



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio y diseño de Pavimentos Permeables para Estacionamientos de la
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de
San Martín**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Marianito Francisco Navarro Vásquez

Jheninfer Leon Arevalo

ASESOR:

Ing. M. Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio y diseño de Pavimentos Permeables para Estacionamientos de la
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de
San Martín**

AUTORES:

Marianito Francisco Navarro Vásquez

Jheninfer Leon Arevalo

Sustentada y aprobada el día 15 de marzo de 2019, el honorable jurado:

.....
Ing. Mtro. Juvenal Vicente Díaz Agip

Presidente

.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Secretario

.....
Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez

Miembro

.....
Ing. M. Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina

Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Marianito Francisco Navarro Vásquez, con DNI N° 46741401 y **Jhenifer Leon Arevalo**, con DNI N° 74217592, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Estudio y diseño de pavimentos permeables para Estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 15 de marzo del 2019.



.....
Bach. Marianito Francisco Navarro Vásquez

DNI N° 46741401



.....
Bach. Jhenifer Leon Arevalo

DNI N° 74217592

Declaración jurada

Marianito Francisco Navarro Vásquez, con DNI N° 46741401, domicilio legal en el Jr. Recreo N° 699 – La Banda de Shilcayo y **Jhenifer Leon Arevalo**, con DNI N° 74217592, domicilio legal en el Jr. San José S.N. – Alonzo de Alvarado, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declararamos bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 15 de marzo del 2019.



Bach. Marianito Francisco Navarro Vásquez

DNI N° 46741401



Bach. Jhenifer Leon Arevalo

DNI N° 74217592

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	NAVARRO VASQUEZ MARIANITO FRANCISCO	
Código de alumno :	123122	Teléfono: 942893505
Correo electrónico :	mariano.françisco45@gmail.com DNI: 46741401	

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS PERMEABLES PARA ESTACIONAMIENTOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

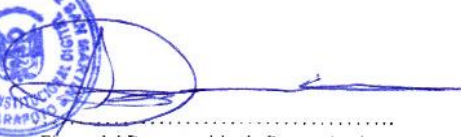

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

19, 08, 2019




.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	LEON AREVALO JHENIFER		
Código de alumno :	74217592	Teléfono:	961718805
Correo electrónico :	leonjhelea@gmail.com	DNI:	74217592

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectora
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Estudio y Diseño de Pavimentos Permeables para Estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectos de la Universidad Nacional de San Martín
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

19 / 08 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dios: por darnos la vida, salud y la oportunidad de cumplir una meta tan significativa en nuestras vidas, además de darnos la sabiduría para tomar las mejores decisiones.

A nuestros padres: por ese apoyo y amor incondicional; porque cada logro sea una dedicación a su sacrificio y esfuerzo del día a día.

A nuestros hermanos: por compartir cada momento, brindarnos su apoyo y consejos para seguir adelante.

A nuestras familias: por ser ese regalo que nos dio la vida.

Nuestros compañeros: Por estar con nosotros en cada momento en estos años de estudio y sobre todo por darnos esas palabras de aliento en cada tropiezo.

Los Autores.

Agradecimiento.

A Dios, por darnos la vida y la sabiduría.

A nuestros padres: Francisco Navarro, Héctor León Vásquez, Pilar Vásquez y María Jesús Arévalo Vásquez.

A nuestros hermanos: Jherson León Arévalo, Diego Navarro Vásquez y Toni Navarro Vásquez.

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por acogernos en sus aulas en los años de estudio, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura por habernos formado como profesionales.

Al Ing. Máximo A. Vilca Cotrina, por su asesoría brindada.

A la plana docente de la FICA, Por compartir con nosotros sus conocimientos.

Los Autores.

Índice

	Pág.
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.	vii
Índice.....	viii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvi
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I	 2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1. Generalidades.....	2
1.2. Exploración preliminar orientada a la investigación.....	2
1.3. Aspectos generales del estudio.....	2
1.3.1. Ámbito Geográfico.....	2
1.3.2. Vías de acceso.....	3
1.3.3. Fisiografía y Topografía.....	3
1.3.4. Clima.....	3
1.3.5. Hidrología.....	4
1.3.6. Geología General.....	4
1.3.7. Sismicidad.....	4
 CAPÍTULO II.....	 5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del problema.....	5
2.2. Planteamiento del problema.....	5
2.3. Delimitación del problema.....	5
2.4. Formulación del problema.....	5
2.5. Justificación de la investigación.....	5
2.5.1. Justificación teórica o temática.....	6
2.5.2. Justificación de la metodología.....	6
2.5.3. Justificación de viabilidad.....	6

2.5.4. Justificación práctica.	6
2.5.5. Justificación Social.	6
2.6. Delimitación de la investigación.	6
2.7. Hipótesis a Demostrar.	7
2.8. Objetivos.....	7
2.8.1. Objetivo general.	7
2.8.2. Objetivos específicos.....	7
2.9. Antecedentes de la investigación.....	7
2.9.1. Pavimentos porosos o permeables en el mundo.	7
2.9.2. Pavimentos porosos o permeables en el Perú.....	12
2.10. Fundamentación teórica de la investigación.....	13
2.10.1. Introducción.....	13
2.10.2. Materiales.	13
2.10.3. Criterios de diseño.....	17
2.10.4. Propiedades del pavimento permeable.	19
2.11. Marco Conceptual: Terminología Básica.	23
2.12. Marco Histórico.....	24
CAPÍTULO III	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Materiales.	25
3.1.1. Recursos Humanos.	25
3.1.2. Recursos Materiales.....	25
3.1.3. Recursos de Equipos.....	25
3.1.4. Otros Recursos.....	26
3.2. Metodología.....	26
3.2.1. Universo y Muestra.	26
3.3. Sistemas de Variables.....	26
3.3.1. Variable Independiente.....	26
3.3.2. Variable Dependiente.	26
3.4. Operacionalización de variables.....	26
3.5. Diseño Experimental de la investigación.	27
3.6. Diseño de Instrumentos.	28
3.6.1. Fuentes Técnicas.	28

3.6.2. Instrumentos de Selección de Datos.....	28
3.7. Procesamiento de la Información.....	28
3.7.1. Reconocimiento del lugar.....	28
3.7.2. Estudio Topográfico.....	28
3.7.2.1. Introducción.....	28
3.7.2.2. Objetivo del Estudio topográfico.....	28
3.7.2.3. Ubicación Geográfica.....	29
3.7.2.4. Personal y Equipo Utilizado.....	29
3.7.2.5. Metodología.....	29
3.7.3. Estudio de mecánica de suelos.....	30
3.7.4. Estudio del concreto en estado fresco y seco.....	31
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Datos obtenidos de la encuesta.....	35
4.2. Estudio de tráfico y diseño de pavimento.....	40
4.2.1. Índice medio diario.....	40
4.2.2. Periodo de diseño.....	41
4.2.3. Espesor de pavimento.....	41
4.2.4. Índices de serviciabilidad.....	41
4.2.5. Factor de distribución por dirección.....	41
4.2.6. Factor de distribución por carril.....	42
4.2.7. Código de eje cargado.....	42
4.2.8. ESAL.....	42
4.2.9. Confiabilidad.....	42
4.2.10. Desviación estándar normal.....	43
4.2.11. Error estándar combinado So.....	43
4.2.12. Módulo de reacción compuesto de la subrasante (K).....	43
4.2.13. Perdida de servicialidad.....	44
4.2.14. Coeficiente de drenaje.....	44
4.2.15. Coeficiente de transmisión de carga.....	44
4.2.16. Módulo de elasticidad del concreto.....	44
4.2.17. Módulo de rotura del concreto.....	44
4.2.18. Espesor de pavimento por la formula AASHTO.....	44

4.3. Realización los estudios básicos de mecánica de suelos y topografía.....	45
4.3.1. Resultados del Estudio Topográfico.....	45
4.4. Resultados del Estudio de caracterización del agregado.....	45
4.4.1. Características físicas del agregado grueso de 3/8”	45
4.4.2. Características físicas del agregado grueso de 3/4”	46
4.4.3. Características físicas del agregado fino.	46
4.5. Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.....	47
4.6. Resultados obtenido en los ensayos de concreto.....	62
4.6.1. Asentamiento del concreto.	62
4.6.2. Resistencia a la compresión de cilindros (NTP 339.043 – ASTM C39/C39M). 63	
4.6.3. Permeabilidad (ACI 522R-10).	64
4.7. Realizar los estudios básicos de mecánica de suelos.....	68
4.8. Realizar los estudios básicos de topografía.....	68
4.9. Realizar los estudios de tráfico.....	68
4.10. Realizar los estudios al concreto.	68
4.11. Contrastación de Hipótesis.....	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	73
ANEXOS.	74
ANEXOS A: Panel Fotográfico	
ANEXOS B: Resultados de encuesta	
ANEXOS C: Resultados del Estudio de tráfico	
ANEXOS D: Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos	
ANEXOS E: Caracterización de los agregados	
ANEXOS F: Calculo de las dosificaciones del concreto	
ANEXOS G: Resultados del Estudio de concreto	
ANEXOS H: UNSM-FICA	
ANEXOS I: Planos	
Constancia de ejecución de ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos UNSM	

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Granulometría del agregado grueso.....	15
Tabla 2. Valores efectivos de b/bo.....	18
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	27
Tabla 4. Ensayos de suelos realizados.....	31
Tabla 5. Ensayos de Laboratorio realizados.....	34
Tabla 6. Índice medio diario.....	40
Tabla 7. Periodo de diseño.....	41
Tabla 8. Índice de servicialidad.....	41
Tabla 9. Factor de dirección.....	41
Tabla 10. Factor de distribución por carril.....	42
Tabla 11. ESAL total.....	42
Tabla 12. Confiabilidad.....	42
Tabla 13. Desviación estándar normal.....	43
Tabla 14. Erros estándar combinado.....	43
Tabla 15. Características físicas del agregado grueso de 3/8”.....	45
Tabla 16. Características físicas del agregado grueso de 3/4.....	46
Tabla 17. Características físicas del agregado fino.....	46
Tabla 18. Resultados de los Límites de Atterberg de la Calicata N° 01-Muestra II.....	47
Tabla 19. Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 01-Muestra II.....	48
Tabla 20. Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 01-Muestra II.....	50
Tabla 21. Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 01-Muestra III.....	50
Tabla 22. Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 01-Muestra III.....	53
Tabla 23. Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 02-Muestra II.....	53
Tabla 24. Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 02-Muestra III.....	55
Tabla 25. Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 02-Muestra III.....	55
Tabla 26. Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 02-Muestra III.....	57
Tabla 27. Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 03-Muestra III.....	57
Tabla 28. Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 03-Muestra III.....	60
Tabla 29. Resultados del asentamiento del concreto.....	62
Tabla 30. Resultados de la Resistencia a la compresión de cilindros.....	63
Tabla 31. Resultados de Permeabilidad.....	64
Tabla 32. Resistencias y permeabilidad de las dosificaciones óptimas.....	68

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación del estacionamiento de la FICA	3
Figura 2. Según Decreto Supremo N° 002 – 2016 – Vivienda	4
Figura 3. Características fundamentales del agregado (Fuente: NTP 400.037)	14
Figura 4. Concreto con muy poca agua	18
Figura 5. Concreto con agua adecuada	18
Figura 6. Concreto con mucha agua	19
Figura 7. Diagrama de permeámetro de carga variable	20
Figura 8. Efecto de inclusión de pasta en el árido con contenido inicial de vacíos.	22
Figura 9. Porcentaje de los que usa movilidad propia para trasladarse a la FICA.	35
Figura 10. Porcentaje del tiempo que tardan en estacionar su movilidad.	35
Figura 11. Porcentaje de la dificultad para encontrar un estacionamiento	36
Figura 12. Porcentaje del lugar de la preferencia del estacionamiento.	36
Figura 13. Porcentaje de docentes que llegan en su propia movilidad.	37
Figura 14. Porcentaje de alumnos que llegan en su propia movilidad.	37
Figura 15. Porcentaje de criterios para estacionarse.	38
Figura 16. Porcentaje del horario de mayor concurrencia en el estacionamiento	38
Figura 17. Porcentaje de las razones para mejorar el estacionamiento.	39
Figura 18. Porcentaje del impacto positivo de mejorar el estacionamiento.	39
Figura 19. Secciones Transversales.	45
Figura 20. Curva granulométrica del agregado de 3/8”	46
Figura 21. Curva granulométrica del agregado de 3/4”	46
Figura 22. Curva granulométrica del agregado fino.	47
Figura 23. Diagrama de fluidez.	47
Figura 24. Curva granulométrica.	49
Figura 25. Curva granulométrica.	52
Figura 26. Curva granulométrica.	54
Figura 27. Curva granulométrica.	56
Figura 28. Curva granulométrica.	58
Figura 29. Curva granulométrica.	59
Figura 30. Relación Densidad – Humedad Método “A” MTC E - 115	60
Figura 31. Curvas de CBR a 56 y 25 golpes. (NTP 339.145 - ASTM D-1883)	61

Figura 32. Curvas de CBR a 13 golpes y CBR al 100% de la MDS.	61
Figura 33. Coeficiente de permeabilidad – Dosificación con arena	65
Figura 34. Coeficiente de permeabilidad – Dosificación sin arena.	65
Figura 35. Resistencia a la compresión – Dosificación con arena.....	65
Figura 36. Resistencia a la compresión – Dosificación sin arena.....	66
Figura 37. Resistencia vs Porcentaje de vacíos – Dosificación con arena.	66
Figura 38. Resistencia vs Porcentaje de vacíos - Dosificación sin arena.	66
Figura 39. Permeabilidad vs Resistencia – Dosificación con arena.	67
Figura 40. Permeabilidad vs Resistencia – Dosificación sin arena.	67
Figura 41. Permeabilidad vs Resistencia – Datos finales.	67

Resumen

La investigación realizada es de carácter experimental, donde se buscó comprobar que un concreto con agregados grueso de 3/4" y 3/8", con un porcentaje de vacíos de 10%, 12% y 15% tienen la capacidad de infiltración. Para llegar a la dosificación óptima se realizaron 36 dosificaciones: 9 con agregado grueso de 3/4" y con arena, 9 con agregado grueso de 3/4" y sin arena, 9 con agregado grueso de 3/8" y con arena, 9 con agregado grueso de 3/8" y sin arena; todos ellos con diferentes porcentajes de vacíos.

Las dos muestras óptimas son: Dosificación con arena, con agregado grueso de 3/8", un porcentaje de vacíos de 15%, una relación agua cemento de 0.35, resistencia a la compresión de 219.39 kg/cm² y coeficiente de permeabilidad de 0.00011 m/s.

Dosificación sin arena, con agregado grueso de 3/4", un porcentaje de vacíos del 15%, una relación agua cemento de 0.46, resistencia a la compresión de 188.61 kg/cm² y coeficiente de permeabilidad de 0.00013 m/s.

Además se realizó una encuesta a los estudiantes, para verificar que es necesario mejorar el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM. Al mismo tiempo se realizó un estudio de suelo y la caracterización de los agregados a utilizar en el diseño del pavimento permeable.

Del estudio de tráfico y diseño de pavimentos se obtuvo el espesor de pavimento permeable, que según el cálculo debido al tránsito en el estacionamiento debería ser 100 mm, el cual no será considerado, debido a que el espesor mínimo según el Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" es de 200mm.

Palabra clave: Calicata, agregado, dosificación, permeable, infiltración.

Abstract

The research carried out is of an experimental nature, where it was sought to verify that a concrete with coarse aggregates of 3/4 "and 3/8", with a percentage of vacuums of 10%, 12% and 15% have the infiltration capacity. To reach the optimal dosage 36 doses were made: 9 with 3/4 "thick aggregate and sand, 9 with 3/4" coarse aggregate and without sand, 9 with 3/8 "coarse aggregate and with sand, 9 with 3/8 "thick aggregate and without sand, all with different percentages of voids. The two optimum samples are: Dosage with sand, with coarse aggregate of 3/8 ", a percentage of voids of 15%, a water cement ratio of 0.35, a compressive strength of 219.39 kg / cm² and a permeability coefficient of 0.00011 m/s. Dosing without sand with coarse aggregate of 3/4 ", a vacuum percentage of 15%, a water cement ratio of 0.46, a compressive strength of 188.61 kg / cm² and a permeability coefficient of 0.00013 m / s. In addition, a survey was conducted to the students, to verify that it is necessary to improve the parking lot of the School of Civil Engineering and Architecture of the UNSM. At the same time, a soil study and the characterization of the aggregates to be used in the design of the permeable pavement were carried out. From the study of traffic and design of pavements the thickness of permeable pavement was obtained, which according to the calculation due to traffic in the parking lot should be 100 mm, which will not be considered, because the minimum thickness according to the Road Manual "Soils, Geology, Geotechnics and Pavements" is 200mm.

Keyword: Calicata, aggregate, dosage, permeable, infiltration.



Introducción

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto como contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse

El aporte consiste en formular una propuesta técnica para apoyar al desarrollo de estas localidades, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

El proyecto de tesis en investigación surge al observar que en época de lluvias los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura sufren de acumulación de agua en sus áreas. Es por ello que se buscó una solución ante este problema, en el que se planteó como alternativa de solución un pavimento permeable utilizando agregado grueso de 3/4" y 3/8 para los estacionamientos.

NRMCA (CIP 38 – Concreto Permeable), menciona que el concreto permeable contiene una relación agua vs cemento de 0.35 a 0.45 con un contenido de vacíos de 15% a 25%, para garantizar que cumpla con la resistencia de diseño y la permeabilidad requerida. Esta permeabilidad se verifica para evitar la acumulación del agua en la superficie.

Toda esta investigación busca tener un estacionamiento apto para el uso de los vehículos de alumnos, docentes y personal administrativos sin importar la época en la que nos encontremos.

La ciudad de Tarapoto, Banda de Shilcayo y zona urbana de Morales, se describen fisiográficamente en laderas moderadamente empinadas, donde se presentan pendientes moderadas y ondulaciones. La zona donde se encuentra el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura es plana.

Morales. La zona céntrica de la ciudad es relativamente plana, la zona que limita con Tarapoto posee accidentes geográficos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades.

