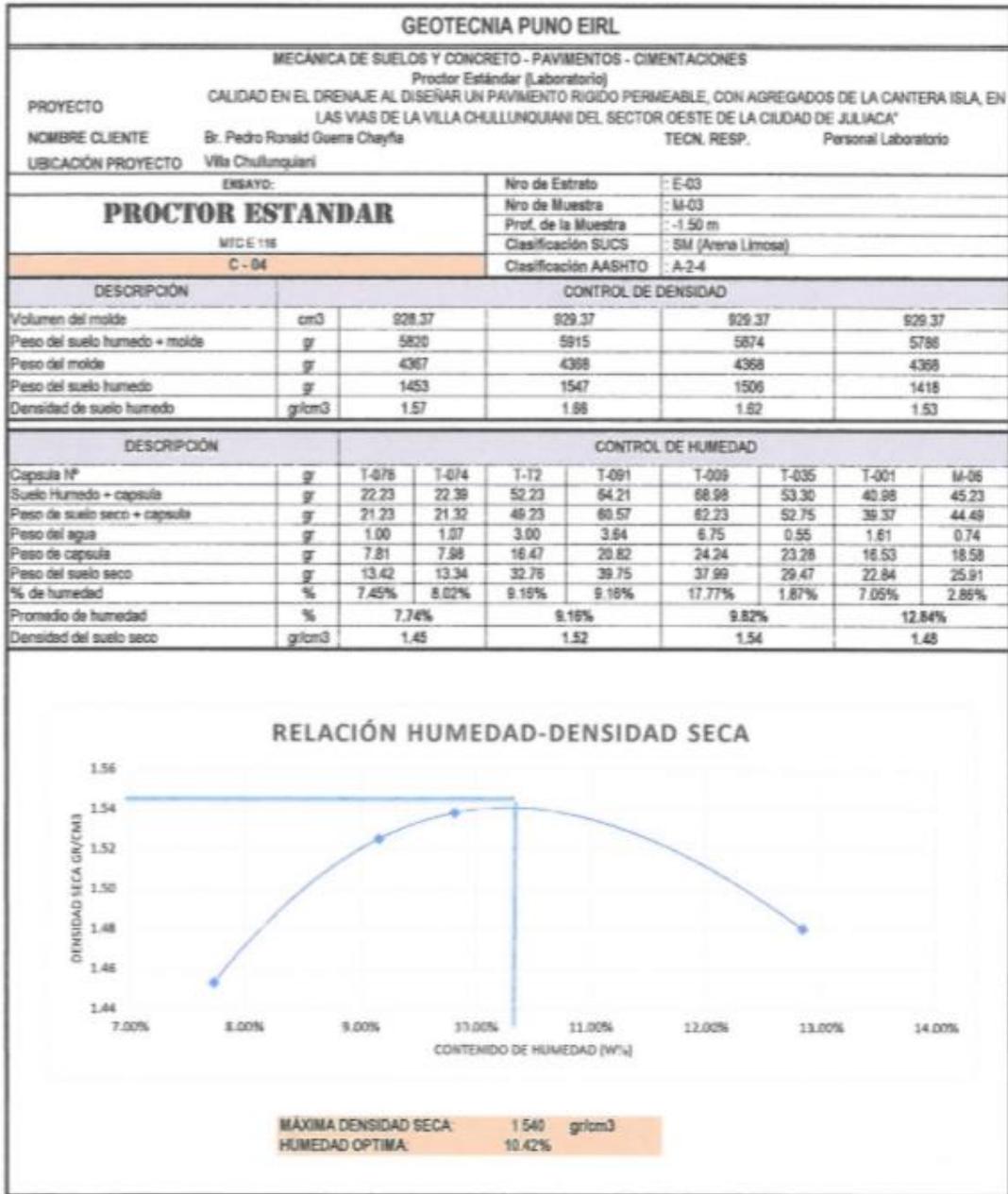
GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*					
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayfia			TECN. RESP.	Personal Laboratorio	
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani					
ENSAYO:			Nro de Estrato	: E-03		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			Nro de Muestra	: M-03		
			Prof. de la Muestra	: 1.30-1.50 m.		
CALICATA C-04			Clasificación SUCS	: SM (Arenas Limosas)		
			Clasificación ASHTO	: A-2-4(0)		
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7					
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
No10	2.00	0.61	0.31	0.31	99.70	
No20	0.84	1.09	0.55	0.85	99.15	
No30	0.59					
No40	0.42	5.02	2.51	3.36	96.84	
No 50	0.30	5.27	2.64	6.00	94.01	
No60	0.25					
No80	0.18					
No100	0.15	66.18	33.09	39.09	60.92	
No200	0.07	65.53	32.77	71.85	28.15	
BASE		56.30	28.15	100.00		
TOTAL		200.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso Inicial	: 200.00 gr.
Peso Lavado	: 143.70 gr.
Peso Perdido	: 56.30 gr.
LIMITE DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	: NP
Límite Plástico	: NP
Índice Plasticidad	: NP
CARACT. GRANULOMETRICAS	
D10=	NP
D30=	0.07
D60=	0.15
CU=	NP
CC=	NP





ALFREDO ARDON ZAMACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732



GEOTECNIA PUNO EIRL

MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES
 CBR de Suelos (Laboratorio)
 MTC E 132 - 2000, NTP 339.145, ASTM D 1883

PROYECTO CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*

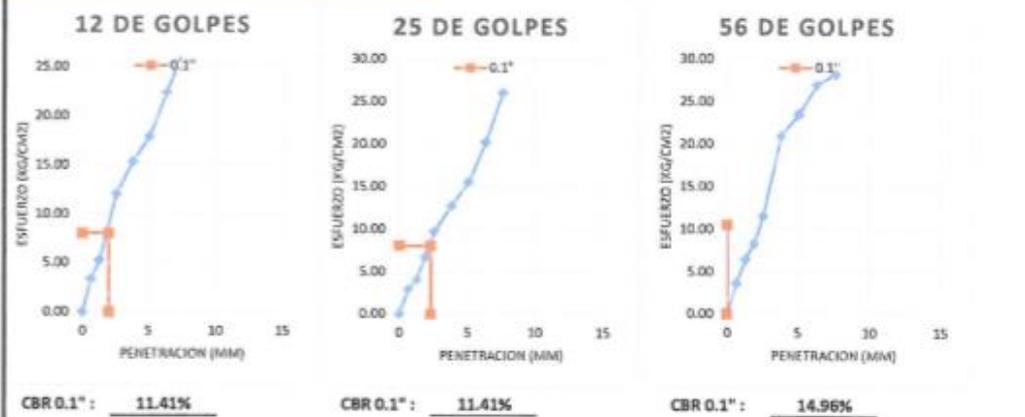
NOMBRE CLIENTE Br. Pedro Ronald Guerra Chayña

TECN. RESP.