El proyecto de tesis en investigación surge al observar que en época de lluvias los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura sufren de acumulación de agua en sus áreas. Es por ello que se buscó una solución ante este problema, en el que se planteó como alternativa de solución un pavimento permeable utilizando agregado grueso de 3/4" y 3/8 para los estacionamientos.

NRMCA (CIP 38 – Concreto Permeable), menciona que el concreto permeable contiene una relación agua vs cemento de 0.35 a 0.45 con un contenido de vacíos de 15% a 25%, para garantizar que cumpla con la resistencia de diseño y la permeabilidad requerida. Esta permeabilidad se verifica para evitar la acumulación del agua en la superficie.

Toda esta investigación busca tener un estacionamiento apto para el uso de los vehículos de alumnos, docentes y personal administrativos sin importar la época en la que nos encontremos.

1.2. Exploración preliminar orientada a la investigación.

En épocas de lluvias se ha podido observar que el agua se acumulaba en la superficie del estacionamiento, ocasionando malestar en alumnos, maestros y personal administrativos. Esto está manifestado en las encuestas y entrevistas realizadas en el área de estudio.

Ante esta situación se decidió hacer el estudio y diseño de pavimentos permeables para estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín", para eliminar los charcos producto de las lluvias.

1.3. Aspectos generales del estudio.

1.3.1. Ámbito Geográfico.

El ámbito geográfico del estacionamiento en estudio se encuentra ubicado en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, barrio Ciudad Universitaria, distrito de Morales, provincia de San Martín, departamento de San Martín y república del Perú.



Figura 1. Ubicación del estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM-Tarapoto (Fuente Google Earth)

1.3.2. Vías de acceso.

El acceso desde la Plaza de Tarapoto es por el Jr. Martínez de Compañón hasta llegar al Jr. Orellana (diez cuadras) en dirección a Morales, posteriormente Jr. Micaela Bastidas (seis cuadra) hasta llegar a Jr. Amorarca, la cual al recórrela llegaremos al Portón Principal de la UNSM y posteriormente a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Desde Morales nos dirigimos por el Jr. Salaverry, hasta el Jr. Amorarca.

1.3.3. Fisiografía y Topografía.

La ciudad de Tarapoto, Banda de Shilcayo y zona urbana de Morales, se describen fisiográficamente en laderas moderadamente empinadas, donde se presentan pendientes moderadas y ondulaciones. La zona donde se encuentra el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura es plana.

Morales. La zona céntrica de la ciudad es relativamente plana, la zona que limita con Tarapoto posee accidentes geográficos.

1.3.4. Clima.

Según el Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Tarapoto y Núcleo de Morales y la Banda de Shilcayo la ciudad de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo:

La temperatura en las ciudades de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo durante el año generalmente varía de 21 °C a 34°C, con una temperatura media anual de 33.3°C. La temporada calurosa es entre el 15 de agosto y 10 de octubre; y la temperatura máxima

promedio diaria es más de 34°C y una temperatura mínima promedio de 23°C. La temporada fresca es entre el 15 de febrero al 19 de junio, y la temperatura promedio diaria es menos de 31°C, con una temperatura mínima promedio de 21°C y máxima promedio de 32°C. Morales presenta una precipitación pluvial total anual de tipo cálido y semi-seco.

1.3.5. Hidrología.

De acuerdo al Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Tarapoto y Núcleo de Morales y la Banda de Shilcayo la ciudad de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo; se encuentran ubicada en la red hidrográfica de la cuenca del Cumbaza. Teniendo como eje primordial es el río Cumbaza, el cual tiene como afluentes al río Shilcayo, Ahuashiyacu y Pucayacu por la margen Izquierda y por la margen derecha la quebrada Shupishiña.

1.3.6. Geología General.

Está formada por depósitos fluviales, aluviales, suelos residuales y talud de escombras. Comprendida en el sistema cuaternario y la era cenozoica. Los suelos generalmente son limos, arcillas y gravas.

1.3.7. Sismicidad.

Según la Norma E030 Diseño Sismo resistente del actual Reglamento de Edificaciones, el lugar de estudio se encuentra dentro de la zona 3 del Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.



Figura 2. Según Decreto Supremo N° 002 – 2016 – Vivienda.
(Fuente GEO GPS PERU)CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.

Los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín es uno de los más concurridos; donde se ha podido observar que el constante tránsito de motocicletas y vehículos livianos ha generado deterioros en los estacionamientos que solo tenían una superficie de tierra y en algunas áreas con material granular. Por lo que está causando molestias en alumnos, docentes y personal administrativo.

2.2. Planteamiento del problema.

En la actualidad los sistemas de drenaje son los más utilizados para la evacuación de agua, pero estos tienen sus limitación debido a que son diseñados para un caudal específico y con los incrementos de lluvias no se abastecen, causando problemas de inundaciones, además de que estos acarrear residuos sólidos que contaminan a los ríos y quebradas.

Los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - UNSM en estudio no están contruidos a base de concreto sino más bien con agregados gruesos que fueron arrastrados a sus cunetas de drenaje. Por lo cual se puede observar que en épocas de lluvias las motociclistas se tienen que estacionar en los charcos afectando a los estudiantes, docentes y administrativos. Debido a ello la investigación busca estudiar y diseñar pavimentos permeables para disminuir la acumulación de agua en la superficie.

2.3. Delimitación del problema.

El estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura está delimitada por el área que comprende las coordenadas ((6°29'13.73"S, 76°22'45.71"O); (6°29'13.64"S, 76°22'43.54"O); (6°29'14.59"S, 76°22'43.80"O); (6°29'14.52"S, 76°22'45.67"O)).

2.4. Formulación del problema.

¿En qué medida el estudio y diseño de pavimentos permeables contribuirán al mejoramiento de los estacionamientos en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de UNSM-T?

2.5. Justificación de la investigación.

Se desarrollara teniendo en consideración tres aspectos fundamentales: teórico, práctico y social.

2.5.1. Justificación teórica o temática.

En nuestro país la información sobre este tema es muy escasa; por ello es conveniente realizar esta investigación para ampliar el conocimiento de esta técnica y ser tomado en cuenta para otras investigaciones que conlleven a una permeabilidad de pavimentos para vías con un índice de tráfico mucho mayor.

2.5.2. Justificación de la metodología.

La investigación tomará en cuenta la metodología de diseño de pavimento rígido y el diseño de mezcla nos basamos en la investigación “Laboratory study of mixture proportioning for previous concrete pavement” de Castro, de Solminihac, Videla, 2 Fernandez, debido a que es el más adecuado para este tipo de concreto.

2.5.3. Justificación de viabilidad.

La investigación es viable ya que en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, contamos con un laboratorio muy equipado donde se puede hacer las pruebas de resistencia y en cuanto a los ensayos de permeabilidad se puede realizar con un permeámetro.

2.5.4. Justificación práctica.

Este tipo de pavimento permite una manipulación fácil y rápida en obra; ya que solo es necesario conformar la sub-base, vaciado y extendido de la mezcla de concreto para la conformación de la losa.

2.5.5. Justificación Social.

Con los estudios a realizar en la investigación, se podrá evaluar y diseñar un pavimento permeable que cumpla con las características necesarias para que no exista acumulación de agua en los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, que perjudica tanto a alumnos, docentes y personal administrativo.

2.6. Delimitación de la investigación.

Para llevar a cabo la investigación se empieza realizando una encuesta a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para poder averiguar en qué condiciones se encuentra el estacionamiento desde el punto de vista de los usuarios. Posteriormente se realizó un estudio de suelo del área en estudio, además de la caracterización de los agregados a utilizar en el diseño. Luego se realizó un levantamiento topográfico del área

en estudio. Para finalmente terminar con el diseño del pavimento y el diseño de mezcla más adecuada a emplear.

2.7. Hipótesis a Demostrar.

Teniendo en cuenta la formulación del problema, se plantea la siguiente hipótesis:

Con el estudio y diseño de pavimentos permeables se cumplirá con la permeabilidad requerida para un buen funcionamiento de los estacionamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.

2.8. Objetivos.

2.8.1. Objetivo general.

Estudiar y diseñar pavimentos permeables para estacionamientos en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.

2.8.2. Objetivos específicos.

Caracterización del terreno de fundación.

Realizar estudio de caracterización del agregado grueso de 3/4" y 3/8".

Diseñar la mezcla de concreto óptima para el buen funcionamiento de los pavimentos permeables utilizando agregado grueso de 3/4" y 3/8".

Fabricar la mezcla de concreto permeable con agregado grueso de 3/4" y 3/8" de acuerdo a los diseños establecidos.

Realizar las pruebas de laboratorio en estado fresco.

Realizar las pruebas de laboratorio en estado endurecido.

Realizar pruebas de permeabilidad de las diferentes mezclas de concreto.

2.9. Antecedentes de la investigación.

Para poder realizar el presente proyecto de investigación, se recurrirá a trabajos pasados, para observar la problemática y la demanda en el mercado de pavimentos porosos o también llamados pavimentos permeables.

2.9.1. Pavimentos porosos o permeables en el mundo.

Cibrián F. (2009) Reducción de escurrimientos pluviales mediante la utilización de pavimentos de concreto permeable. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México. México – México.

El resumen del capítulo cinco de este proyecto trata de dar una idea sobre el diseño de las dimensiones de las superficies de pavimento de concreto permeable, la estimación de los volúmenes de almacenamiento, el cálculo del volumen de agua que se quiere infiltrar o retardar previo alojamiento a los sistemas de drenaje, los estudios sobre precipitación necesarios para la estimación de volúmenes de almacenamiento y su caudal.

La selección del lugar es uno de los aspectos más importantes en el diseño de la superficie de pavimento permeable, ya que de esta opción depende el éxito de la funcionalidad del concreto permeable. Aquí se mencionan los aspectos más importantes a considerar.

También se abordan los cuidados que se deben tener en la construcción del sistema de pavimento permeable para obtener las características de diseño necesarias de manera que el concreto permeable brinde un adecuado funcionamiento.

Las conclusiones son las siguientes:

El concreto permeable es un concreto no convencional con propiedades de excelente permeabilidad que permite su utilización como una superficie de infiltración de escurrimientos, al mismo tiempo que cumple con la función de pavimento para uso ligero, por lo que es una excelente herramienta para la reducción de los escurrimientos superficiales en áreas urbanas.

Este tipo de concreto tiene un alto contenido de huecos, debido a que tiene poco o nada de agregado fino en la mezcla, lo que permite el paso de agua pluvial captada y los escurrimientos superficiales de áreas pequeñas a través de él.

Las granulometrías del agregado grueso usado en el concreto son típicamente de un solo tamaño, de entre $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ de pulgada, redondeado o triturado satisfaciendo los requisitos de ASTM D448 y C33. La capa de concreto resultante tiene una alta permeabilidad, con frecuencia es muchas veces más permeable que el suelo que lo soporta, permitiendo la rápida filtración de las precipitaciones a través de la superficie hacia las capas subyacentes.

Torres F (2010). Tecnología del concreto permeable o ecológico en la construcción (Tesis de especialidad), Universidad Autónoma de México. México – México.

En el resumen expresa el analizar y buen funcionamiento del concreto permeable, con el fin de ver si funciona a lo largo del tiempo.

Conclusiones:

En su caso, la ciudad de México y de Guadalajara obtienen el 75% del agua potable de los mantos acuíferos.

Si se lograran recargar los mantos acuíferos mediante el uso de pavimentos permeables, se podrían reducir los costos de extracción de agua, que en nuestros días suelen ser muy elevados, debido a que en algunos lugares, el agua se tiene que extraer de pozos muy profundos.

Cabe mencionar que este concreto no ha tenido el éxito esperado, ya que existen empresas que lo elaboran, pero no han tenido la demanda que ellos esperaban debido a la poca resistencia ante cargas de consideración.

Debido al agotamiento de los mantos acuíferos, tal vez el mayor problema al cual se están enfrentando la República Mexicana y en otros países del mundo, por lo que el uso de un pavimento permeable ayudaría en mucho a mantener el medio ambiente en el que vivimos, ya que permite la recuperación de agua de lluvia a los mantos acuíferos que son las fuentes naturales de suministro de agua de las ciudades.

Rodas R (2012). Desarrollo y uso de bloques de concreto permeable en senderos ecológicos. (Tesis de Titulación), Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala – Guatemala.

En el resumen dice lo siguiente: La creación de carreteras, banquetas y caminos con pavimentos impermeables, ha provocado que el agua que antes se infiltraba al suelo, se convierta en escorrentía transportadora de sedimentos y contaminantes que son dirigidos a sistemas de recolección de aguas negras. Para lo cual, pusieron a prueba tres diseños de mezcla a los cuales se les realizaron diversos ensayos para conocer sus propiedades físico-mecánicas.

Las conclusiones son:

Se pudo demostrar que el tamaño y cantidad de agregado fino que se utiliza en la mezcla de concreto permeable, disminuye el porcentaje de vacíos así como su permeabilidad.

Los vacíos del concreto permeable provocan una disminución en la resistencia a compresión y flexión, por lo que se utilizó material cementante de alta resistencia, presentando resistencias entre los límites establecidos de 28 – 280 kilogramos por centímetro cuadrado para compresión y 10 – 30 kilogramos por centímetro cuadrado por flexión.

Para que el concreto permeable presente buena resistencia y tasa de infiltración, los agregados deben cumplir con lo establecido en la Norma ASTM C 33. Para encontrar una cantidad adecuada de agregados, basados en el reporte ACI 522:R-10, se varió su proporción en tres mezclas diferentes, presentando la primera mezcla (agregado fino 0,37 agregado grueso 4,87), la mejor tasa de infiltración (1 762,08 pulgadas por hora, superando las 285 pulgadas por hora) y una resistencia a compresión y flexión aceptable (61,93 kilogramos por centímetro cuadrado para compresión superando el mínimo de 28 kilogramos por centímetro cuadrado y 21,33 kilogramos por centímetro cuadrado para flexión siendo mayor al mínimo de 10 kilogramos por centímetro cuadrado).

Felipe, Y y Castañeda, L (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos, (Tesis de titulación), Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Santiago de Cali – Colombia.

Resumen:

Esta mezcla sirve como una alternativa de mitigación ambiental, debido a que permite que el agua de lluvia atraviese su estructura, haciendo que se escurra con el propósito de que no se inunden.

Conclusiones:

Según los resultados de los ensayos que realizaron y la información que recolectaron, el concreto Tipo I se puede utilizar para una estructura de concreto como capa de rodadura en tráfico ligero o livianos. Implementándose en estacionamientos, ciclo vías, andenes peatonales, entre otras.

El concreto poroso Tipo I, contribuye con la disminución de la escorrentía superficial, ya que la gran cantidad de poros que contiene le otorga la propiedad mecánica de la permeabilidad, haciendo que los fluidos (lluvia) atraviesen su estructura con mayor facilidad que el concreto convencional.

Para lograr un buen desempeño de este concreto, en la estructura de un pavimento como capa de rodadura, se debe tener un sistema de drenaje complementario, que disminuya los problemas de colmatación debido a la carencia de finos.

Emplearon agregado grueso de ½ pulgada, el cual le permite mejor manejabilidad a la mezcla. Además fue indispensable la utilización de los aditivos AD-20 y Viscocrete, debido a que tenían que evitar la pérdida de agua y aumentar la manejabilidad, sin alterar las propiedades de la mezcla facilitando el transporte, colocación, vibrado y acabado del concreto.

La resistencia promedio a la compresión y a la flexión de la mezcla fue de 7.71% y 3.0 % mayor que la mezcla Tipo II sin finos.

En esta mezcla hay mayor volumen de vacíos en los intersticios del agregado grueso, lo cual hace que aumente su permeabilidad.

El asentamiento es mucho mayor que la mezcla tipo I (con finos), esto se debe a que no existe mucha fluidez en la pasta y no existe cohesión entre partículas como si sucede en la primera mezcla.

Concluyeron que el concreto poroso tipo II (sin finos) es más permeable o poroso que la mezcla con finos, pero su trabajo tiene que ser con mucha más precaución.

Sañudo, L (2014) Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control en origen de inundaciones. (Tesis de doctorado), Universidad de Cantabria. Santander – España.

Resumen:

En la cual se plateo el estudio detallado de la infiltración del agua de lluvia a través de los firmes permeables, considerados como sistema de captación del agua de lluvia para el control en origen de la escorrentía urbana, con el fin de ayudar a evitar inundaciones en el entorno urbano de una forma sostenible.

Para ahondar en el conocimiento del comportamiento hidráulico de los firmes permeables se llevaron a cabo ensayos de medida de la capacidad de infiltración y generación de escorrentía en laboratorio con Infiltrómetro Cántabro Fijo (ICF) mejorado, estudiando diferentes pendientes y escenarios de colmatación; ensayos de comportamiento hidráulico de un firme permeables en laboratorio y ensayos de medida de la drenabilidad de superficies porosas en laboratorio y en campo con el Permeámetro LCS, analizando la pérdida de la capacidad de infiltración a lo largo del tiempo.

Conclusiones:

Los pavimentos permeables estudiados y analizados en esta tesis tanto en el laboratorio y en el lugar han presentado una alta capacidad para captar e infiltrar el agua de lluvia, y pueden ser utilizados como elementos de atenuación para controlar la escorrentía punta flujos y reducir los problemas causados por las inundaciones

La capacidad de infiltración de un pavimento permeable se ve afectado por variables como la longitud de la superficie de escorrentía y pendiente de la superficie, y no sólo por el escenario de la obstrucción

Se comprobó que las gotas de lluvia influyeron en la permeabilidad de las superficies porosas de la mezcla debido a que los sedimentos no penetran fácilmente en estas superficies y luego los impactos de las gotas se permiten el lavado de la superficie

Se demostró que los vehículos estacionados en una bahía aparcamiento hecha de una mezcla porosa de hormigón poroso influyeron en la capacidad de infiltración de esta superficie después de observar la existencia de un efecto de zonificación en estas bahías.

Todos los pavimentos permeables analizaron diferentes comportamientos que se presentan bajo diferentes condiciones, lo que permite su caracterización hidráulica

2.9.2. Pavimentos porosos o permeables en el Perú.

Calderón, Y y Charca, J (2011) Investigación de los pavimentos permeables de concreto poroso. (Tesis de Titulación), Universidad Nacional San Agustín. Arequipa – Perú.