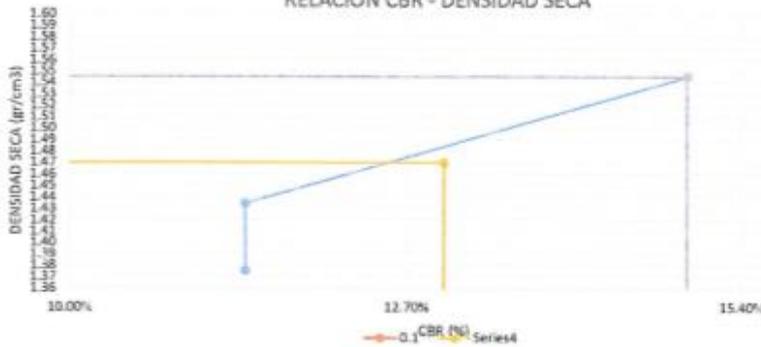
Personal Laboratorio

UBICACIÓN PROYECTO Villa Chullunquiani

CBR C - 04	Nro de Muestra	E-01
	Area del Piston	19.35cm ²
	Clasificación SUCS	SM (Arens Limosa)
	Clasificación ASHTO	A-2-4(0)



RELACIÓN CBR - DENSIDAD SECA



CBR 01* AL 100 %	1.55 gr/cm ³	CBR:	14.96%
CBR 01* AL 95% M.D.S	1.47 gr/cm ³	CBR:	13.00%



ALFREDO FALCON ALMAGUER
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732

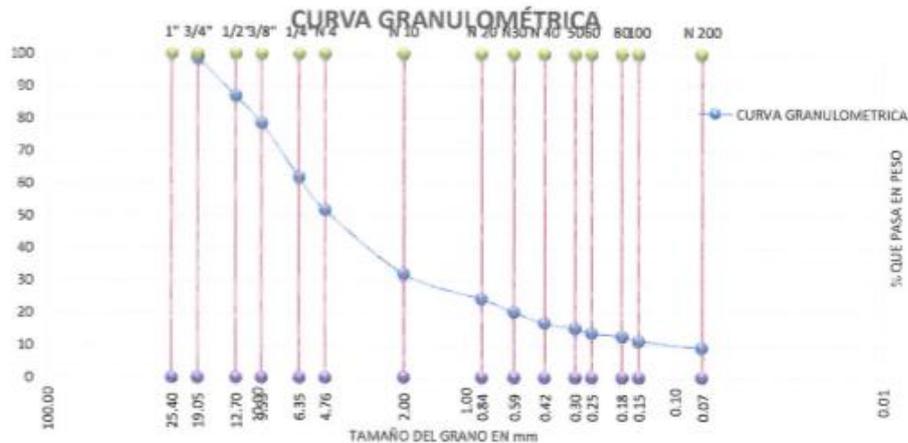
GEOTECNIA PUNO EIRL						
MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)						
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA					
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña			TECN. RESP.	Personal Laboratorio	
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani					
ENSAYO:						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			Nro de Estrato	: E-01		
NORMA ASTM - D 422			Nro de Muestra	: M-01		
C - 05			Prof. de la Muestra	: -0.32 m.		
			Clasificación SUCS	: GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena)		
			Clasificación AASHTO	: A-1-a(0)		

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	32	1.07	1.07	98.93	
1/2"	12.7	361.00	12.03	13.10	86.90	
3/8"	9.53	251.00	8.37	21.47	78.53	
1/4"	6.35	498.00	16.60	38.07	61.93	
No4	4.76	306.00	10.20	48.27	51.73	
No10	2.00	592.00	19.73	68.00	32.00	
No20	0.84	232.00	7.73	75.73	24.27	
No30	0.59	120.00	4.00	79.73	20.27	
No40	0.42	101.00	3.37	83.10	16.90	
No 50	0.30	49.00	1.63	84.73	15.27	
No60	0.25	42.00	1.40	86.13	13.87	
No80	0.18	32.00	1.07	87.20	12.80	
No100	0.15	41.00	1.37	88.57	11.43	
No200	0.07	65.00	2.17	90.73	9.27	
BASE		278.00	9.27	100.00		
TOTAL		3000.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Peso Inicial	: 3000.00 gr.
Peso Lavado	: 2722.00 gr.
Peso Perdido	: 278.00 gr.

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	: NP
Límite Plástico	: NP
índice Plasticidad	: NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS	
D10=	0.1
D30=	1.30
D60=	4.55
CU=	45.5
CC=	3.73



ALFREDO CARCON ATAPACHI
 INGENIERO CIVIL
 R.C. CIP 41732

GEOTECNIA PUNO EIRL	
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)	
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chaylla
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiani
	TECN. RESP. Personal Laboratorio

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422 C - 05	Nro de Estrato	: E-03
	Nro de Muestra	: M-03
	Prof. de la Muestra	: -1.27 m.
	Clasificación SUCS	: SC -SM (Arenas limosa- arcillosa)
	Clasificación AASHTO	: A-4(1)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	5.00	1.00	1.00	99.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	1.00	99.00	
No4	4.78	6.00	1.20	2.20	97.80	
No10	2.00	11.00	2.20	4.40	95.60	
No20	0.84	9.06	1.81	6.21	93.79	
No30	0.59	35.90	7.18	13.39	86.61	
No40	0.42	26.30	5.26	18.65	81.35	
No 50	0.30	22.25	4.45	23.10	76.90	
No60	0.25	30.21	6.04	29.14	70.86	
No80	0.18	59.11	11.82	40.97	59.03	
No100	0.15	32.61	6.52	47.49	52.51	
No200	0.07	64.21	12.84	60.33	39.67	
BASE		198.35	39.67	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 301.65 gr.
 Peso Perdido : 198.35 gr.