En el resumen dice que lo que se busca medir en el pavimento poroso es la capacidad de permeabilidad, pero también se tuvieron que realizar estudios de resistencia a la compresión la cual vario de 4.9 a 13.2 Mpa. Este rango de resistencia puede emplearse en aplicación como áreas de estacionamiento de transito de vehículo ligero. También se indica que las muestras de concreto poroso con agregado angular tiene mejor resistencia a la colmatación de finos que cuando se emplea agregados de forma redondeado, para un mismo porcentaje de vacíos.

Conclusiones:

La resistencia a la flexión vario de 1.3 a 2.2 MPa. El cual se encuentra en el rango de valores esperados para concreto poroso.

Los valores de coeficiente de drenabilidad varían de 0.2 a 1.0 cm/s para 15 y 30 % de vacíos respectivamente. Teniendo en cuenta que para que un hormigón sea considerado como poroso debe tener una drenabilidad en el rango de 0.20 a 0.54 cm/s, se puede afirmar que las mezclas propuestas en este estudio cumplen satisfactoriamente con esta condición, por lo que pueden ser considerados como hormigón poroso.

La resistencia a la compresión vario de 4.9 a 13.2 Mpa, este rango de resistencia puede emplearse en aplicaciones como áreas de estacionamiento de tránsito vehicular ligero.

La relación entre la resistencia a flexión con respecto a su resistencia a compresión fue de 15% a 25%.

Los resultados indican que las muestras de concreto poroso con agregado angular tienen mejor resistencia a la colmatación de finos que cuando se emplean agregado de forma redondeado para un mismo porcentaje de vacíos.

La eficiencia de la muestra recién colocada y la muestra colmatada al máximo con mantenimiento se reduce de 100% a 96.8% con agregado angula y de 99.7% con agregado redondeado.

En las pendientes de 0% y 2%, la variación de porcentaje de infiltración son mínima a comparación de las que tienen mayores a 4%.

2.10. Fundamentación teórica de la investigación.

2.10.1. Introducción

Según ACI-522R-06 (American Concrete Institute o instituto americano de concreto), el concreto permeable generalmente describe un asentamiento cero, con un contenido de cemento Portland, agregado grueso, poco o nada agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos ingrediente producirá un material endurecido con poros conectados, que van en tamaño desde 0.08 hasta 0.32 pulgadas (2 a 8 mm), que permiten que el agua pase a través fácilmente. El vacío contenido puede variar de 18 a 35%, con resistencias a la compresión típicos de 400 a 4 000 psi (2.8 a 28 Mpa). La velocidad de drenaje de concreto permeable variara con el tamaño y la densidad de la mezcla de agregados, que generalmente se dividen en el rango de 2 a 18 gal/ min/ ft² (81 – 730 l/min/m²).

Jorge Rodríguez en el año 2008 define a firmes permeables como “secciones compuestas de varias capas de materiales de construcción que permiten el paso del agua a través suyo, desde la superficie hasta la explanada, y en conjunto ofrecen la capacidad portante necesaria para resistir un tráfico determinado”.

Daniel Pérez en el 2009 menciona que el concreto permeable, es un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad, es decir, con una relación de vacíos alta que permite el paso del agua a través de su estructura.

2.10.2. Materiales.

Según el ACI 55R-06 en el CAPITULO 3; el concreto permeable, también conocido como porosa, consiste principalmente de cemento Pórtland normal, agregado grueso uniforme de tamaño, y el agua.

2.10.2.1. Cemento portland.

Según Abanto (2013), el cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con agregados, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Las principales materias primas utilizadas son: la piedra caliza y arcilla. (p.15)

En el Perú los cementos más comunes son el cemento Tipo I y Tipo V. (Cementos Pacasmayo).

Tipo I. es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Utilizados por lo general en: Obras de concreto y concreto armado en general, Estructuras que requieran un rápido desencofrado, Concreto en clima frío, Productos prefabricados, Pavimentos y cimentaciones. (Cementos Pacasmayo,2014, p.3)

Tipo V. El cemento portland Tipo V es un cemento de alta resistencia a los sulfatos, ideal para obras que estén expuestas al daño por sulfatos. Ideal para losas, tuberías y postes de concreto en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfato. (Cementos Pacasmayo,2014, p.5)

El cemento que se recomienda utilizar para este tipo de pavimento es el que se encuentre entre los 270 a 415 kg/m³; para que cumpla con los requisitos de resistencia y permeabilidad (Tennis, 2004)

2.10.2.2. Agregados.

Según la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón, las características fundamentales de los agregados las describe a continuación. (p.72)

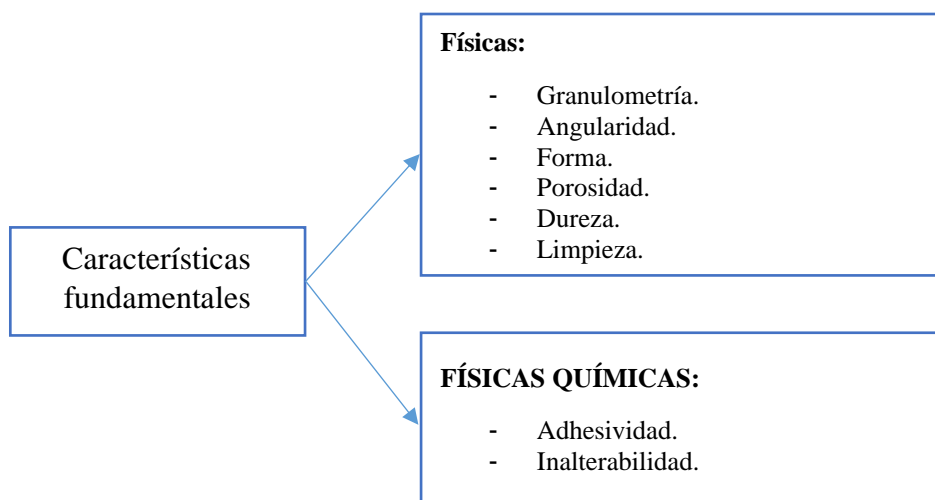


Figura 3. Características fundamentales del agregado (Fuente: NTP 400.037)

A. Propiedades físicas.

a. Granulometría.

Según Céspedes (2002), la granulometría del agregado (grueso) debe estar dentro de ciertos límites. Según las especificaciones AASHTO M80, donde se expresa que una buena granulometría está dentro de:

Tabla 1

Granulometría del agregado grueso

TAMIZ	% QUE PASA
2"	100
1 ½"	95-100
¾"	35-70
3/8"	10-30
4"	0-5 ⁱ

Fuente: AASHTO M80

Donde también se especifica que el agregado de ¾" y 3/8" es una granulometría adecuada para pavimentos permeables o porosos (ASTM C-33).

a. Forma.

En los suelos gruesos la forma característica es la equidimensional, que se originan por la acción de los agentes mecánicos desintegradores y solo excepcionales corresponde a partículas que hayan sufrido algún ataque químico. Según la intensidad y lapso con que estos agentes mecánicos hayan actuado, se producen variedades en la forma equidimensional, de las cuales pueden considerarse la redondeada, la sub redondeada, la sub angulosa y la angulosa. (Juárez, 2011, p.75)

b. Angularidad.

Según Juárez (2011), hace referencia a los agregados que presenta aristas y vértices agudos, dentro de estos están por lo general las piedras trituradas. (p.75)

c. Dureza.

Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario. Los agregados empleados en carreteras, y pisos, deben ser especialmente resistentes al desgaste. (Gutiérrez, 2003, p.25).

d. Porosidad.

La porosidad está asociada a la capacidad de absorción de agua u otro líquido que tienen

los agregados, capacidad que depende del número y tamaño de los poros y de la continuidad de los mismos. (Gutiérrez, 2003, p.22)

Según Villarín (2011), “las rocas volcánicas al tener un enfriamiento rápido su porosidad es elevada en comparación con las rocas ígneas que su enfriamiento es lento por lo tanto su porosidad es reducida”. (p.14)

e. Limpieza.

Según Gutiérrez (2003), los agregados deben estar limpios de sustancias perjudiciales (p.26).

Contenido de arcillas y material con diámetro inferior a 0.074 mm., estos impiden una buena adherencia entre agregados gruesos y la pasta de cemento (Gutiérrez, 2003, p.26)

Contenido de materia orgánica. Es producto de la descomposición de los vegetales y sustancias carbonosas, cuya composición química es ácido tánico y sus derivados conocidos con el nombre de humus. Cuanto la presencia del humus es alta, se impide el fraguado del cemento. (Gutiérrez, 2003, p.26)

B. Propiedades físico químicas.

a. Adhesividad.

Es una característica importante, porque la resistencia y durabilidad de los concretos depende en gran parte del poder de aglutinamiento del agregado con el material cementante. Esto depende de la forma, textura y tamaño de las partículas. (Gutiérrez, 2003, p.25)

b. Inalterabilidad.

Según la UMSS, los agregados están sujetos a procesos de descomposición, debido a que están directamente sometidos a la intemperie y a la acción combinada de los agentes atmosféricos y al tráfico. (p.77)

2.10.2.3. Agua.

Para pavimentos permeables el agua es el mismo que para los concretos simples.

Según Céspedes (2002) “El agua no debe contener sustancias vegetales, carbón, azufre ni porcentajes apreciables de sulfato, ácidos, azúcar o aceites. El agua potable es por lo general lo aceptable”. (p.213)

Según Abanto (2013) el agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, en nuestro concreto poroso, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (p.21)

2.10.3. Criterios de diseño

Para poder encontrar la cantidad de agregado grueso que se debe utilizar en la mezcla de concreto poroso se debe conocer su dosificación.

Según Crespo (2007), la dosificación correcta de un concreto consiste en determinar las proporciones de cemento, agua y agregados pétreos que produzcan, de una manera económica, mezclas de consistencia deseada cuando se encuentran en estado plástico, y de la resistencia especificada después de que las mezclas hayan endurecido. (p.387)

2.10.3.1. Relación agua-cemento.

El factor principal que gobierna la resistencia a la compresión o a flexión del concreto a la edad de 28 días es la relación agua-cemento. (Crespo, 2007, p.388)

Según Rivva (2012) existen definiciones preliminares para la relación agua-cemento. (p.285)

Agua libre-cemento, se emplea cuando se excluye el agua de absorción y se considera como agua libre a la cantidad de agua incorporada a la mezcladora más el agua mantenida como humedad superficial en el agregado antes del mezclado. (p.285)

Agua total-cemento, se emplea cuando se considera como agua total al agua libre más el porcentaje de agua de absorción del agregado. (p.285)

Agua-cemento de diseño, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en la condición de saturado superficial seco, es decir que ni toma ni aporta agua a la mezcla. (p.285)

Agua-cemento efectiva, se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene consideración la condición real de humedad del agregado y se efectúan las correcciones correspondientes. (p.285).

2.10.3.2. Relación agregado cemento.

Según Daniel Pérez en el 2009 la relación típica varía entre 4:1 a 4.5:1; pero esta depende principalmente del tipo del agregado. (p23)

2.10.3.3. Cantidad de agregado grueso.

Para el rango de agregados de tamaño máximo nominal usados para concreto permeable con agregado de 3/8" y 3/4" los valores de b/b_0 son muy parecidos (ACI 211.3 R, 1998).

Tabla 2*Valores efectivos de b/b_o*

PORCENTAJE DE AGREGADO FINO (%)	b/b_o	
	Nº 8 (3/8")	Nº 67 (3/4")
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: (ACI 211.3 R, 1998)

2.10.3.4. Consistencia.

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (Rivva, 2012, p.40).

**Figura 4.** Concreto con muy poca agua (Fuente: Pervious Concrete Pavements.)**Figura 5.** Concreto con agua adecuada (Fuente: Pervious Concrete Pavements)



Figura 6. Concreto con mucha agua (Fuente: Pervious Concrete Pavements)

2.10.3.5. Proporción de agregados.

Es aconsejable que el tamaño máximo del agregado grueso o grava, sea el mayor posible para tener así menor superficie total que requerirá menor cantidad de pasta de cemento. La porción inicial puede corregirse desde las primeras piladas manteniendo fija la relación agua-cemento y variando la cantidad de agregados hasta obtener la consistencia deseada. (Crespo, 2007, p.391)

2.10.4. Propiedades del pavimento permeable.

2.10.4.1. Permeabilidad.

Subramanian (2009) dijo que la permeabilidad es la capacidad que tiene un material para que atraviese fluidos, aire o luz, sin perder la figura de su estructura interna. Cuando un material es permeable, entonces su estructura es porosa o contiene un porcentaje de vacíos que están interconectados y que le permite la absorción de otros elementos. (p.35)

Según el ACI 522R-10, para el cálculo de la permeabilidad de los especímenes se debe utilizar la siguiente ecuación de Darcy:

$$k = \frac{a}{t}; \quad t: \text{tiempo}$$

$$\text{Donde: } a = \left(\frac{AE}{AM} \right) * (L) * \text{Ln} \left(\frac{h1}{h2} \right)$$

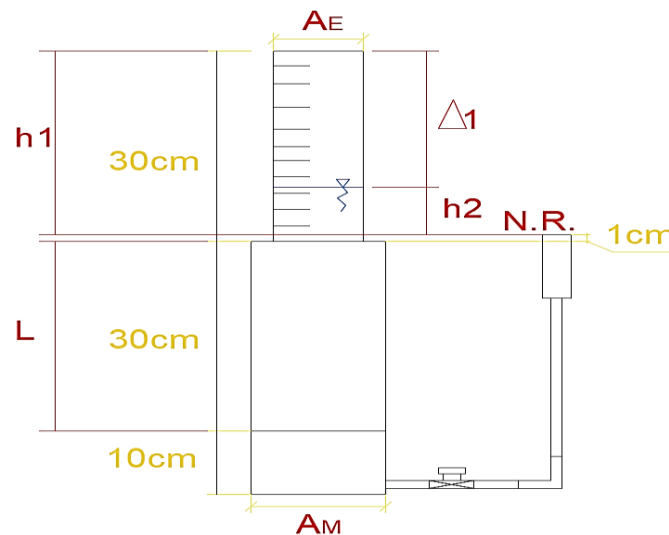


Figura 7. Diagrama de permeámetro de carga variable (Fuente: José Mauricio Porras Morales (Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad)

2.10.4.2. Resistencia a la compresión.

Según Abanto (2013) la resistencia del concreto no puede probarse en condiciones plásticas, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. La resistencia a la compresión de un concreto ($f'c$) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (pp.50-51).

La resistencia a la compresión normalmente se basa en los resultados obtenidos de rotura de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm, las cuales han sido adecuadamente compactadas y curadas bajo agua después de las primeras 24 horas de moldeadas, todo ello bajo condiciones normalizadas. (Rivva, 2012. p.287)

2.10.4.3. Contenido de vacíos y aire.

Según Rivva (2012) las burbujas pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra. En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación y la granulometría y tamaño máximo del agregado. (p.85).

2.10.4.4. Porosidad.

Juares y Rodrigues (2011) llaman porosidad a la relación de vacíos entre el su volumen de vacíos y el volumen de su masa y se expresa en la siguiente fórmula. (p.54)

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

2.10.4.5. Durabilidad.

Abanto (2013) decía que “el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto puede atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación”. (p.57)

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido. (Rivva, 2012, pp.44-45)

La durabilidad de un pavimento está relacionado directamente con las fallas que este puede sufrir. Céspedes (2002) describe que “las fallas en pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales”. (p.286)

A deficiencia de la propia losa y comprende por un lado defectos del concreto propiamente dicho, tales como utilización por reacción de los agregados con el álcalis del cemento, problemas derivados del uso de sales para proteger el concreto de fríos extremos en zonas de clima severo y por otro lado defectos de construcción o de insuficiente estructura de la losa, tales como la inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga. (Céspedes, 2002, p.286)

Al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, subbase, subrasante y terreno de fundación. De este tipo son las fallas por bombo, la distorsión general, la ruptura de esquinas o bordes y por falla de apoyo necesario. (Céspedes, 2002, p.286).

2.10.4.6. Dosificación.

Para el cálculo de la dosificación nos basamos en la investigación Laboratory Study of Mixture Proportioning for Pervious Concrete Pavement (Castro, de Solminihac, Videla, y Fernandez, 2009).

En la cual nos muestra una dosificación en base a la relación entre la cantidad de vacíos disponibles originalmente en el árido y el aumento volumétrico final producto de la inclusión de la pasta a la mezcla.

$$Densidad\ teórica\ (Dt) = \frac{A + C + W}{1}$$

Donde:

A: Masa del árido.

C: Masa del cemento.

W: Masa del agua.

En la formula anterior, se expresa que los materiales al ser mezclados y el concreto a ser compactado, la pasta se llenara los vacíos entre los áridos y entre las partículas de agregado, separándolas e incrementando el volumen original del árido, por lo que el volumen será mayor por efecto de este esponjamiento que existirá en la mezcla.

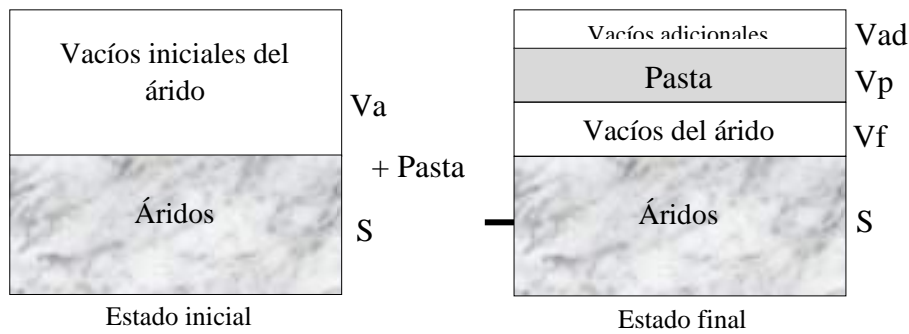


Figura 8. Efecto de inclusión de pasta en el árido con contenido inicial de vacíos. (Fuente: Castro, de Solminihac, Videla, y Fernández, 2009.)