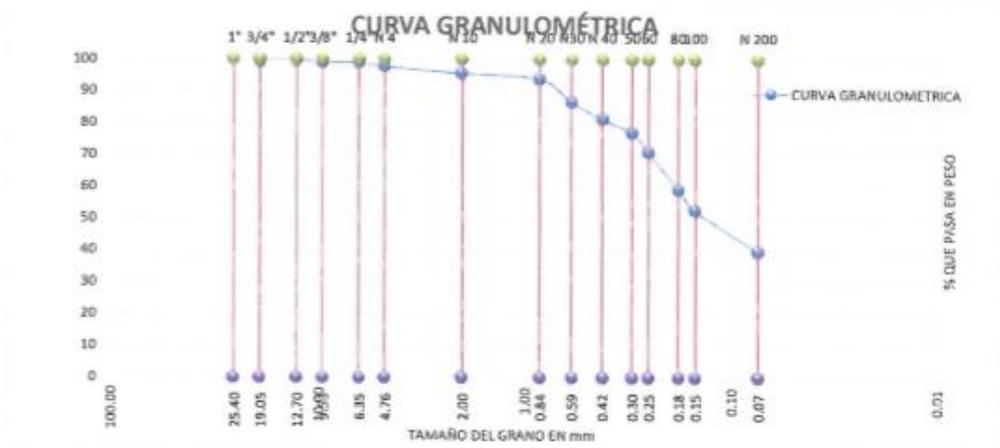
LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 21.97 %
 Limite Plastico : 15.95 %
 Indice Plasticidad : 6.02 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10= NP
 D30= NP
 D60= 0.10

CU= NP
 CC= NP





ALFONSO ARCON TAHAUCHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP # 1732

GEOTECNIA PUNO EIRL

MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

PROYECTO

TESIS: CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VIAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*

NOMBRE CLIENTE Br. Pedro Ronald Guerra Chayña

TECN. RESP. Personal Laboratorio

UBICACIÓN PROYECTO Villa Chullunquiani

ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NORMA ASTM - D 422

C-65

Nro de Estrato	: E-04
Nro de Muestra	: M-04
Prof. de la Muestra	: -1.50 m.
Clasificación SUCS	: SP (Arenas mal graduadas)
Clasificación AASHTO	: A-1-b(0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
1"	25.4					
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	4.20	0.84	0.84	99.16	
1/4"	6.35	3.16	0.63	1.47	98.53	
No4	4.76	6.90	1.38	2.85	97.15	
No10	2.00	62.30	12.46	15.31	84.69	
No20	0.84	89.02	17.80	33.12	66.88	
No30	0.59	95.12	19.02	52.14	47.86	
No40	0.42	105.00	21.00	73.14	26.86	
No 50	0.30	25.60	5.12	78.26	21.74	
No60	0.25	27.62	5.52	83.78	16.22	
No80	0.18	32.38	6.48	90.26	9.74	
No100	0.15	21.40	4.28	94.54	5.46	
No200	0.07	12.30	2.46	97.00	3.00	
BASE		15.00	3.00	100.00		
TOTAL		500.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 500.00 gr.
 Peso Lavado : 485.00 gr.
 Peso Perdido : 15.00 gr.

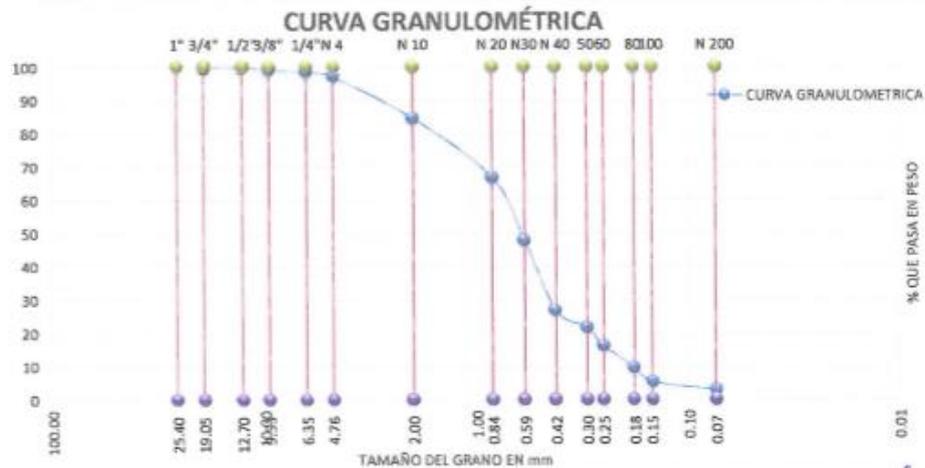
LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido : NP
 Límite Plástico : NP
 Índice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10= 0.18
 D30= 0.44
 D60= 0.75

 CU= 4.17
 CC= 1.43



ALFREDO ARCOVALÁN HUACH
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732

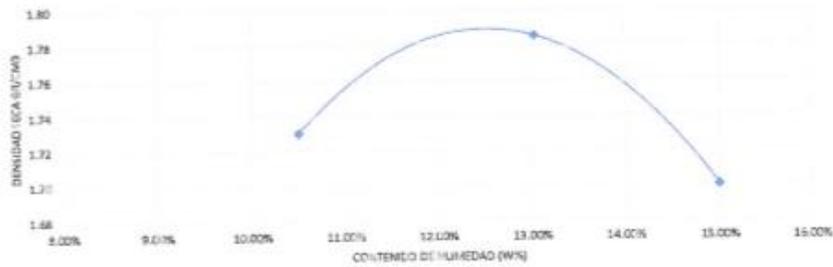
GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES			
Proctor Estándar (Laboratorio)			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VÍAS DE LA VILLA CHULLUNQUIAN DEL SECTOR NOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquián		

EMBAJO	PROCTOR ESTANDAR	Nro de Extrato	E-04
		Nro de Muestra	M-04
		Prof. de la Muestra	-1.50 m
		Clasificación SUCS	SP (arena mal graduada)
	C - 05	Clasificación AASHTO	A-1-b(0)

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE DENSIDAD			
Volumen del molde	cm ³	958.21	958.21	958.21
Peso del suelo húmedo + molde	gr	6201	6224.01	6242.96
Peso del molde	gr	4369	4290.34	4369.66
Peso del suelo húmedo	gr	1832	1933.669	1873.3
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.91	2.02	1.95

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD						
Capsula N°	gr	1.36	1.14	1.089	1.070	1.056	1.008
Suelo húmedo + capsula	gr	70.22	71.68	26.90	24.81	19.80	22.62
Peso de suelo seco + capsula	gr	65.41	66.09	24.93	22.74	18.43	20.70
Peso del agua	gr	4.81	5.59	1.97	2.07	1.37	1.83
Peso de capsula	gr	16.15	16.27	8.83	7.93	8.05	8.89
Peso del suelo seco	gr	49.26	49.82	16.30	14.81	10.38	10.80
% de humedad	%	9.77%	11.23%	12.11%	13.95%	13.21%	16.79%
Promedio de humedad	%	10.50%		13.00%		15.00%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.73		1.79		1.70	

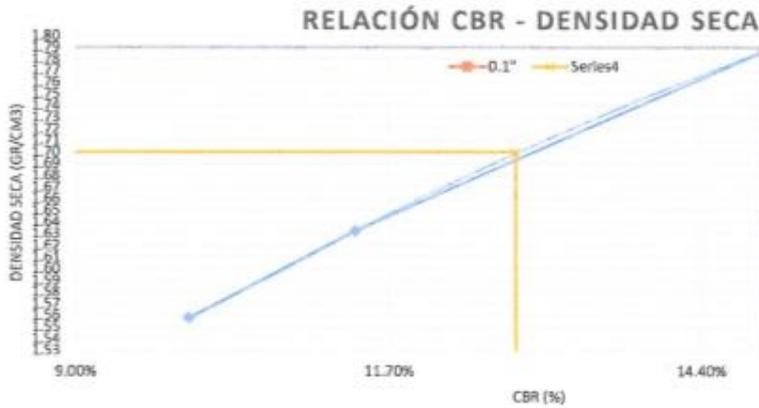
RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD SECA



MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.79 gr/cm³
HUMEDAD ÓPTIMA: 12.75%


ALFREDO AMORIM SUAZUA
 INGENIERO CIVIL
 RNE CP 21732

GEOTECNIA PUNO EIRL			
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132 - 2000, NTP 399.145, ASTM D 1883			
PROYECTO	CALIDAD EN EL DRENAJE AL DISEÑAR UN PAVIMENTO RIGIDO PERMEABLE, CON AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA, EN LAS VÍAS DE LA VILLA CHULLUNQUIANI DEL SECTOR OESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA*		
NOMBRE CLIENTE	Br. Pedro Ronald Guerra Chayña	TECN. RESP.	Personal Laboratorio
UBICACIÓN PROYECTO	Villa Chullunquiari		
ENSAYO:	CBR	Nro de Muestra	: M-1
		Area del Pistón	: 19.35cm ²
		Expansión Máxima	: 0.00%
		Clasificación SUCS	
		Clasificación ASHTO	
	CALICATA 05		



CBR 01" AL 100 %	1.79 gr/cm ³	CBR:	14.94%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.70 gr/cm ³	CBR:	12.80%



ANEXO B. ESTUDIO DE TRÁFICO



ESTUDIO DE TRAFICO DEL DIA - DOMINGO

TRAMO DE LA VIA SENTIDO UBICACIÓN		CAMPUSE: UNIVERSIDAD PERUANA UNION		ESTACION CORSO DE LA ESTACION DIA Y FECHA		Domingo		2019			
		ENTRADA	SALIDA	ESTACION	CURSO DE LA ESTACION	EST	ENTRADA	EST	TOTAL		
HORA	SENTIDO	AUTO	STACION WAGON	PICKUP	SAMBONESAS	MOTO	BIKE	FARMON	INSTRUMENTAL	OTRO	TOTAL
00-01	E										0
01-02	E										0
02-03	E										0
03-04	E										0
04-05	E										0
05-06	E	1									1
06-07	E	3									3
07-08	E	4									4
08-09	E	26									26
09-10	E	10									10
10-11	E	8									8
11-12	E	5									5
12-13	E	10									10
13-14	E	9									9
14-15	E	13									13
15-16	E	14									14
16-17	E	3									3
17-18	E	4									4
18-19	E	6									6
19-20	E	4									4
20-21	E	5									5
21-22	E	1									1
22-23	E	1									1
23-24	E										0
TOTAL		199	77	10	1	244					628