- a. Factor de compactación y volumen de porosidad del esqueleto granular.

$$V_{grava} = 1m^3 - V_{grava}$$

$$\text{Donde: } V = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

$$V_{vacío \text{ de la grava}} = 1 - \frac{\text{Masa unitaria compactada}_{grava}}{\text{Densidad}_{grava}}$$

$$FC = \frac{\text{Densidad real}}{\text{Densidad teórica}}$$

$$\text{Porosidad}_{Esq.Granular} = \left(1 - \frac{\text{Masa unitaria compactada}_{grava} * FC}{\text{Densidad aparente}_{grava}}\right)$$

- b. Volumen de mortero.

$$V_{pasta} = V_{vacios \text{ de la grava}} - V_{vacios \text{ de la mezcla}}$$

$$V_{pasta} = \text{Porosidad}_{Esq.granular} - \text{Porcentaje de vacios de diseño}$$

- c. Contenido de cemento.

$$\text{Peso}_{cemento} = \frac{V_{pasta}}{\left(\frac{1}{\text{Densidad}_{cemento}} + \frac{a/c}{\text{Densidad}_{agua}}\right)}$$

$$V_{cemento} = \frac{\text{Peso}_{cemento}}{\text{Densidad}_{cemento}}$$

d. Peso y volumen seco de la arena.

$$\frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} = \frac{1}{1}$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{\text{Peso}_{\text{arena}}}{\text{Densidad}_{\text{arena}}}$$

e. Volumen seco del agregado grueso por metro cubico de concreto.

$$V_{AG} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{arena}} + V_{\text{vacios}})$$

f. Peso seco de la grava.

$$\text{Peso seco}_{AG} = V_{AG} * \text{Densidad}_{AG}$$

g. Peso húmedo de los agregados.

$$\text{Peso humedo}_{AG} = \text{Peso seco}_{AG} * \left(1 + \frac{\% \text{humedad}_{AG}}{100}\right)$$

h. Volumen húmedo de agregados por metro cúbico de concreto.

$$V \text{ humedo}_{AG} = \left(\frac{\text{Peso humedo}_{AG}}{\text{Densidad}_{AG}}\right)$$

i. Ajuste de la cantidad de agua.

$$\text{Ajuste Agua}_{AG} = \text{Peso seco}_{AG} * \left(\frac{\text{Humedad}_{AG}}{100} \pm \frac{\% \text{Absorcion}_{AG}}{100}\right)$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Ajuste agua}_{AG} - \text{Cantidad de agua de mezclado}$$

2.11. Marco Conceptual: Terminología Básica.

Permeabilidad. La permeabilidad es la destreza que tiene el concreto para permitir que el agua pase a través de su superficie sin que este afecte sus condiciones de sus partículas.

Pavimento permeable. Es el pavimento hecho a base de agregado grueso y cemento, que tiene las características de ser resistentes y a la vez permite el paso de agua hacia el sub suelo, producto de los vacíos que se encuentran en su interior.

Porosidad. Capacidad de un material para poder pasar los fluidos a través de los poros o pequeños agujeros.

Agregados. Son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos)

Precipitaciones. Se dan producto de la acumulación de agua en las nubes, que al caer a la superficie terrestre se manifiesta mediante lluvias, granizadas o nevadas. En nuestro medio

las más comunes son las lluvias, las cuales se dan con una intensidad elevada, provocando en muchas zonas inundaciones.

Resistencia. Capacidad que alcanza una mezcla de concreto al estar sometida a una fuerza. Esto es consecuencia del proceso de hidratación del cemento.

Agregado grueso. Es el material que está compuesto por partículas superiores a 4.75 mm. El agregado a emplear en el proyecto es de 3/8" y 3/4".

Cemento. Es el más usado en la construcción, más aun en el concreto rígido; sus propiedades principales es de cohesión y adhesión.

Agregado fino. Es aquel material que pasan por el tamiz 3/8" y se retienen en el tamiz N°200. Sus partículas están conformados entre 0.075 y 4.75 mm.

Aditivo. Actualmente es considerado como un material de suma importancia para el concreto, especialmente si se requiere modificar las propiedades de la mezcla. Existen diferentes tipos: Acelerantes, reductores de agua, incorporadores de aire (Usado en el proyecto).

Probetas. Son muestras de concretos elaboradas en moldes de PVC y acero. En estos moldes se introduce la mezcla de concreto en tres capas, las cuales deben ser compactadas con 25 penetraciones de la varilla lisa. Al llegar a la tercera capa enraizar el espécimen. Para este proyecto se elaboraron probetas de 6" x 12", estos son especímenes cilíndricos estándares, normadas por ASTM C31.

2.12. Marco Histórico.

El concreto permeable se viene usando desde hace 80 años por lo europeos. Sin embargo en Estados Unidos esta tecnología tan solo tiene 20 años de uso y ni que decir de Perú que para muchos, por lo decir por la mayoría, es desconocido.

Actualmente el concreto permeable es conocido como Ecocreto, este es un término acuñado por los mexicanos; que fueron uno de los pioneros en esta tecnología, con mucha más eficiencia que en otros países.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Materiales.

3.1.1. Recursos Humanos.

El personal de apoyo que será de mucha importancia en esta investigación es:

2 Tesistas.

01 Asesor de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura (UNSM-T).

01 Topógrafo.

1 Técnico de laboratorio con conocimientos en mecánica de suelo y tecnología de materiales. Además de un ayudante para realizar las pruebas de laboratorio.

3.1.2. Recursos Materiales.

Equipos: Dispositivos para ensayos a compactación y flexión, equipo para definir la propiedades del agregado grueso y permeámetro de carga variable.

Materiales de oficina:

Computadora.

Impresora.

Escáner.

Memoria USB.

Papel bond.

Lápiz y lapiceros

Corrector.

Folder

Planos, entre otros.

3.1.3. Recursos de Equipos.

Equipo Topográfico.

Laptop.

Impresora.

Equipos de comunicación (celulares).

Equipo para prueba de resistencia.

Equipo de caracterización de agregados.

3.1.4. Otros Recursos.

- Google Earth Pro
- Software's (Microsoft Excel, Microsoft word, AutoCAD).
- Navegador de internet (Internet Explore).
- Movilidad.

3.2. Metodología.

3.2.1. Universo y Muestra.

3.2.1.1. Universo.

La investigación se realizara en la ciudad universitaria Carlos Vidaure García de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la cual se busca beneficiar a los estudiantes, docente y administrativos de la Facultad de Ingeniería Civil; durante este año.

3.2.1.2. Muestra.

La muestra fue elegida por el método no probabilístico intencional, esto debido al conocimiento y opinión personal respecto al área de estudio. Uno de los criterios a tomar en cuenta fue a la experiencia como estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, donde se pudo observar y lidiar con el problema de acumulación de agua en la superficie del estacionamiento.

3.3. Sistemas de Variables.

Para probar la hipótesis planteada, se empleara un sistema de variables definidos de la siguiente manera: La variable independiente se representa por la letra "X", y la variable dependiente se representa por la letra "Y".

3.3.1. Variable Independiente.

X: Agregados gruesos de la 3/4" y 3/8".

3.3.2. Variable Dependiente.

Y: Permeabilidad.

3.4. Operacionalización de variables

Otras variables a analizar son: la resistencia a la compresión y flexión, para saber si el pavimento es resistente; la porosidad, la durabilidad y la velocidad de drenaje del concreto.

Tabla 3*Operacionalización de variables.*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Agregados gruesos de la 3/4" y 3/8"	Son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos)	Conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80 al 90 % del peso del concreto	Caracterización de los agregados gruesos	Tamiz de malla (pulg)
Permeabilidad	Capacidad que tiene un material para que atraviese fluidos, aire o luz, sin perder la figura de su estructura interna.		Caudal Coeficiente de permeabilidad	Permeámetro de carga variable

3.5. Diseño Experimental de la investigación.

Diseños experimentales: Esta investigación busca comprobar que un concreto con un porcentaje de vacíos de 10%, 12% y 15%, utilizando agregado grueso de 3/4" y 3/8" tiene la capacidad de infiltración; para lo cual se tiene que seguir los siguientes pasos:

Una vez realizadas las pruebas de laboratorio y verificado que estos cumplen con la resistencia que se necesita para un pavimento; se deberá definir el sistema de dosificación. Se fabricará diferentes tipos de mezcla de concreto los cuales son: Concreto permeable con agregado de 3/4" con un 10%, 12% y 15% de vacíos, sin arena y una relación agua cemento de 0.30, 0.35 y 0.46.

Concreto permeable con agregado de 3/4" con un 10%, 12% y 15% de vacíos, con arena y una relación agua cemento de 0.30, 0.35 y 0.46.

Concreto permeable con agregado de 3/8" con un 10%, 12% y 15% de vacíos, sin arena y una relación agua cemento de 0.30, 0.35 y 0.46.

Concreto permeable con agregado de 3/8" con un 10%, 12% y 15% de vacíos, con arena y una relación agua cemento de 0.30, 0.35 y 0.46.

Al realizar las pruebas de laboratorio en estado fresco y estado endurecido se deberá verificar que el concreto cumpla con las propiedades esperadas para un concreto permeable.

3.6. Diseño de Instrumentos.

3.6.1. Fuentes Técnicas.

La recolección de datos se realizó mediante la investigación bibliográfica de libros, revistas y manuales de la construcción. Donde se rescató las ideas más importantes para este proyecto, además que dichas teorías afianzaran y darán validez a la investigación.

3.6.2. Instrumentos de Selección de Datos.

Mediante la experimentación en el laboratorio se analizaron las mezclas de concreto; posteriormente se clasificaron y concluirá que prueba fue la más óptima.

3.7. Procesamiento de la Información.

3.7.1. Reconocimiento del lugar.

Se llevó a cabo el recorrido del lugar, para tener una idea clara de lo que se quiere lograr con el diseño de concreto permeable. Además de poder identificar los problemas que ocasiona la lluvia en el área de estudio.

3.7.2. Estudio Topográfico.

3.7.2.1. Introducción.

El estudio topográfico se realizó para obtener los planos del área en estudio, además de conocer la pendiente que tiene el estacionamiento; los cuales se logran a través del trabajo de campo y gabinete.

3.7.2.2. Objetivo del Estudio topográfico.

El estudio topográfico tiene como objetivo conocer el área que abarca el estacionamiento en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín. Para este estudio se contó con el apoyo de un topógrafo, quien usó una Estación Total.

3.7.2.3. Ubicación Geográfica.

Región : San Martín.

Provincia : San Martín

Distrito : Morales

El proyecto de investigación a realizar se encuentra ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Martín, específicamente en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

3.7.2.4. Personal y Equipo Utilizado.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo el día 17 de MARZO del 2018 y se contó con el apoyo de:

Personal

02 Tesistas

01 Topógrafo

Equipos

01 Estación Total

01 GPS

Trípode metálico para Teodolito

01 Laptop y 01 celular

Equipo de Software (AutoCad Civil 3D)

3.7.2.5. Metodología.

Descripción del Terreno

El área de estudio se encuentra en un terreno plano y con material de préstamo. Además se pudo observar que épocas de lluvias estaba cubierta de lodo y charcos.

Trabajo de Campo

Se realizó un levantamiento topográfico, para tener una idea clara de la pendiente del terreno y que cuanta área abarca dicho estacionamiento.

Trabajo de Gabinete

Luego de obtener los datos con el trabajo de campo, se procesó la información en AutoCAD y Microsoft Excel.

3.7.3. Estudio de mecánica de suelos.

3.7.3.1. Objetivo del estudio

Realizar el estudio de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de suelo.

3.7.3.2. Personal y equipo utilizado

Se contó con el siguiente personal

Personal

02 Jefe de estudio (Tesistas)

01 Técnico de suelos

02 Ayudantes para realizar la excavación

Equipo e Instrumentos

-01 wincha

-01 teléfono móvil

-01 pico

-01 palana

-01 machete

-01 cámara fotográfica

-Bolsas negras, costales, pizarra y plumones acrílicos

Equipo e Instrumentos

-01 balanza electrónica

-01 horno eléctrico del laboratorio avanzado

-01 juego de tamices

-01 equipo proctor

-01 copa de Casagrande

-01 combas de silicona

-01 gata de saca moldes de proctor

-Recipientes de lata para las muestras

-Balde para lavar muestras

4.7.3.3. Metodología

Trabajo de campo:

Se realizó la exploración del terreno mediante la técnica de calicatas. Se excavaron 03 calicatas una en cada área del estacionamiento.

Trabajo de gabinete:

El trabajo de gabinete consistió en realizar los ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín. Asimismo, se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 4

Ensayos de suelos realizados.

NOMBRE DEL ENSAYO	NORMA
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite líquido y límite plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM 2487)
Proctor modificado	NTP 339.142 (ASTM D-1557)
CBR	NTP 339.145 (ASTM D-1883)

Fuente: Norma E050 Suelos y Cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones. ACI (American Concrete Institute). Personal y Equipo Utilizado.

3.7.4. Estudio del concreto en estado fresco y seco.

3.7.4.1. Objetivo del estudio.

Conocer las características del concreto en estado fresco y seco.

3.7.4.2. Personal y equipo utilizado

Personal

- 02 Jefe de estudio (Tesisistas)
- 01 Técnico de laboratorio

Equipo e Instrumentos

- Equipos de compresión de concreto.
- Permeámetro de carga variable.

3.7.4.3. Metodología

Para encontrar el diseño preciso que sea permeable y a la vez resistente se realizó 72 probetas con diferentes dosificaciones de concreto.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ ", con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ ", con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , con arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{4}$ " , sin arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 10% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Dosificación de concreto agregado de $\frac{3}{8}$ " , sin arena, 12% de vacíos y una relación agua cemento de 0.46.

Dosificación de concreto agregado de 3/8", sin arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.30.

Dosificación de concreto agregado de 3/8", sin arena, 15% de vacíos y una relación agua cemento de 0.35.

Trabajo de gabinete:

El trabajo de gabinete consistió en realizar los ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín. Asimismo, se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 5

Ensayos de Laboratorio realizados.

Nombre Del Ensayo	Norma
Resistencia a la compresión	NTP 339.034 (ASTM C39/C39M)
Ensayo de permeabilidad	ACI 522R -10

Fuente: Norma E050 Suelos y Cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones. ACI (American Concrete Institute). Personal y Equipo Utilizado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos obtenidos de la encuesta.

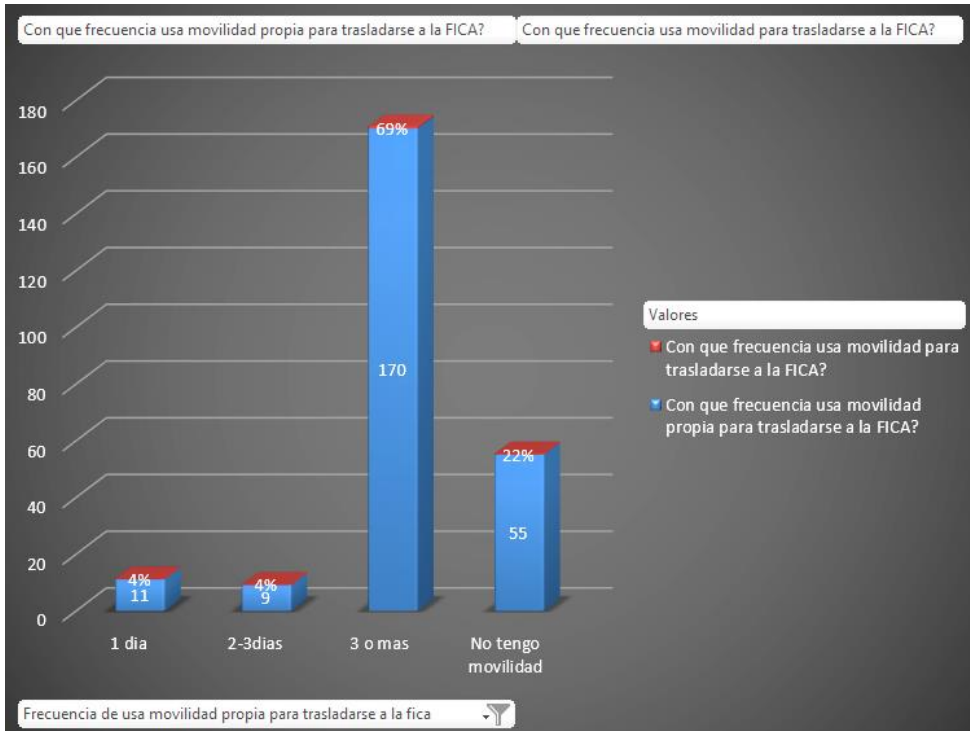


Figura 9. Porcentaje de los que usa movilidad propia para trasladarse a la FICA.

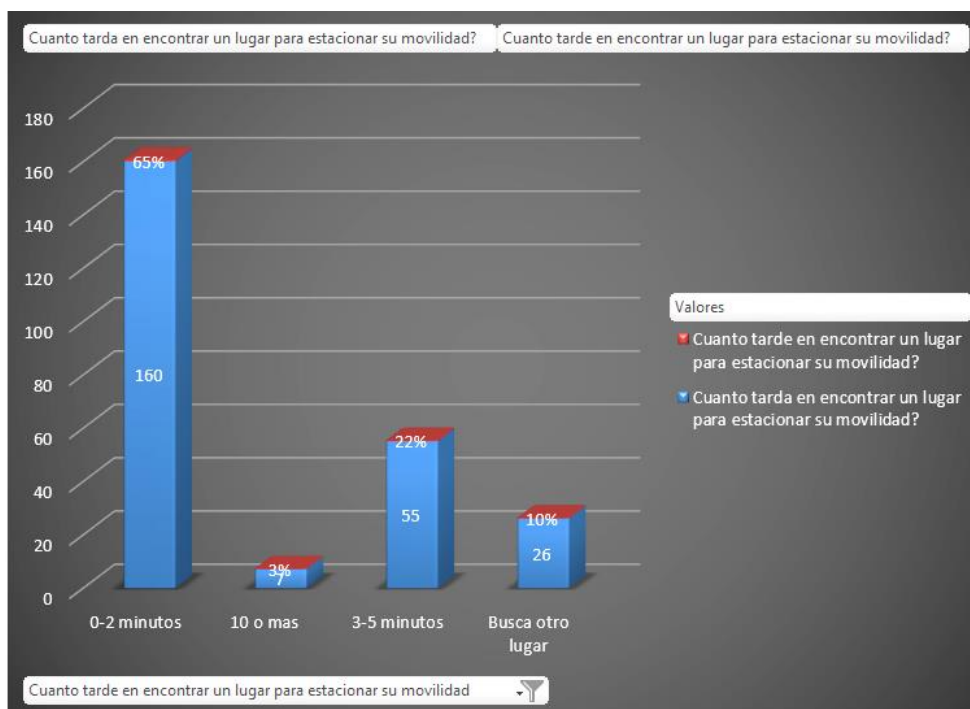


Figura 10. Porcentaje del tiempo que tardan en estacionar su movilidad.