ESTUDIO DE TRAFICO DEL DIA - LUNES

FECHA DE LA VIA	CAMPEL	UNIVERSIDAD PERUANA LINDON	ENTRADA	SALIDA	UPEU
UBICACION					

HORA	ENTRADA	AUTO	STACION MAGNIN	PICK UP	CAMIONETAS	RUBAL	MOTO	T.E.	BUS	T.E.	CAMION	4P	31/02	30/03	30/04	31/05	31/06	31/07	31/08	31/09	31/10	31/11	31/12	TOTAL	%		
																										01-01	01-02
00-01	E																								0	0.00%	
00-01	S																									0	0.00%
01-02	E																									0	0.00%
01-02	S																									0	0.00%
02-03	E																									0	0.00%
02-03	S																									0	0.00%
03-04	E																									0	0.00%
03-04	S																									0	0.00%
04-05	E																									0	0.00%
04-05	S																									0	0.00%
05-06	E																									0	0.00%
05-06	S																									0	0.00%
06-07	E	9																								9	100%
06-07	S																									0	0.00%
07-08	E	31																								31	100%
07-08	S																									0	0.00%
08-09	E	25																								25	100%
08-09	S																									0	0.00%
09-10	E	16																								16	100%
09-10	S	18																								18	100%
10-11	E	17																								17	100%
10-11	S	16																								16	100%
11-12	E	18																								18	100%
11-12	S	12																								12	100%
12-13	E	10																								10	100%
12-13	S	8																								8	100%
13-14	E	21																								21	100%
13-14	S	21																								21	100%
14-15	E	22																								22	100%
14-15	S	21																								21	100%
15-16	E	17																								17	100%
15-16	S	13																								13	100%
16-17	E	6																								6	100%
16-17	S	4																								4	100%
17-18	E	15																								15	100%
17-18	S	15																								15	100%
18-19	E	12																								12	100%
18-19	S	8																								8	100%
19-20	E	5																								5	100%
19-20	S	4																								4	100%
20-21	E	5																								5	100%
20-21	S	5																								5	100%
21-22	E	1																								1	100%
21-22	S	1																								1	100%
22-23	E																									0	0.00%
22-23	S																									0	0.00%
23-24	E																									0	0.00%
23-24	S																									0	0.00%
TOTAL		224	33	31	1	311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	804	100%	

ENCUESTADOR: _____ INGRESOS: _____ SUPERV.MTC: _____

ESTUDIO DE TRAFICO DEL DIA - MIERCOLES

FRANCO DE LA VÍA		CAMPUS UNIVERSIDAD PERLA LA UNIÓN		ENTRADA		SALIDA		ESTACION		DÍA Y FECHA		EDUC	
SEÑALIZACIÓN	INDICACION	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
00-01	E												
01-02	E												
02-03	E												
03-04	E												
04-05	E												
05-06	E												
06-07	E												
07-08	E												
08-09	E												
09-10	E												
10-11	E												
11-12	E												
12-13	E												
13-14	E												
14-15	E												
15-16	E												
16-17	E												
17-18	E												
18-19	E												
19-20	E												
20-21	E												
21-22	E												
22-23	E												
23-24	E												
TOTAL													

ENCUESTADOR: _____ JEFE DE BRIGADA: _____ ING. RESPONS: _____ SUPERV. MTC: _____

ESTUDIO DE TRAFICO DEL DIA - JUEVES

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA		CAMPUSES, UNIVERSIDAD PERUANA UNION		SALIDA		ESTACION		CODIGO DE LA ESTACION		DOMINGOS		2019	
SENYUTO	UBICACION	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
FECHA	SENTIDO	ATTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA	MOTOCICLETA
DIABANA VEEL															
09-01	E														
01-02	E														
02-03	E														
03-04	E														
04-05	E														
05-06	E														
06-07	E														
07-08	E														
08-09	E														
09-10	E														
10-11	E														
11-12	E														
12-13	E														
13-14	E														
14-15	E														
15-16	E														
16-17	E														
17-18	E														
18-19	E														
19-20	E														
20-21	E														
21-22	E														
22-23	E														
23-24	E														
TOTAL		472	15	18	2	311	6	0	0	0	0	0	0	0	825
		100%				100%									100%

ENCUESTADOR: _____ JEFE DE BARRADA: _____ INGRESOS: _____ SUPERV.MTCC: _____

vehículo	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	total	%
auto	190	421	426	484	472	514	199	2706	51.67%
station wagon	73	22	33	21	15	17	62	243	4.64%
pick up	19	50	32	15	18	19	21	174	3.32%
panel	1	9	4	1	2	1	0	18	0.34%
combi rural	344	344	311	328	311	278	168	2084	39.79%
Micro	0	0	0	4	6	0	0	10	0.19%
bus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
bus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
camion 2E	1	0	0	0	1	0	0	2	0.04%
camion 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
TOTAL	628	846	806	853	825	829	450	5237	100.00%

Tipo de vehículo	Cargas por ejes en Tn			IMDa	FD			Esal	
	Eje delantero	Ejes posteriores			Eje delantero	Ejes posteriores			Total
		Simple	Tandem			Simple	Tandem		
auto	1.5	1.5		0	0.002	0.002		0.005	
station wagon	1.75	1.75		0	0.004	0.004		0.009	
pick up	2.5	2.5		0	0.019	0.019		0.037	
panel	2.5	2.5		0	0.019	0.019		0.037	
combi rural	3.5	3.5		0	0.074	0.074		0.148	
Micro	5	5		0	0.320	0.320		0.641	
bus 2E	7	11		0	1.273	3.335		4.608	
bus 3E	7	11	16	0	1.273	2.343		3.616	
camion 2E	7	11	18	0	1.273	3.335		4.608	
camion 3E	7	18		0	1.273	3.458		4.731	
TOTAL				0			Total	7.26E+05	

vehículo	IMDa
auto	435
station wagon	39
pick up	28
panel	3
combi rural	335
Micro	2
bus 2E	0
bus 3E	0
camion 2E	0
camion 3E	0
TOTAL	842