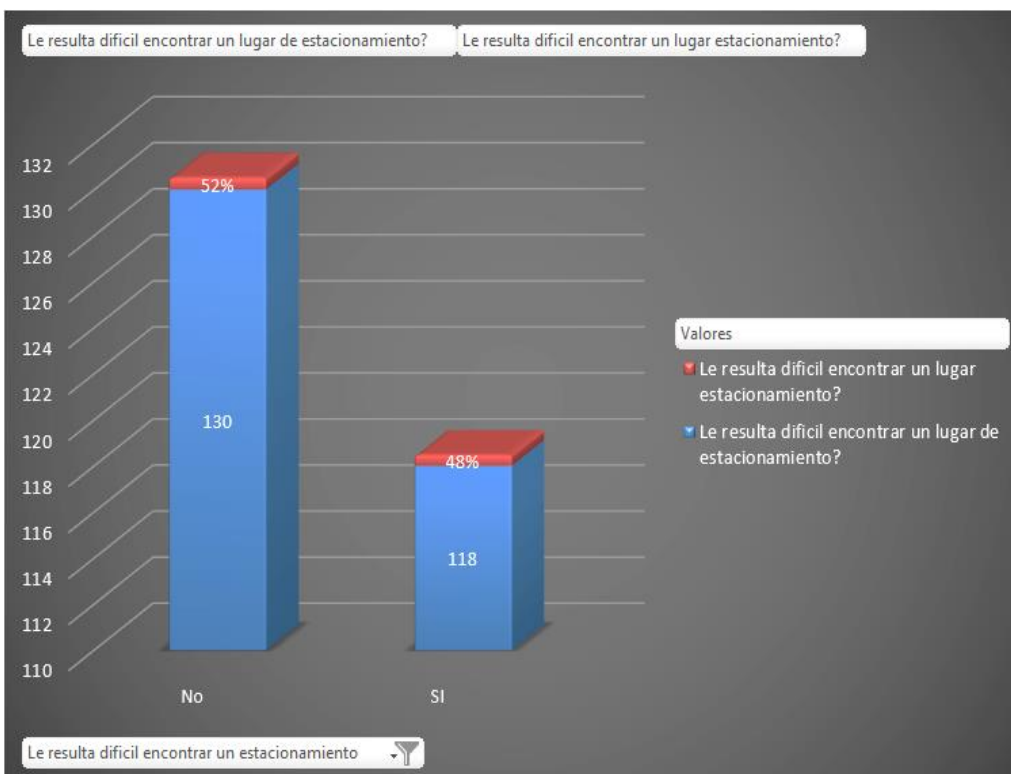


Figura 11. Porcentaje de la dificultad para encontrar un estacionamiento

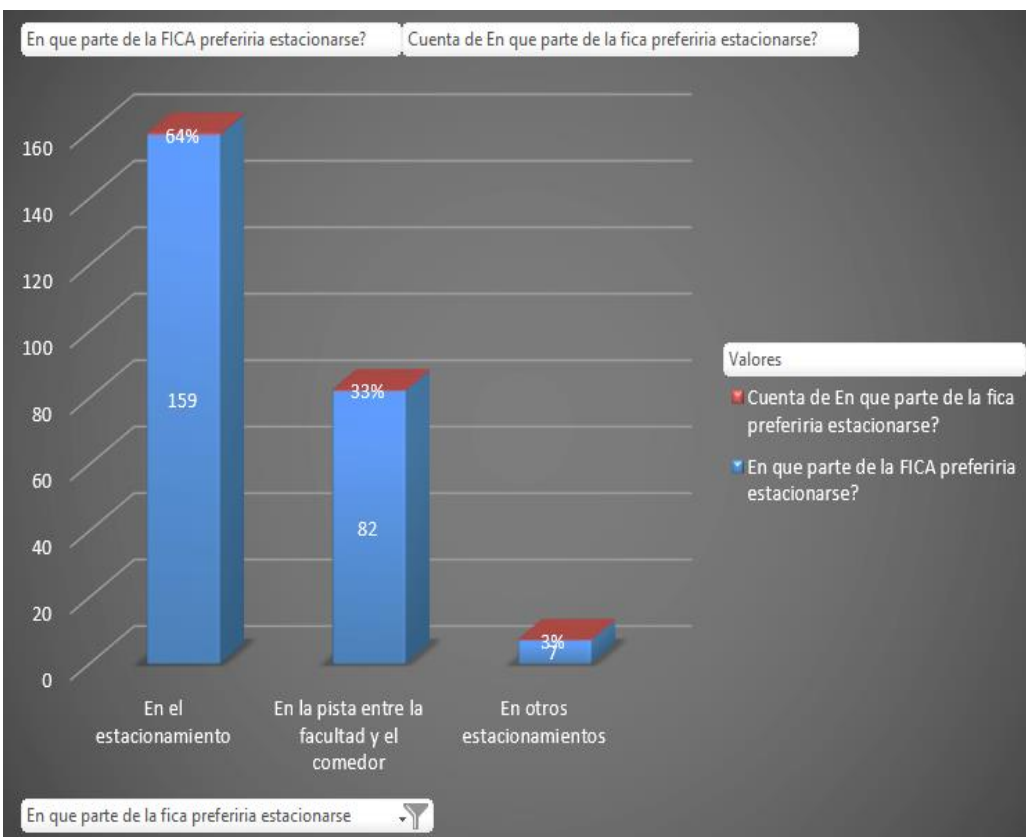


Figura 12. Porcentaje del lugar de la preferencia del estacionamiento.

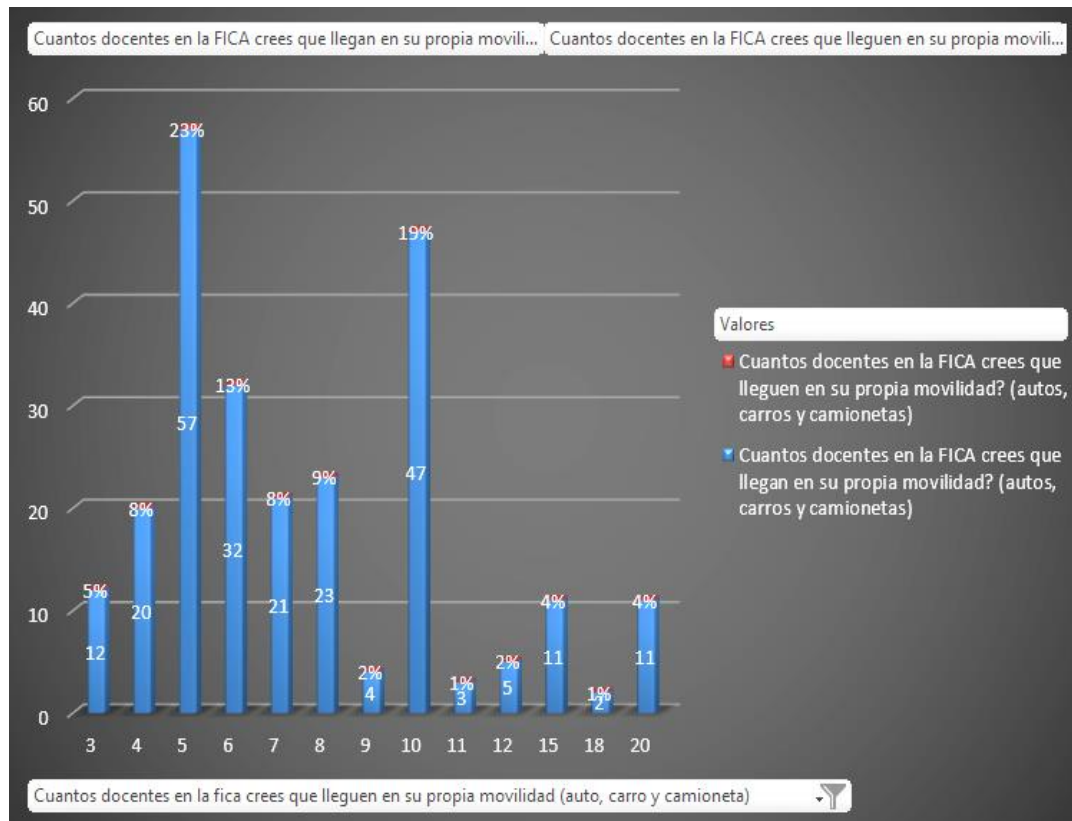


Figura 13. Porcentaje de docentes que llegan en su propia movilidad.

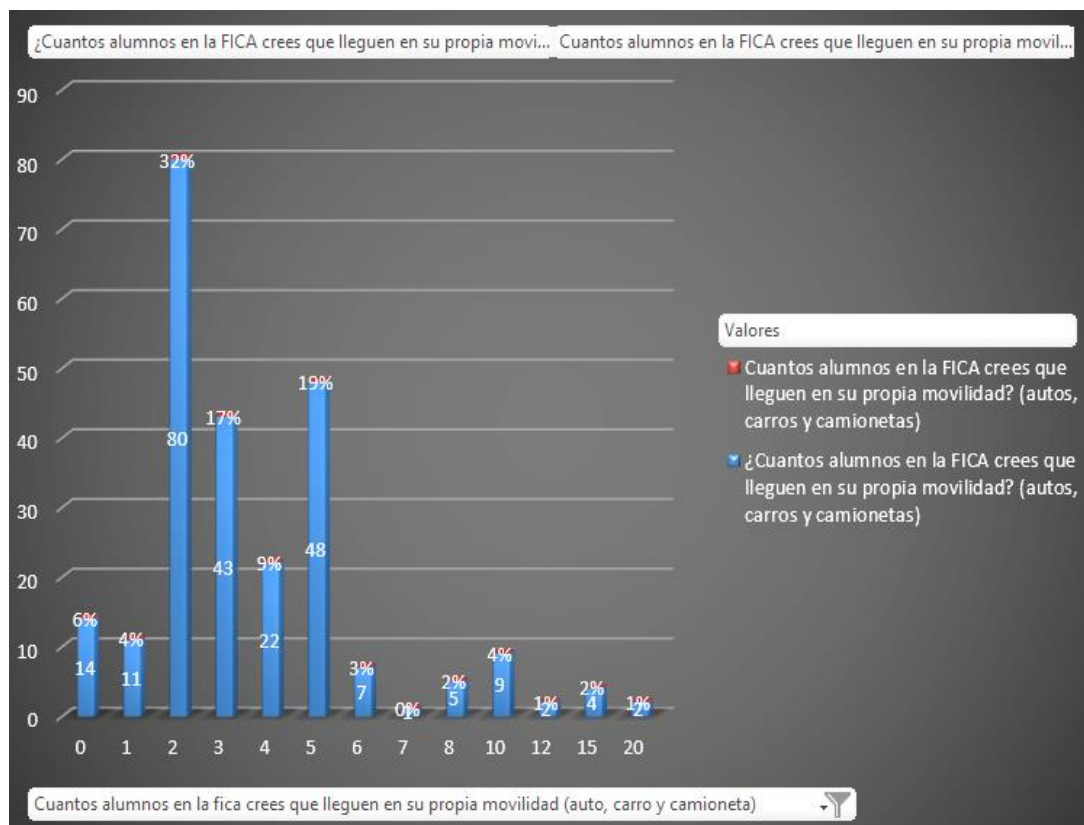


Figura 14. Porcentaje de alumnos que llegan en su propia movilidad.

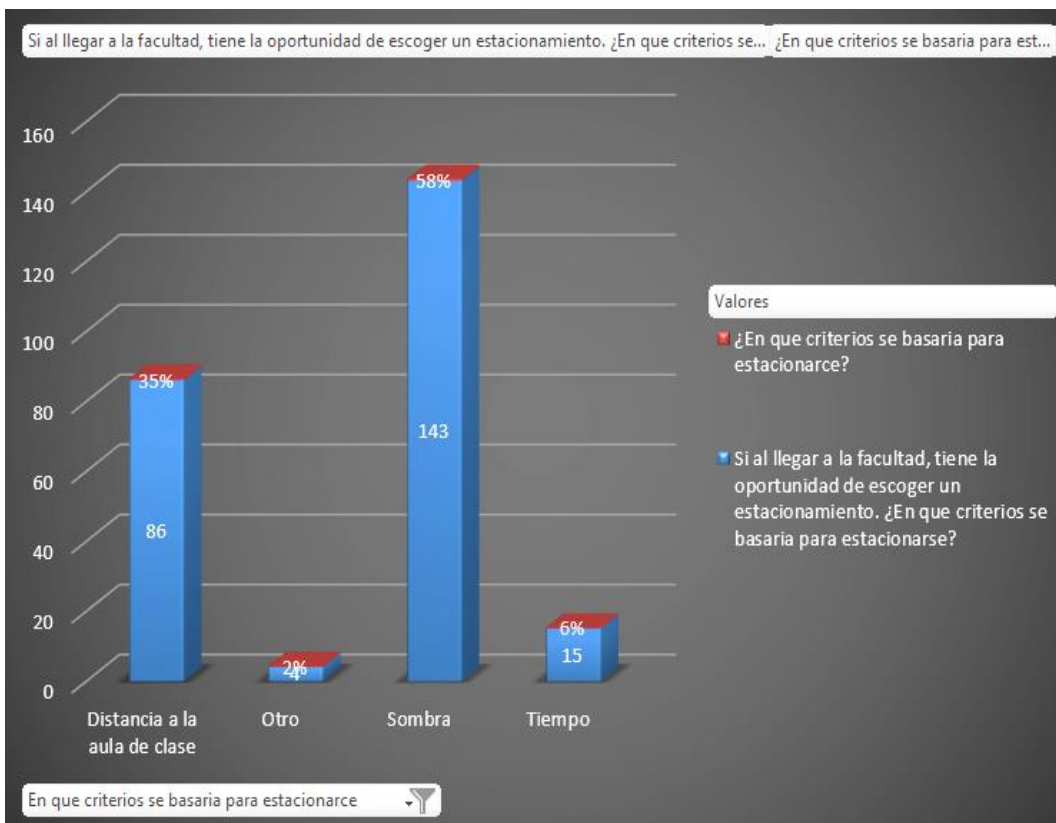


Figura 15. Porcentaje de criterios para estacionarse.

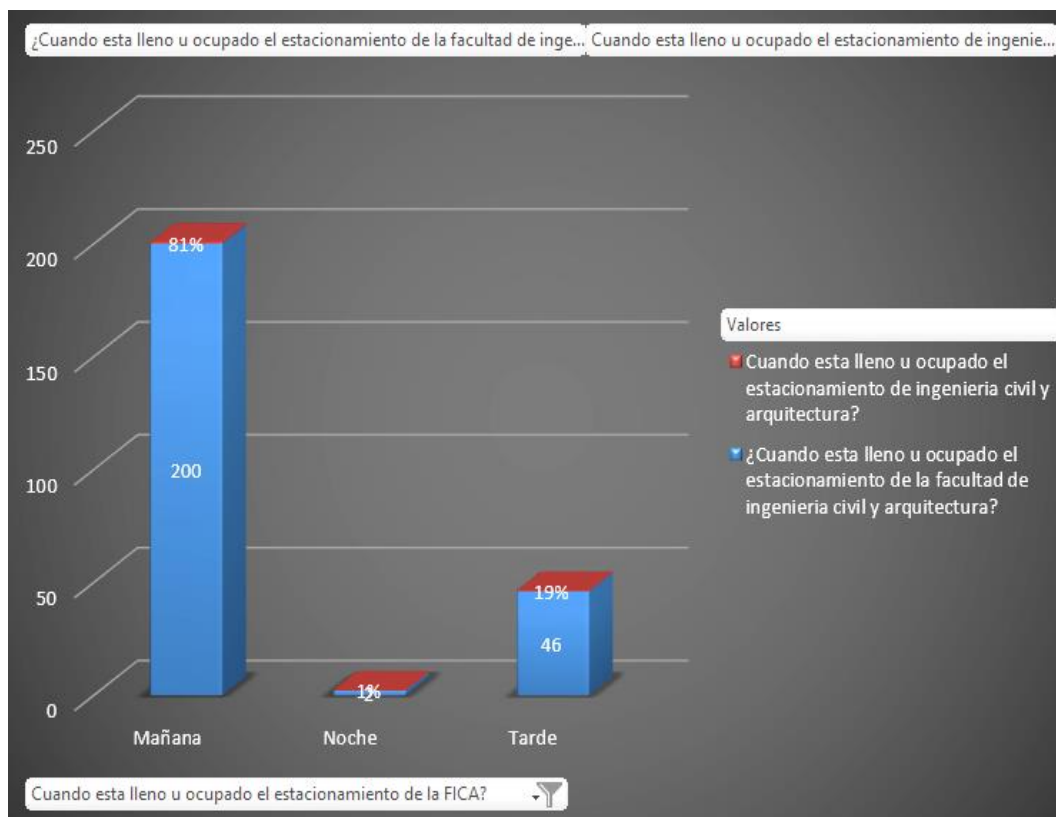


Figura 16. Porcentaje del horario de mayor concurrencia en el estacionamiento

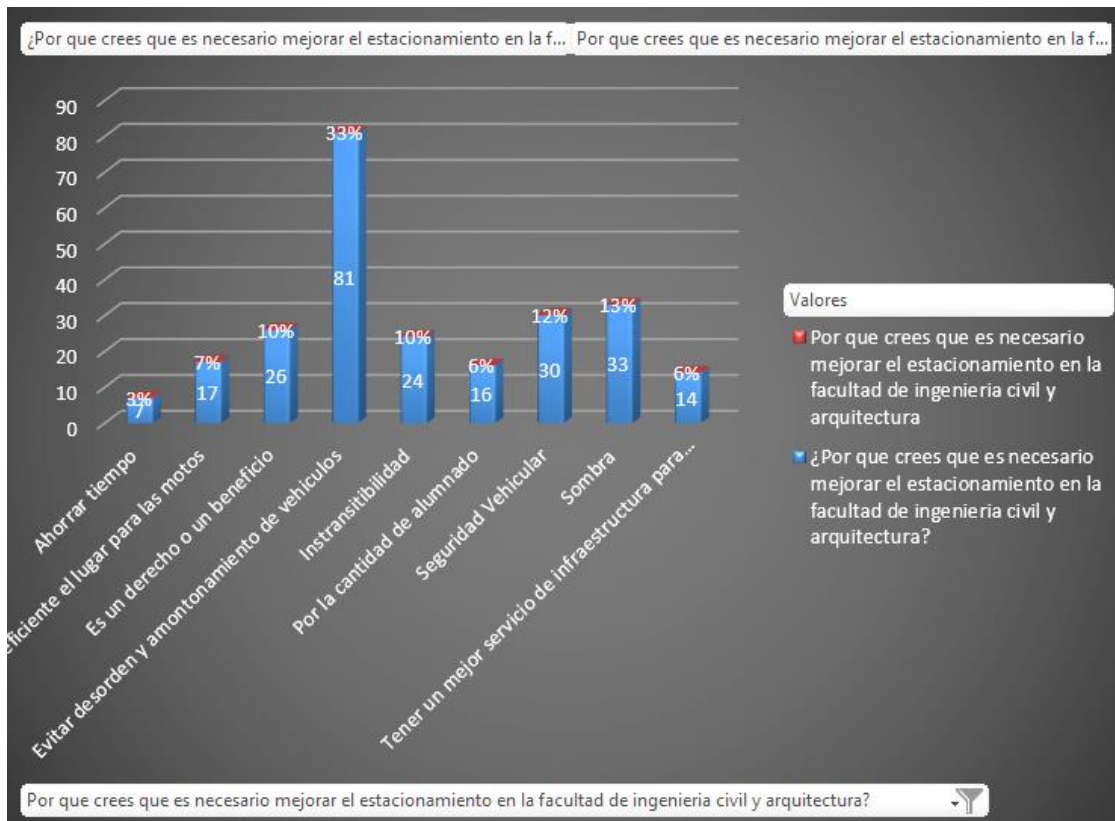


Figura 17. Porcentaje de las razones para mejorar el estacionamiento.