ANEXO C. ESTUDIO HIDROLÓGICO

DISTRIBUCIÓN				LOG PEARSON III						
N	s	P máx (mm)	Orden Jerárquico	Años ordenados	Q mayor a menor	K	K-1	(K-1) 2	(K-1) 3	p %
1	1961	21.8	38	2002	63.3	1.884667335	0.884667335	0.782636293	0.692372764	2.38
2	1962	26.01	30	1984	52	1.548225931	0.548225931	0.300551671	0.16477022	4.76
3	1963	29	27	1971	51.3	1.527384428	0.527384428	0.278134335	0.146683717	7.14
4	1964	42	8	1993	50	1.488678779	0.488678779	0.238806949	0.116699889	9.52
5	1965	29.01	26	1982	49	1.458905204	0.458905204	0.210593986	0.096642676	11.90
6	1966	29.2	25	1967	48.2	1.435086343	0.435086343	0.189300126	0.0823619	14.29
7	1967	46.2	6	2005	47.4	1.411267483	0.411267483	0.169140942	0.06956217	16.67
8	1968	38	11	1964	42	1.250490175	0.250490175	0.062745328	0.015717088	19.05
9	1969	24.3	35	1987	38.8	1.155214733	0.155214733	0.024091613	0.003739373	21.43
10	1970	28.4	28	1986	38.6	1.149260018	0.149260018	0.022278553	0.003325297	23.81
11	1971	51.3	3	1988	38	1.131395872	0.131395872	0.017264875	0.002268533	26.19
12	1972	36.2	15	1977	37.4	1.113531727	0.113531727	0.012889453	0.001463362	28.57
13	1973	25.21	33	1985	36.7	1.092690224	0.092690224	0.008591478	0.000796346	30.95
14	1974	30	24	2003	36.5	1.086735509	0.086735509	0.007523049	0.000652515	33.33
15	1975	25.2	34	1972	36.2	1.077803436	0.077803436	0.006053375	0.000470973	35.71
16	1976	21.5	39	1991	35	1.042075146	0.042075146	0.001770318	7.44864E-05	38.10
17	1977	37.4	12	1978	34	1.01230157	0.01230157	0.000151329	1.86158E-06	40.48
18	1978	34	17	1989	33.01	0.98282573	-0.01717427	0.000294956	-5.06565E-06	42.86
19	1979	25.7	32	1988	33	0.982527994	-0.017472006	0.000305271	-5.3337E-06	45.24
20	1980	30.3	22	2004	32.8	0.976573279	-0.023426721	0.000548811	-1.28568E-05	47.62
21	1981	26	31	2006	30.31	0.902437076	-0.097562924	0.009518524	-0.000928655	50.00
22	1982	49	5	1980	30.3	0.90213934	-0.09786066	0.009576709	-0.000937183	52.38
23	1983	26.5	29	1995	30.01	0.893505003	-0.108494997	0.011341184	-0.001207779	54.76
24	1984	52	2	1974	30	0.893207268	-0.106792732	0.011404688	-0.001217938	57.14
25	1985	36.7	13	1966	29.2	0.869388407	-0.130611593	0.017059388	-0.002228154	59.52
26	1986	38.6	10	1965	29.01	0.863731428	-0.136268572	0.018569124	-0.002530388	61.90
27	1987	38.8	9	1963	29	0.863433692	-0.136566308	0.018650356	-0.00254701	64.29
28	1988	33	19	1970	28.4	0.845569547	-0.154430453	0.023848765	-0.003682976	66.67
29	1989	33.01	18	1983	26.5	0.788999753	-0.211000247	0.044521104	-0.008393964	69.05
30	1990	20	40	1962	26.01	0.774410701	-0.225589299	0.050890532	-0.011480359	71.43
31	1991	35	16	1981	26	0.774112965	-0.225887035	0.051024952	-0.011525875	73.81
32	1992	22	37	1979	25.7	0.765180893	-0.234819107	0.055140013	-0.012947929	76.19
33	1993	50	4	1973	25.21	0.750591941	-0.249408159	0.06220443	-0.015514292	78.57
34	1994	24	36	1975	25.2	0.750294105	-0.249705895	0.062353034	-0.01556992	80.95
35	1995	30.01	23	1969	24.3	0.723497867	-0.276502113	0.076453419	-0.021139532	83.33
36	2001	19.4	41	1994	24	0.714565814	-0.285434186	0.081472674	-0.023255087	85.71
37	2002	63.3	1	1992	22	0.655018663	-0.344981337	0.119012123	-0.041056961	88.10
38	2003	36.5	14	1961	21.8	0.649063948	-0.350936052	0.123156113	-0.04321992	90.48
39	2004	32.8	20	1976	21.5	0.640131875	-0.359868125	0.128505067	-0.046604746	92.86
40	2005	47.4	7	1990	20	0.595471512	-0.404528488	0.163643298	-0.068198376	95.24
41	2006	30.31	21	2001	19.4	0.577607366	-0.422392634	0.178415537	-0.075361409	97.62
		33.69682927						3.651433745	0.989031462	

Coefficiente de Variación (Cv)	0.30213547
Coefficiente de Asimetría (Cs)	0.896489

33.33333333	56.11
25	53.82875
10	52.46

P. de Retorno (Años)	Precipitación Máxima (mm)
2	32.06
4	39.37
5	41.40
10	47.18
25	53.83
30	55.20
100	63.62

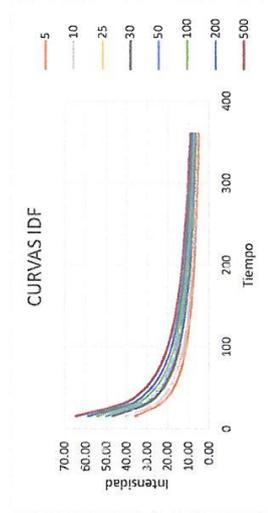
f de P. de Retorno	Probabilidad (%)	Precipitación (mm) - Tp	P. de Retorno (Años)	Precipitación Máxima (mm)
0.0001	0.01	5.73	10000	91.73
0.001	0.1	4.38	1000	78.03
0.005	0.5	3.45	200	68.60
0.01	1.00	2.96	100.00	63.62
0.03	3	2.22	33.33333333	56.11
0.035	3.5		30	55.20
0.04	4	2.04	25	53.83
0.05	5	1.86	20	52.46
0.10	10.00	1.34	10.00	47.18
0.2	20	0.77	5	41.40
0.25	25	0.57	4	39.37
0.3	30.00	0.40	3.33	37.65
0.4	40	0.11	2.50	34.70
0.5	50	-0.15	2.00	32.06
0.6	60	-0.38	1.67	29.73
0.7	70	-0.61	1.428571429	27.40
0.75	75	-0.73	1.333333333	26.18
0.8	80	-0.85	1.25	24.96
0.9	90	-1.15	1.111111111	21.92
0.95	95	-1.35	1.052631579	19.89
0.97	97	-1.47	1.030927835	18.67
0.99	99	-1.66	1.01010101	16.74
0.999	99.9	-1.9	1.001001001	14.31