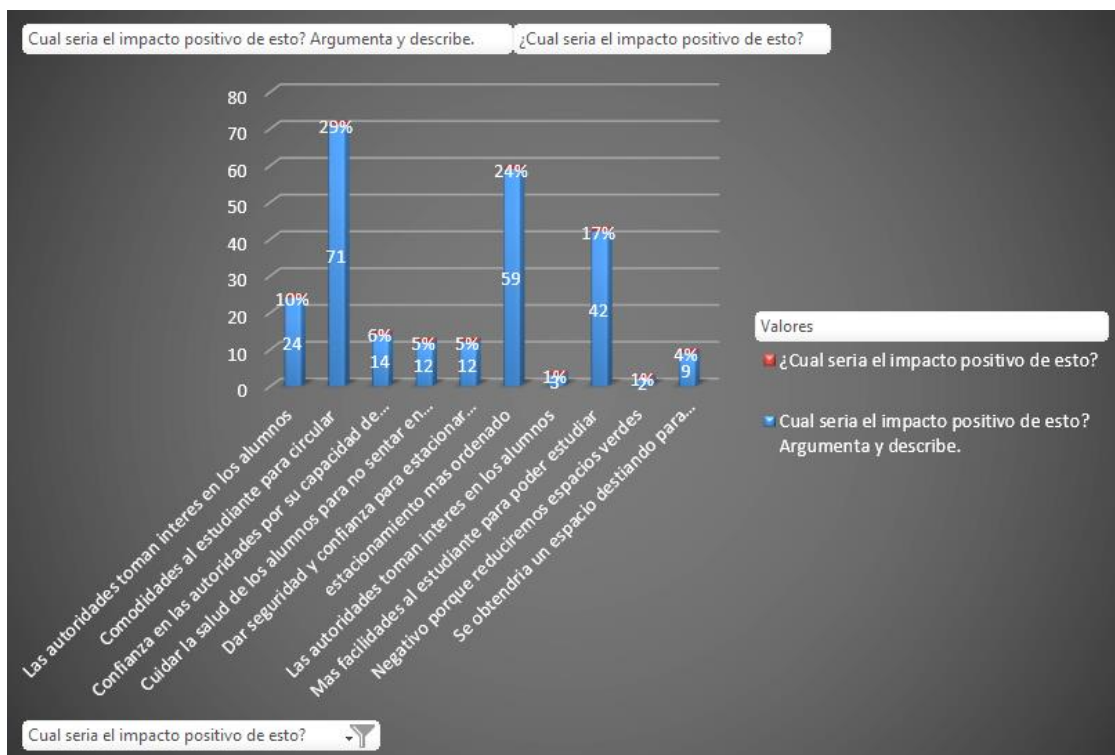


Figura 18. Porcentaje del impacto positivo de mejorar el estacionamiento.

4.2. Estudio de tráfico y diseño de pavimento.

4.2.1. Índice medio diario.

Tabla 6

Índice medio diario.

RESUMEN DE CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR (METODO AASTHO)																			
ESTACION:		TODA LA SEMANA																	
PROYECTO:		ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS PERMBEABLE PARA ESTACIONAMIENTO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA																	
K=		1																	
UBICACION: Estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura																			
Sent.	VEHICULOS LIGEROS			BUS			CAMIONES UNITARIOS			SEMITRAILER				TRAILER			TOTAL	%	
	Autos	Pick up	C. Rural	Micros	2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			3T3
E	18	14	18	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	52.0%
S	18	14	14	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	48.0%
TOTAL	36	28	32	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	
%	35.29%	27.45%	31.37%	1.96%	0.00%	0.00%	3.92%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.0%	
IMD	5.143	4.000	4.571	0.286	0	0	0.5714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.571	
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IMD	5.143	4.000	4.571	0.286	0	0	0.5714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.571	
IMD	5	4	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	

4.2.2. Periodo de diseño

$$T = 20 \text{ años}$$

Tabla 7

Periodo de diseño

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

4.2.3. Espesor de pavimento

$$esp = 200 \text{ mm} \quad \text{asumido}$$

4.2.4. Índices de serviciabilidad

$$Pt = 2 \text{ serviciabilidad final} \quad \Delta PSI = Po - Pt = 2.1$$

Tabla 8

Índice de serviciabilidad.

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
Po = 4.1 para pavimentos rígidos	Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Po = 4.2 para pavimentos flexibles	Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor

4.2.5. Factor de distribución por dirección

$$D = 1$$

Tabla 9

Factor de dirección.

Número de carriles en ambas direcciones	LD 10	
2	0.50	Factor de dirección ida y vuelta
4	0.45	
6 o más	0.40	

4.2.6. Factor de distribución por carril

$$L = 1 \quad \text{Un carril en cada sentido} \quad \Rightarrow \quad W18 = 100\%$$

Tabla 10*Factor de distribución por carril.*

N° DE CARRIL EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

4.2.7. Código de eje cargado

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento

L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tandem
L2 = 3	eje tridem

4.2.8. ESAL.**Tabla 11***ESAL total.*

TIPO DE VEHÍCULO	VEHÍCULOS LIGEROS	BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER
ESAL PARCIAL	297.9397147	0	44252.51634	0
ESAL TOTAL		44550.45606		

4.2.9. Confiabilidad.**Tabla 12***Confiabilidad Confiabilidad.*

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD (R)	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

R = 95 %

4.2.10. Desviación estándar normal.

Tabla 13

Desviación estándar normal.

DESVIACION ESTANDAR NORMAL , VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29
ZR =	-1.645	

4.2.11. Error estándar combinado So

Tabla 14

Erros estándar combinado.

TIPO	(So)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40
So =	0.35

4.2.12. Módulo de reacción compuesto de la subrasante (K)

MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRAZANTE (K) =	112.50 Mpa/m
---	--------------

4.2.13. Perdida de servicialidad.

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t = 2.1$$

4.2.14. Coeficiente de drenaje.

$$C_d = 1.00$$

4.2.15. Coeficiente de transmisión de carga.

$$J = 3.00$$

4.2.16. Módulo de elasticidad del concreto.

$$E_c = 3115170 \text{ psi} = 21494.7 \text{ Mpa}$$

4.2.17. Módulo de rotura del concreto.

$$S'_c = 546.5 \text{ psi} = 3.77 \text{ Mpa}$$

4.2.18. Espesor de pavimento por la formula AASHTO

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de servicialidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_d = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

$$D = 100.00 \text{ mm}$$

Según el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”. Sección Suelos y Pavimentos. es espesor mínimo para una carretera debe ser de 200mm, entonces:

$$D = 200.00 \text{ mm}$$

4.3. Realización los estudios básicos de mecánica de suelos y topografía.

4.3.1. Resultados del Estudio Topográfico.

Al realizar el estudio topográfico se obtuvieron los planos de planta, perfil y curvas de nivel del área de estudio.

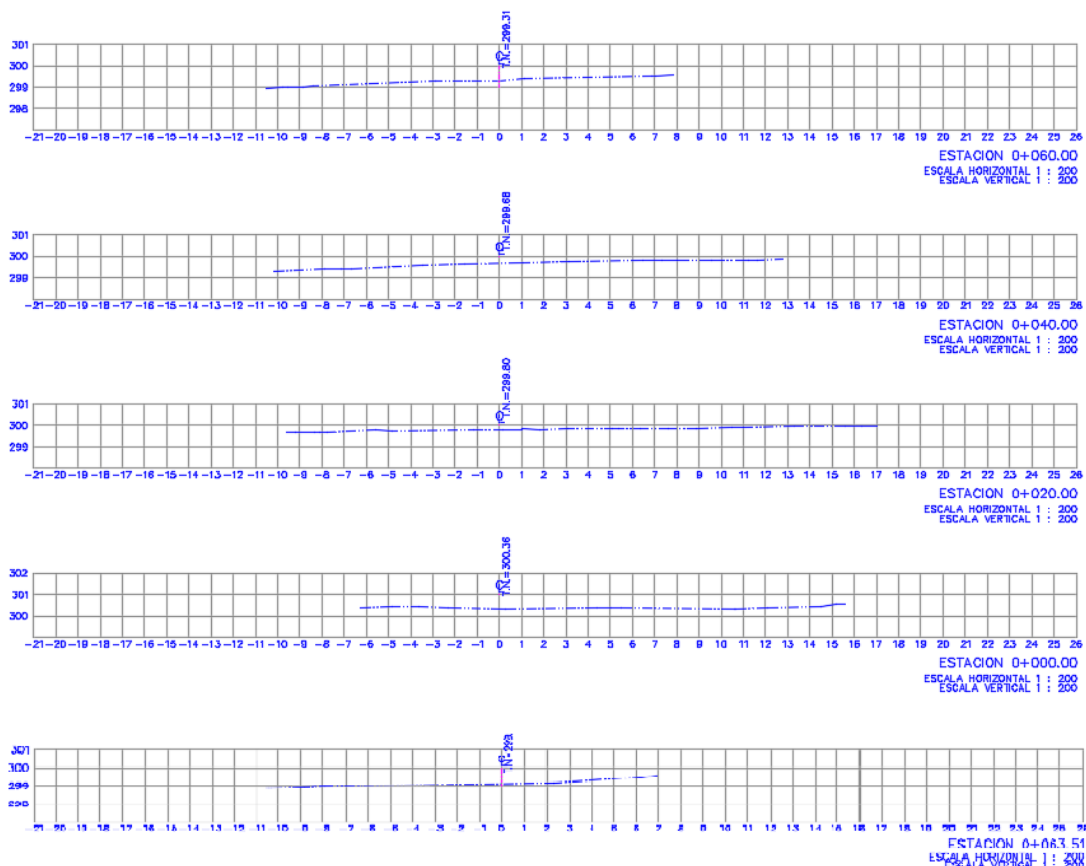


Figura 19. Secciones Transversales.

4.4. Resultados del Estudio de caracterización del agregado.

4.4.1. Características físicas del agregado grueso de 3/8”

Tabla 15

Características físicas del agregado grueso de 3/8”.

	Δι(μετρο νομιναλ μ(ξιμο.	3/8V
	M (δ(υλο δε φινυρα.	-
Χαρακτηρ(στιχασ φ(στιχασ	Πεσο εσπεχ(φ(ιχο σεχο (γρ/χχ)	2.65
	Αβσορχι (ν (%)	0.82
	Ηυμεδαδ (%)	0.98
	Πεσο υνιταριο συελτο (Κγ/μ3)	1423.0
	Πεσο υνιταριο χομπαχταδο(Κγ/μ3)	1572.0

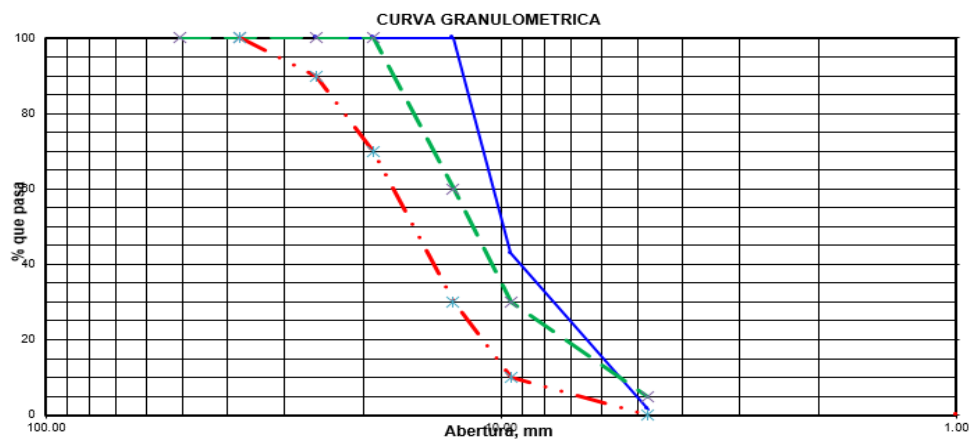


Figura 20. Curva granulométrica del agregado de 3/8".

4.4.2. Características físicas del agregado grueso de 3/4"

Tabla 16

Características físicas del agregado grueso de 3/4".

	Δι(μετρο νομιναλ μ(ξιμο.	3/4"
	M (δύλο δε φινυρα.	—
Χαρακτηρί(στιχασ φ(στιχασ	Πεσο εσπεχ(φίχο σεχο (γρ/χχ)	2.52
	Αβσορχι (ν (%)	2.56
	Ηυμεδαδ (%)	0.98
	Πεσο υνιταριο συελτο (Κγ/μ3)	1418.00
	Πεσο υνιταριο χομπαχταδο(Κγ/μ3)	1559.00

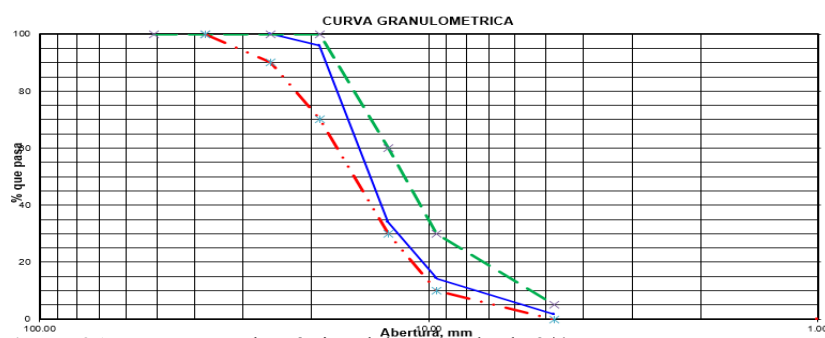


Figura 21. Curva granulométrica del agregado de 3/4".

4.4.3. Características físicas del agregado fino.

Tabla 17

Características físicas del agregado fino.

	Δι(μετρο νομιναλ μ(ξιμο.	4.76
	M (δύλο δε φινυρα.	2.20
Χαρακτηρί(στιχασ φ(στιχασ	Πεσο εσπεχ(φίχο σεχο (γρ/χχ)	2.59
	Αβσορχι (ν (%)	1.44
	Ηυμεδαδ (%)	3.20
	Πεσο υνιταριο συελτο (Κγ/μ3)	1491.00
	Πεσο υνιταριο χομπαχταδο(Κγ/μ3)	1660.00

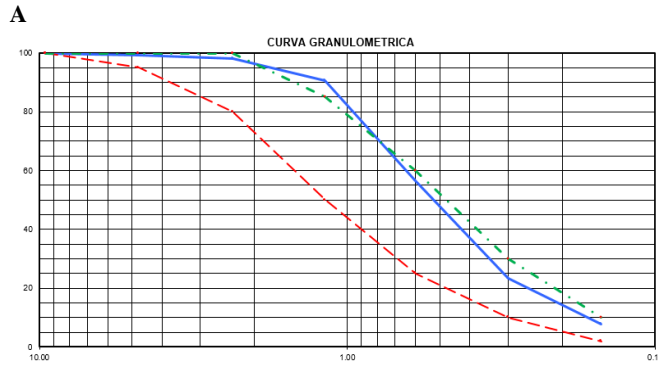


Figura 22. Curva granulométrica del agregado fino.

4.5. Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.

Los resultados del Estudio de mecánica de suelos, se resumen en el siguiente cuadro:

Calicata N° 01 – MUESTRA II

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 16.10$$

De los ensayos de la determinación de los Límites de Atterberg.

Tabla 18

Resultados de los Límites de Atterberg de la Calicata N° 01-Muestra II.