n

0.38

tT	DURACION DE LA TORMENTA						INTERVALO DE TIEMPO									
	2	5	10	16	20	25	30	50	100	200	500	60 MIN				
15	30.31	36.02	40.35	43.28	44.67	46.07	47.21	50.39	54.72	59.04	64.76					
30	19.72	23.44	26.25	28.16	29.07	29.97	30.71	32.79	35.60	38.42	42.14					
45	15.34	18.23	20.42	21.90	22.61	23.31	23.89	25.50	27.69	29.88	32.77					
60	12.83	15.25	17.08	18.32	18.91	19.50	19.98	21.33	23.17	25.00	27.42					
75	11.17	13.28	14.88	15.86	16.47	16.98	17.40	18.58	20.17	21.77	23.88					
90	9.88	11.86	13.29	14.25	14.71	15.17	15.54	16.59	18.02	19.44	21.32					
105	9.07	10.78	12.07	12.95	13.37	13.79	14.13	15.08	16.37	17.67	19.38					
120	8.35	9.92	11.12	11.92	12.31	12.69	13.00	13.88	15.07	16.26	17.84					
135	7.76	9.23	10.33	11.08	11.44	11.80	12.09	12.90	14.01	15.12	16.58					
150	7.27	8.64	9.68	10.38	10.72	11.05	11.32	12.09	13.13	14.16	15.53					
165	6.85	8.15	9.12	9.79	10.10	10.42	10.67	11.39	12.37	13.35	14.64					
180	6.49	7.72	8.64	9.27	9.57	9.87	10.11	10.80	11.72	12.65	13.87					
195	6.18	7.34	8.23	8.82	9.11	9.39	9.62	10.27	11.16	12.04	13.20					
210	5.90	7.01	7.86	8.43	8.70	8.97	9.19	9.81	10.65	11.50	12.61					
225	5.65	6.72	7.53	8.07	8.33	8.59	8.81	9.40	10.21	11.02	12.08					
240	5.43	6.46	7.23	7.76	8.01	8.26	8.46	9.03	9.81	10.58	11.61					
255	5.23	6.22	6.97	7.47	7.71	7.95	8.15	8.70	9.45	10.19	11.18					
270	5.05	6.00	6.72	7.21	7.44	7.68	7.87	8.40	9.12	9.84	10.79					
285	4.88	5.80	6.50	6.97	7.20	7.42	7.61	8.12	8.82	9.51	10.43					
300	4.73	5.62	6.30	6.76	6.97	7.19	7.37	7.87	8.54	9.22	10.11					
315	4.59	5.46	6.11	6.55	6.77	6.98	7.15	7.63	8.29	8.94	9.81					
330	4.46	5.30	5.94	6.37	6.57	6.78	6.95	7.41	8.05	8.69	9.53					
345	4.34	5.16	5.78	6.20	6.39	6.59	6.76	7.21	7.83	8.45	9.27					
360	4.22	5.02	5.62	6.03	6.23	6.42	6.58	7.02	7.63	8.23	9.03					

T DURACIÓN (Min)	INTENSIDAD (mm/h)									
	PERIODO DE RETORNO PR (años)									
	5	10	25	30	50	100	200	500		
15	36.02	40.35	46.07	47.21	50.39	54.72	59.04	64.76		
30	23.44	26.25	29.97	30.71	32.79	35.60	38.42	42.14		
45	18.23	20.42	23.31	23.89	25.50	27.69	29.88	32.77		
60	15.25	17.08	19.50	19.99	21.33	23.17	25.00	27.42		
75	13.28	14.88	16.98	17.40	18.58	20.17	21.77	23.88		
90	11.86	13.28	15.17	15.54	16.59	18.02	19.44	21.32		
105	10.78	12.07	13.79	14.13	15.08	16.37	17.67	19.38		
120	9.92	11.12	12.69	13.00	13.88	15.07	16.26	17.84		
135	9.23	10.33	11.80	12.09	12.90	14.01	15.12	16.58		
150	8.64	9.68	11.05	11.32	12.09	13.13	14.16	15.53		
165	8.15	9.12	10.42	10.67	11.39	12.37	13.35	14.64		
180	7.72	8.64	9.87	10.11	10.80	11.72	12.65	13.87		
195	7.34	8.23	9.39	9.62	10.27	11.16	12.04	13.20		
210	7.01	7.86	8.97	9.19	9.81	10.65	11.50	12.61		
225	6.72	7.53	8.59	8.81	9.40	10.21	11.02	12.08		
240	6.46	7.23	8.26	8.46	9.03	9.81	10.56	11.61		
255	6.22	6.97	7.95	8.15	8.70	9.45	10.19	11.18		
270	6.00	6.72	7.68	7.87	8.40	9.12	9.84	10.79		
285	5.80	6.50	7.42	7.61	8.12	8.82	9.51	10.43		
300	5.62	6.30	7.19	7.37	7.87	8.54	9.22	10.11		
315	5.46	6.11	6.98	7.15	7.63	8.29	8.94	9.81		
330	5.30	5.94	6.78	6.95	7.41	8.05	8.66	9.63		
345	5.16	5.78	6.59	6.76	7.21	7.83	8.45	9.27		
360	5.02	5.62	6.42	6.58	7.02	7.63	8.23	9.03		



ANEXO D. ESTUDIO HIDRÁULICO

DATOS TERRENO		ÁREA DE LLUVIAS						DATOS TERRENO			
A.T.	Colector	Área de Drenaje (m ²)	Coefficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/h)	Intensidad (m/s)	Caudal (m ³ /seg)	Caudal (lit/seg)	Caudal Acumulado (m ³ /seg)	Longitud (m)	Cota Superior m.s.n.m.	Cota Inferior m.s.n.m.
A1	C-A	Pz1-Pz2	0.86	55.2	1.53333E-05	0.051	51.2726637	0.051	80.32	3861.301	3852.823
A2	C-B	Pz2-Pz3	0.49	55.2	1.53333E-05	0.022	22.05371302	0.0477	135.36	3852.823	3843.516
A3	C-C	Pz3-Pz4	0.89	55.2	1.53333E-05	0.046	46.40686422	0.062	75.44	3843.516	3843.388
A4	C-D	Pz4-Pz5	0.87	55.2	1.53333E-05	0.068	67.50177906	0.130	129.66	3843.388	3842.757
A5	C-E	Pz3-Pz8	0.87	55.2	1.53333E-05	0.051	50.83946036	0.067	66.041	3843.516	3843.149
A6	C-F	Pz8-Pz7	0.87	55.2	1.53333E-05	0.047	46.70302251	0.080	57.68	3843.149	3842.882
A7	C-G	Pz7-Pz6	0.87	55.2	1.53333E-05	0.028	28.16072636	0.108	46.14	3842.882	3842.6
A8	C-H	Pz5-Pz6	0.87	55.2	1.53333E-05	0.021	20.58443507	0.085	33.93	3842.757	3842.6
A9	C-I	Pz6-Pz9	0.41	55.2	1.53333E-05	0.019	18.58895854	0.194	65.37	3842.6	3842.52
A10	C-J	Pz10-Pz9	0.41	55.2	1.53333E-05	0.016	16.15710676	0.047	60.35	3842.564	3842.52
A11	C-K	Pz7-Pz10	0.41	55.2	1.53333E-05	0.023	22.50067153	0.063	84.51	3842.882	3842.838
A12	C-L	Pz10-Pz13	0.41	55.2	1.53333E-05	0.032	32.42985738	0.064	84.55	3842.838	3842.632
A13	C-M	Pz8-Pz12	0.41	55.2	1.53333E-05	0.047	47.28361178	0.081	152.33	3842.812	3842.698
A14	C-N	Pz3-Pz11	0.41	55.2	1.53333E-05	0.037	37.00008425	0.053	172.68	3843.516	3843.256
A15	E-1	Pz11-Pz12	0.34	55.2	1.53333E-05	0.026	26.33381629	0.079	65.65	3843.256	3842.698
A16	E-2	Pz12-Pz13	0.34	55.2	1.53333E-05	0.071	70.57279063	0.230	136.18	3842.698	3842.632
A17	E-3	Pz13-Pz14	0.3	55.2	1.53333E-05	0.099	98.6674846	0.383	368.18	3842.632	3841.6
A18	E-4	Pz9-Pz14	0.3	55.2	1.53333E-05	0.099	98.64790076	0.340	331.09	3842.52	3841.6

% ^{oo}	TUBERIA				TIEMPO			
	Pendiente (S) m/m	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s ²)	s	t (h) ST	t (h) CT 5%	t (h) CT 10%	t (h) P.R. Cv.
10.55527888	0.1056	300	4.0689	0.071	1.24392337	1.248	1.246	0.00034605
6.875738771	0.0688	300	3.42	0.071	1.24392337	1.248	1.246	0.00034605
0.168345705	0.0017	300	0.9244	0.071	1.2634968	1.267	1.265	0.00035148
0.48742866	0.0049	300	1.8607	0.071	1.8313789	1.835	1.833	0.00050924
0.531568199	0.0053	300	1.4795	0.071	1.77261622	1.777	1.775	0.00049292
0.462898752	0.0046	300	1.4599	0.071	1.77261622	1.777	1.775	0.00049292
0.611183355	0.0061	300	1.7332	0.071	1.40053174	1.404	1.402	0.00038955
0.462717359	0.0046	300	1.4786	0.071	1.59634627	1.600	1.598	0.00044395
0.122380297	0.0012	300	1.1076	0.071	1.24392337	1.248	1.246	0.00034605
0.072908036	0.0007	300	0.8236	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.052064844	0.0005	300	0.5939	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.243642815	0.0024	300	1.0728	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.074837524	0.0007	300	0.7215	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.150567524	0.0015	300	0.8561	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.849961919	0.0085	350	1.8467	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.048465267	0.0005	350	0.7996	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.28029768	0.0028	350	1.8044	0.071	1.36137546	1.365	1.363	0.00037868
0.277870066	0.0028	300	1.7482	0.071	1.36137546	1.36532458	1.36323102	0.00037868

ANEXO E. DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE

Normativa:

- ACI 522R-10 "Reporte en Concreto Permeable"

Datos:

Materiales:

- Cemento: RUMI Portland TIPO IP
- Agua Potable

PROPIEDADES		Valor	UNIDAD
Peso Especifico del Cemento	Pec	2.99	gr/cm3
Peso Especifico del Agua	Pew	1.00	gr/cm3

- Características del Agregado: Cantera ISLA

AGREGADOS			
PROPIEDADES	AG	AF	UNIDAD
Tamaño Máximo Nominal	1/2"	4"	pulg
Peso Específico SSS	2562	2455	kg/m3
Peso Unitario Compactado	1681	1502.33	kg/m3
Peso Unitario Suelto	1523	1411.33	kg/m3
Contenido de Humedad	0.94	1.21	%
Absorción	2.32	3.09	%

- Adición de Tiras de PP con respecto al peso de la tanda (0.05%; 0.10%)

HUSO GRANULOMETRICO	HUSO N° 8		
DISEÑO SSS	ST	CT 0.05%	CT 0.10%
Cemento IP (Kg/m3)	329.50	329.50	329.50
Agua (L/m3)	131.80	131.80	131.80
Agregado Grueso (Kg/m3)	1531.38	1531.38	1531.38
Agregado Fino (Kg/m3)	150.86	150.86	150.86
Cantidad Total (Kg/m3)	2143.54	2143.538725	2143.538725
Tiras de Polipropileno (Kg/m3)	0	1.07	2.14
Agua/Cemento (A/C)	0.4	0.4	0.4
Agregado/Cemento (A/C)	4.592	4.592	4.592

ANEXO F. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Inundaciones Presentadas en la ciudad de Juliaca



Fotografía 2. Inundaciones en la Ciudad de Juliaca



Fotografía 3. Extracción del Material Cantera Isla



Fotografía 4. Selección y Muestreo del Material



Fotografía 5. Elaboración del Diseño de Mezcla usando tiras de PP



Fotografía 6. Elaboración de la Mezcla para testigos



Fotografía 7. Pozo de Testigos, visita del ingeniero para realizar ensayo de compresión



Fotografía 8. Vigas de Flexión elaboración y rotura



Fotografía 9. Ensayos de Flexión



Fotografía 10. Permeámetro elaborado para ensayos de Permeabilidad