Índice de Flujo Fi	-0.06
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	26.50
Límite Plástico (%)	16.64
Índice de Plasticidad Ip (%)	9.86
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-4(4)
Índice de consistencia Ic	1.06

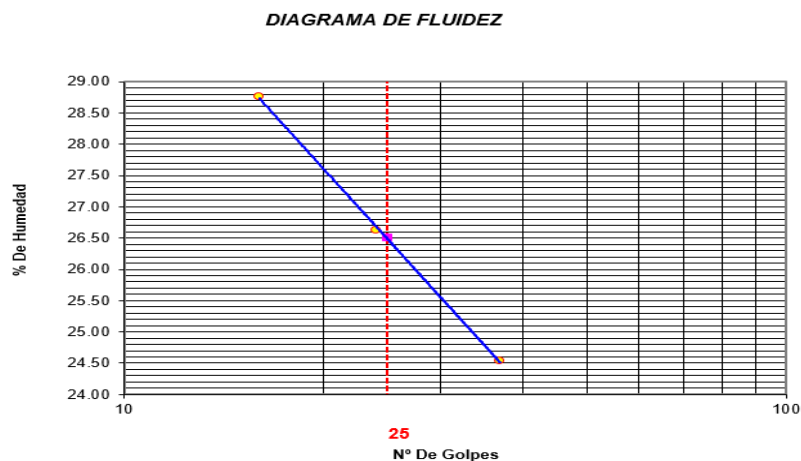


Figura 23. Diagrama de fluidez.

De los ensayos de análisis granulométrico.

El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 57.19%, con LL = 26.50%, color marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con un porcentaje de arena del 42.81% del total de la muestra.

Tabla 19

Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 01-Muestra II.

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	26.50	WT =	55.60
LP =	16.64	WT+SAL =	255.60
IP =	9.86	WSAL =	200.00
IG =	4	WT+SDL =	141.22
		WSDL =	85.62
D 90=		%ARC. =	57.19
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

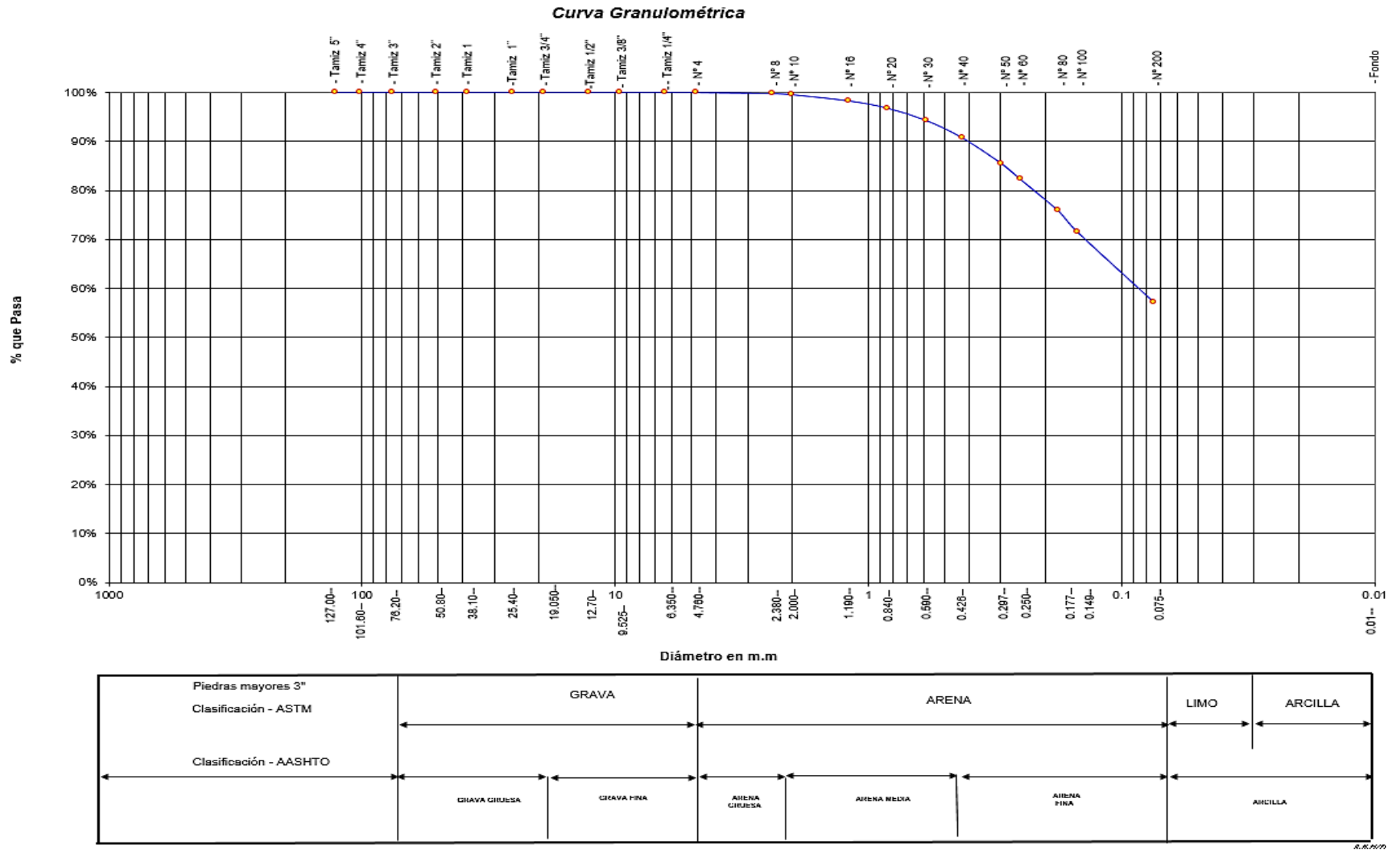
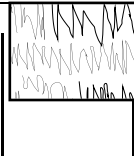
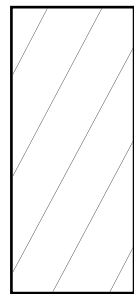


Figura 24. Curva granulométrica.

Tabla 20

Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 01-Muestra II.

ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO DE SUELO	CLASIFICACION		
		AASHTO	SUCS	SIMBOLO
I	<i>Suelo arenoso limosos con presencia de raíces</i>	A-8	SM-Pt	
II	<i>El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad de consistencia dura con finos de 57.19%, con LL = 26.50, color marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con un porcentaje de arena del 42.81% del total de la muestra.</i>	A-4(4)	CL	

Calicata N° 01 – MUESTRA III

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 13.62$$

De los ensayos de análisis granulométrico.

Suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 21.64% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 78.36% de arena.

Tabla 21

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	NP	WT =	56.98
LP =	NP	WT+SAL =	256.98
IP =	NP	WSAL =	200.00
IG =	0	WT+SDL =	213.71
		WSDL =	156.73
D 90=		%ARC. =	21.64
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	

D	10=	Cu	=
----------	-----	----	---

*Resultados**del análisis granulométrico de la Calicata N° 01-Muestra III.*

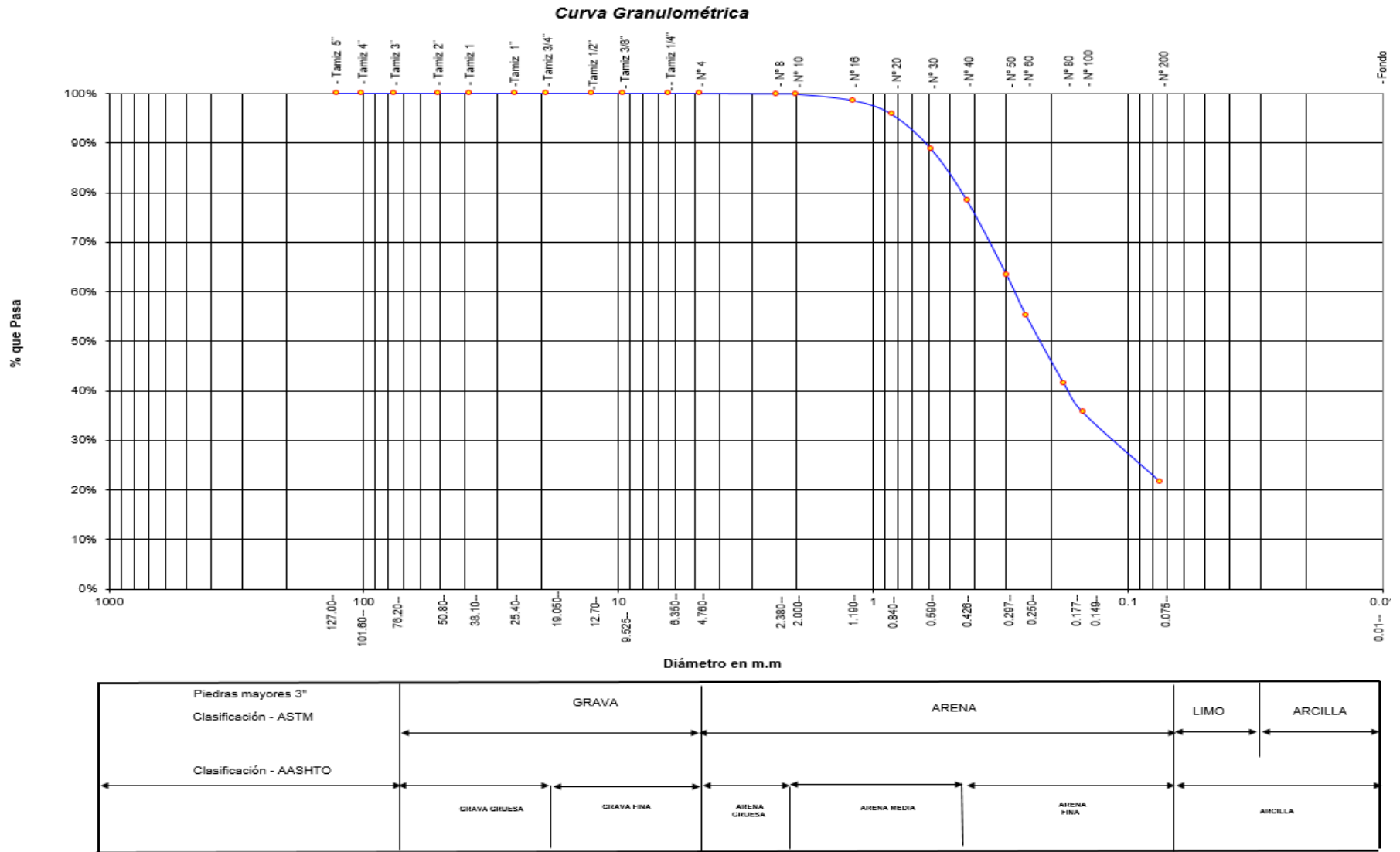
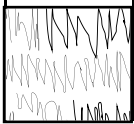
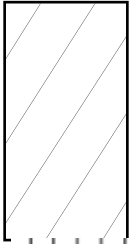
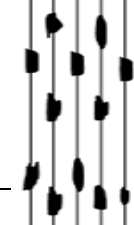


Figura 25. Curva granulométrica.

Tabla 22

Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 01-Muestra III.

ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO DE SUELO	CLASIFICACION		
		AASHTO	SUCS	SIMBOLO
I	<i>Suelo arenoso limosos con presencia de raíces</i>	A-8	SM-Pt	
II	<i>El suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad de consistencia dura con finos de 56.44%, con LL = 26.50, color marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con un porcentaje de arena del 42.81% del total de la muestra.</i>	A-4(4)	CL	
III	<i>Suelo arenoso limoso de grano fino a medio no plástico con 21.64% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 78.36% de arena</i>	A-2-4(0)	SM	

Calicata N° 02 – MUESTRA II

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 8.68$$

De los ensayos de análisis granulométrico.

Suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 34.17% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 82.89% de arena.

Tabla 23

Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 02-Muestra II.

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	NP	WT =	57.70
LP =	NP	WT+SAL =	257.70
IP =	NP	WSAL =	200.00
IG =	0	WT+SDL =	189.36
		WSDL =	131.66
D 90=		%ARC. =	34.17
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

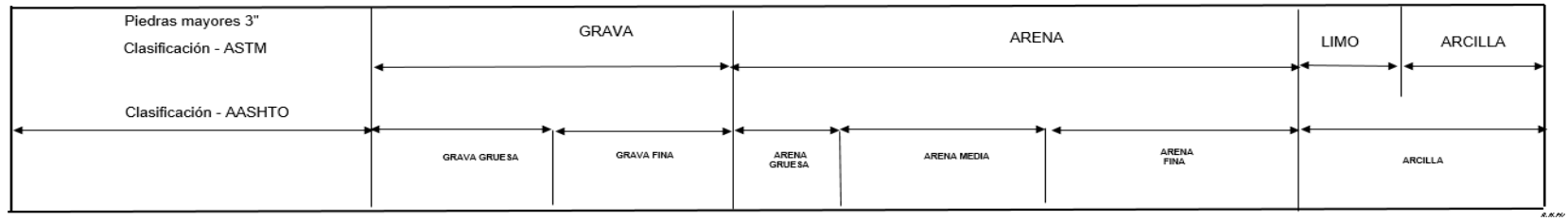
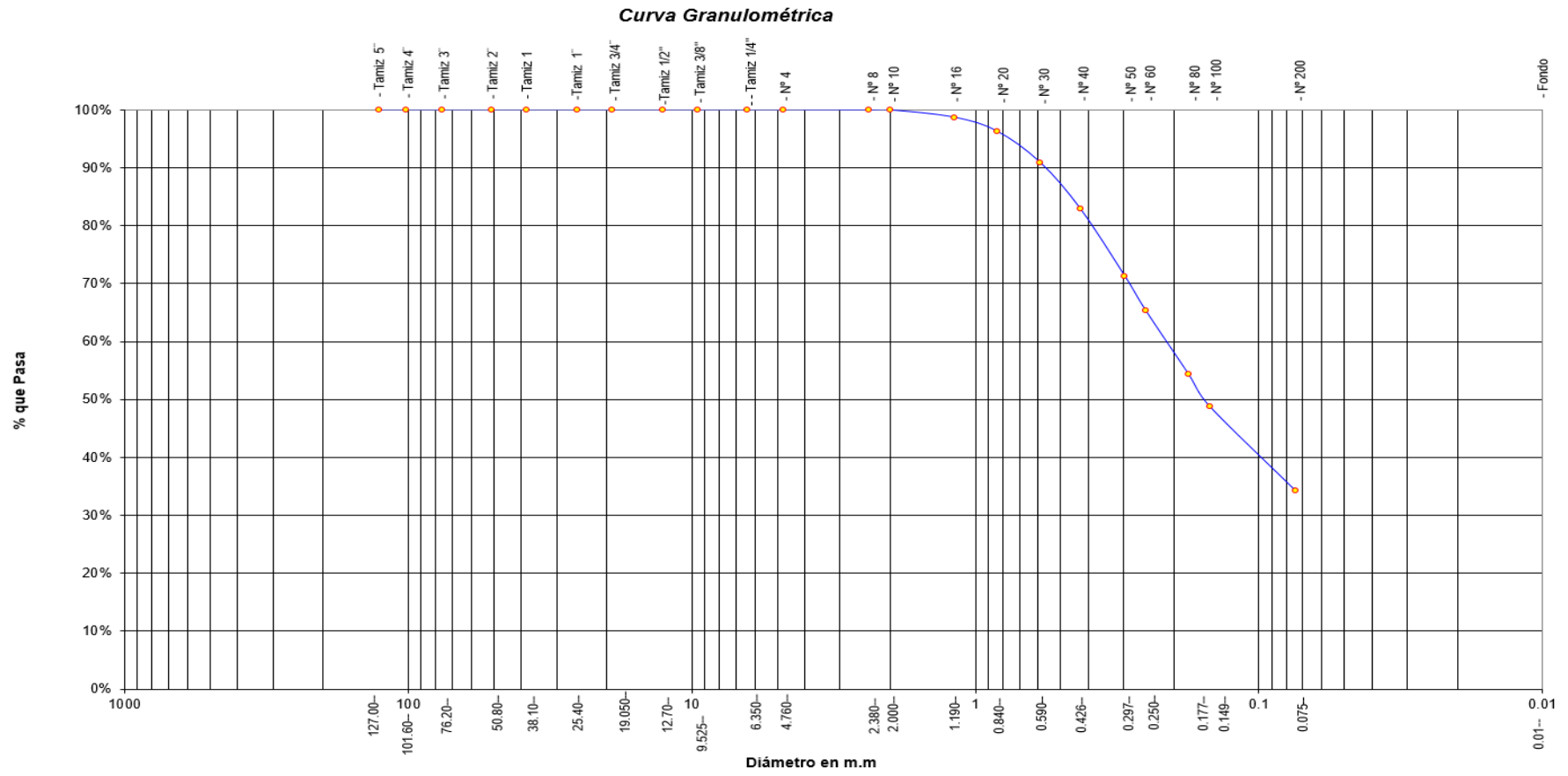


Figura 26. Curva granulométrica.

Calicata N° 02 – MUESTRA III

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 5.56$$

De los ensayos de análisis granulométrico.

Suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 29.75% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.25% de arena.

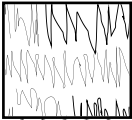
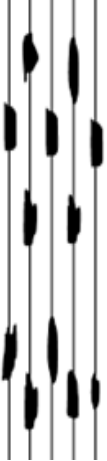
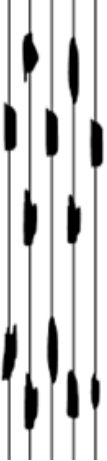
Tabla 24

Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 02-Muestra III.

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	NP	WT =	55.98
LP =	NP	WT+SAL =	255.98
IP =	NP	WSAL =	200.00
IG =	0	WT+SDL =	196.48
		WSDL =	140.50
D 90=		%ARC. =	29.75
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

Tabla 25

Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 02-Muestra III.

Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION		
	AASHTO	SUCS	SIMBOLO
<i>Suelo arenoso limosos con presencia de raíces</i>	A-8	SM-Pt	
<i>Suelo arenoso limoso de grano fino a medio no plástico con 34.17% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 65.83% de arena</i>	A-2-4(0)	SM	
<i>Suelo arenoso limoso de grano fino a medio no plástico con 29.75% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.25% de arena.</i>	A-2-4(0)	SM	

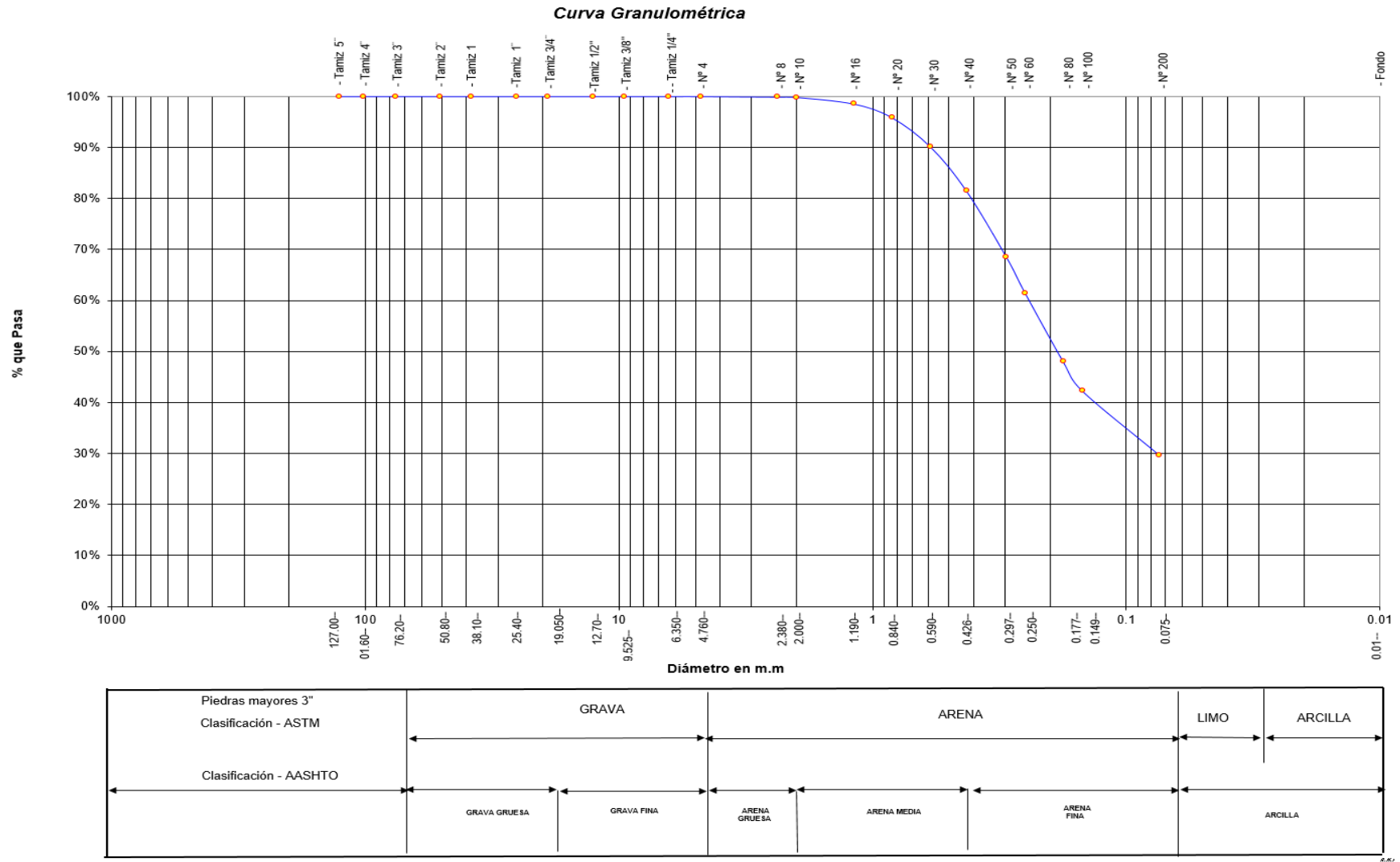


Figura 27. Curva granulométrica.

Calicata N° 03 – MUESTRA II

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 5.34$$

De los ensayos de análisis granulométrico.

Suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 29.39% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.07% de arena.

Tabla 26

Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 03-Muestra II.

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	NP	WT =	58.00
LP =	NP	WT+SAL =	258.00
IP =	NP	WSAL =	200.00
IG =	0	WT+SDL =	199.22
		WSDL =	141.22
D 90=		%ARC. =	29.39
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

Calicata N° 03 – MUESTRA III

De los ensayos de determinación del porcentaje de humedad natural.

$$\text{Promedio \% de humedad} = 4.20$$

De los ensayos de análisis granulométrico.

Suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 27.70% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 71.36% de arena.

Tabla 27

Resultados del análisis granulométrico de la Calicata N° 03-Muestra III.

SUCS =	CL	AASHTO =	A-4(4)
LL =	NP	WT =	56.60
LP =	NP	WT+SAL =	256.60
IP =	NP	WSAL =	200.00
IG =	0	WT+SDL =	201.21
		WSDL =	144.61
D 90=		%ARC. =	27.70
D 60=		%ERR. =	0.00
D 30=		Cc =	
D 10=		Cu =	

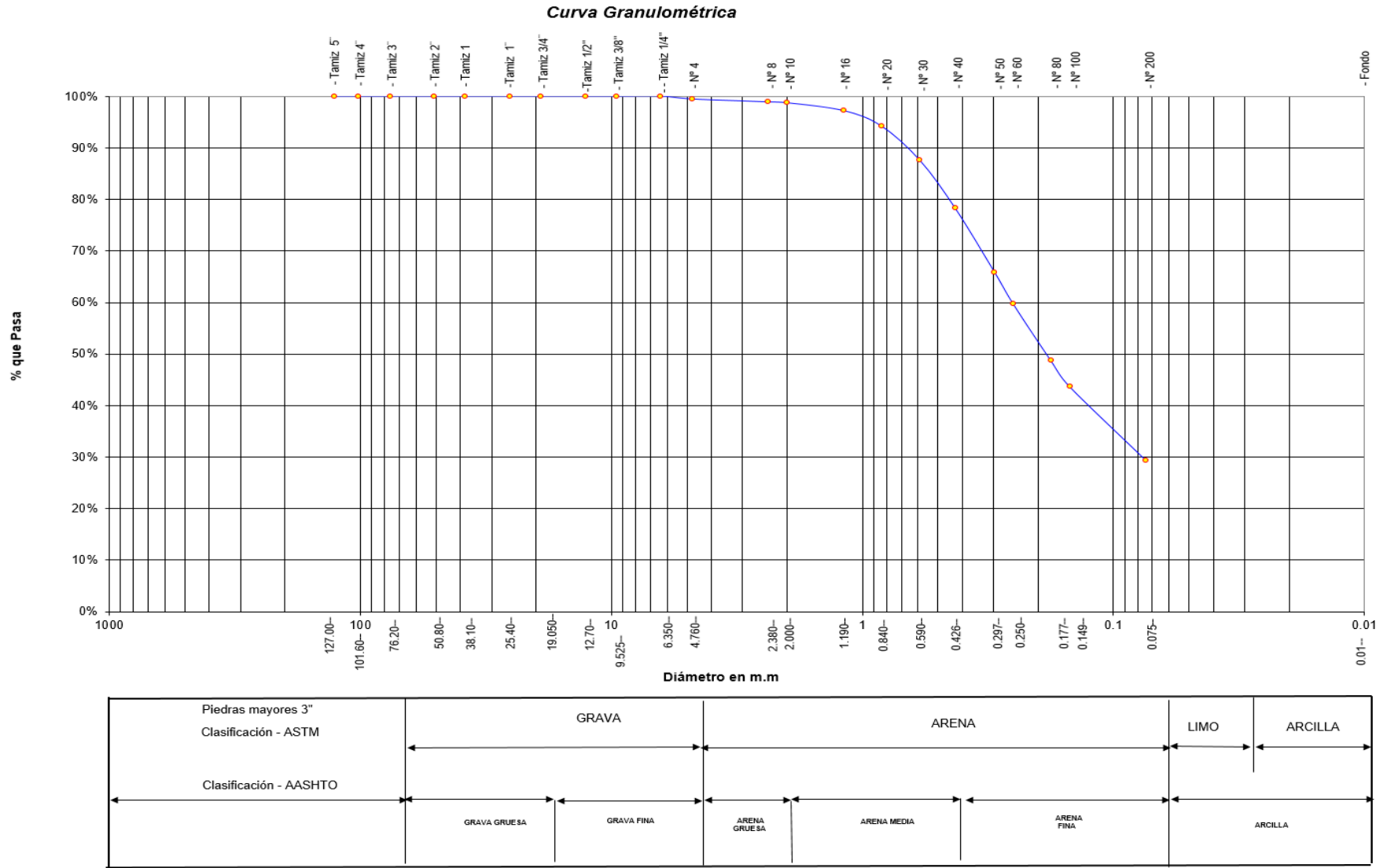


Figura 28. Curva granulométrica.

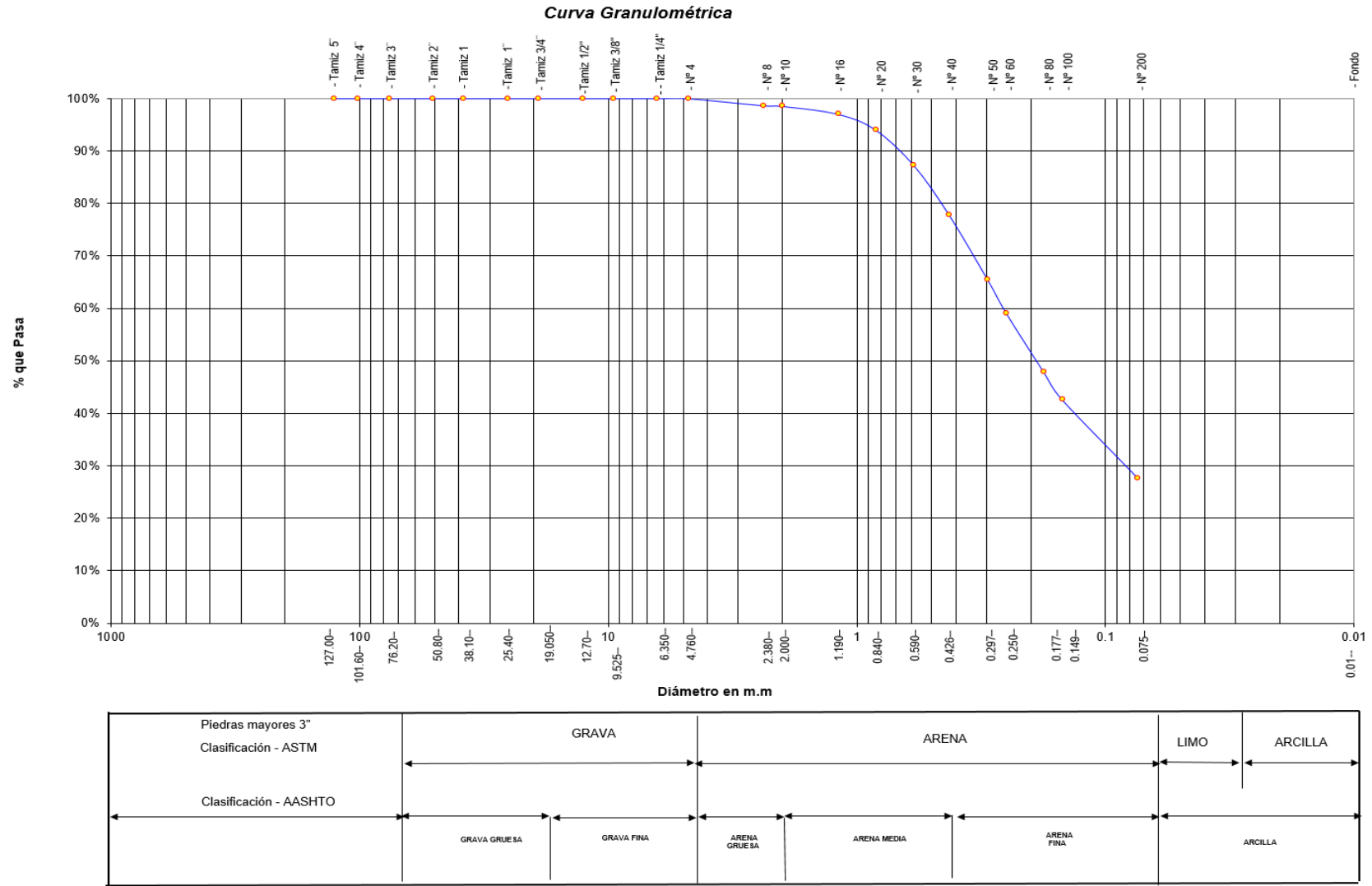
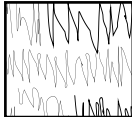
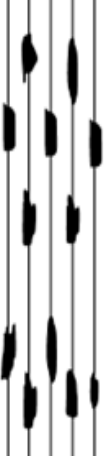


Figura 29. Curva granulométrica.

Tabla 28

Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION		
	AASHTO	SUCS	
<i>Suelo arenoso limosos con presencia de raíces</i>	A-8	SM-Pt	
<i>Suelo arenoso limoso de grano fino a medio no plástico con 29.39% de finos con matriz de arena color beige de compactidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.07% de arena.</i>	A-2-4(0)	SM	
<i>Suelo arenoso limoso de grano fino a medio no plástico con 27.70% de finos con matriz de arena color beige de compactidad suelta con resistencia al corte de regular a buena con 71.36% de arena.</i>	A-2-4(0)	SM	

Resultados la clasificación de suelos de la Calicata N° 03-Muestra III

De los ensayos de proctor modificado: Relación Densidad – Humedad método “A” MTC E - 115 (NTP 339.142 – ASTM D1557).

Datos:

Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.898
Humedad Optima%	14.40

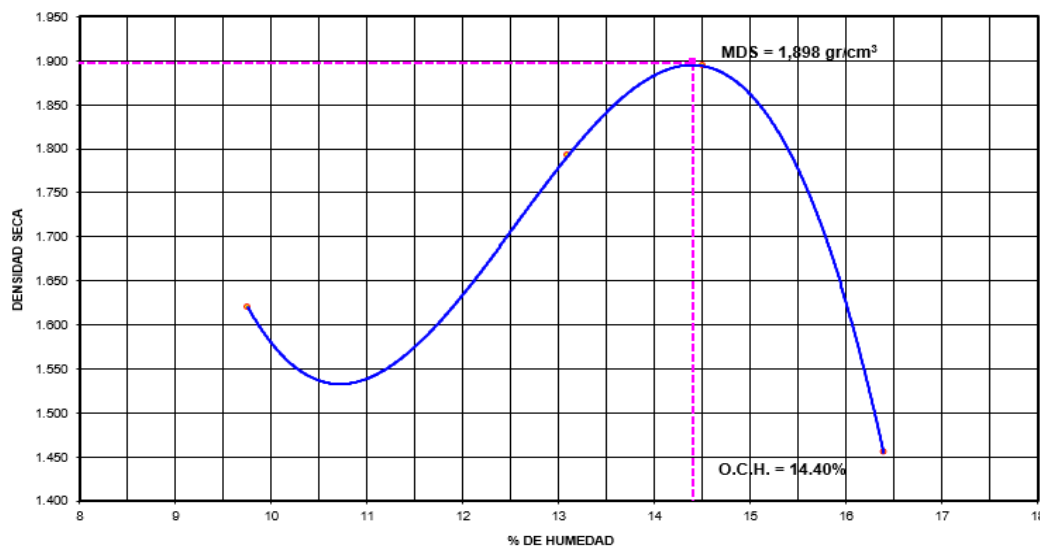


Figura 30. Relación Densidad – Humedad Método “A” MTC E - 115

De los ensayos de CBR. (NTP 339.145 - ASTM D-1883)

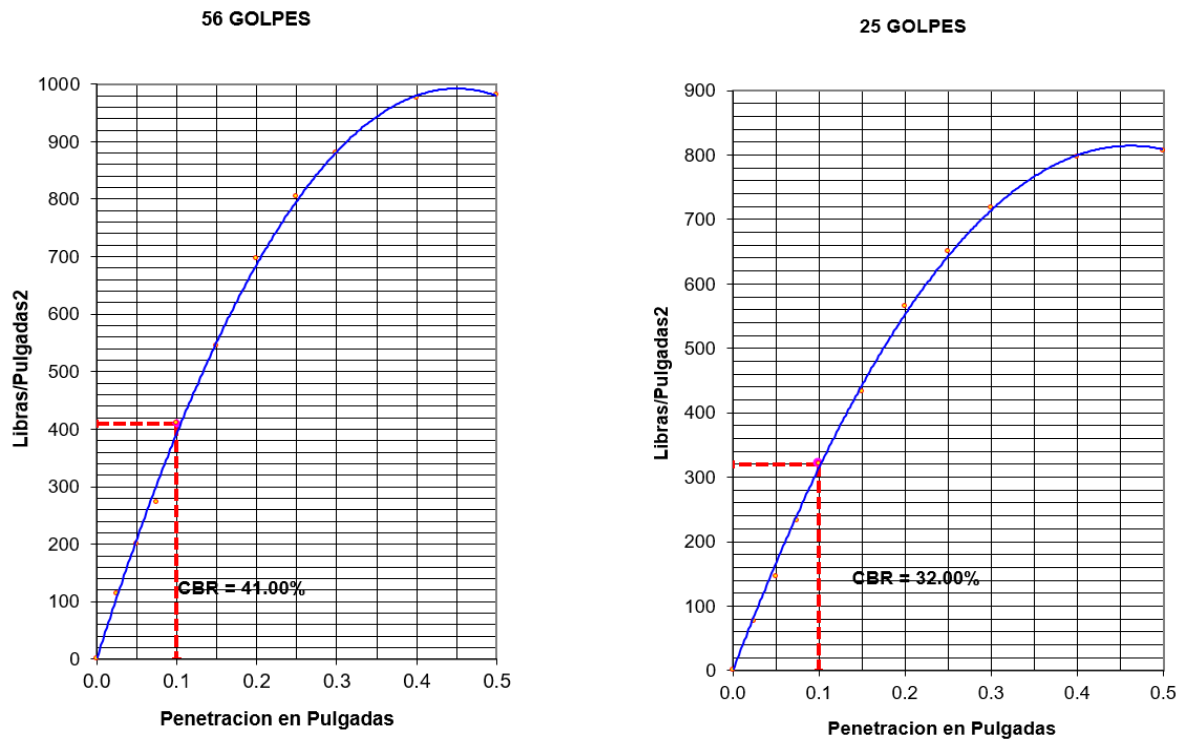


Figura 31. Curvas de CBR a 56 y 25 golpes. (NTP 339.145 - ASTM D-1883)

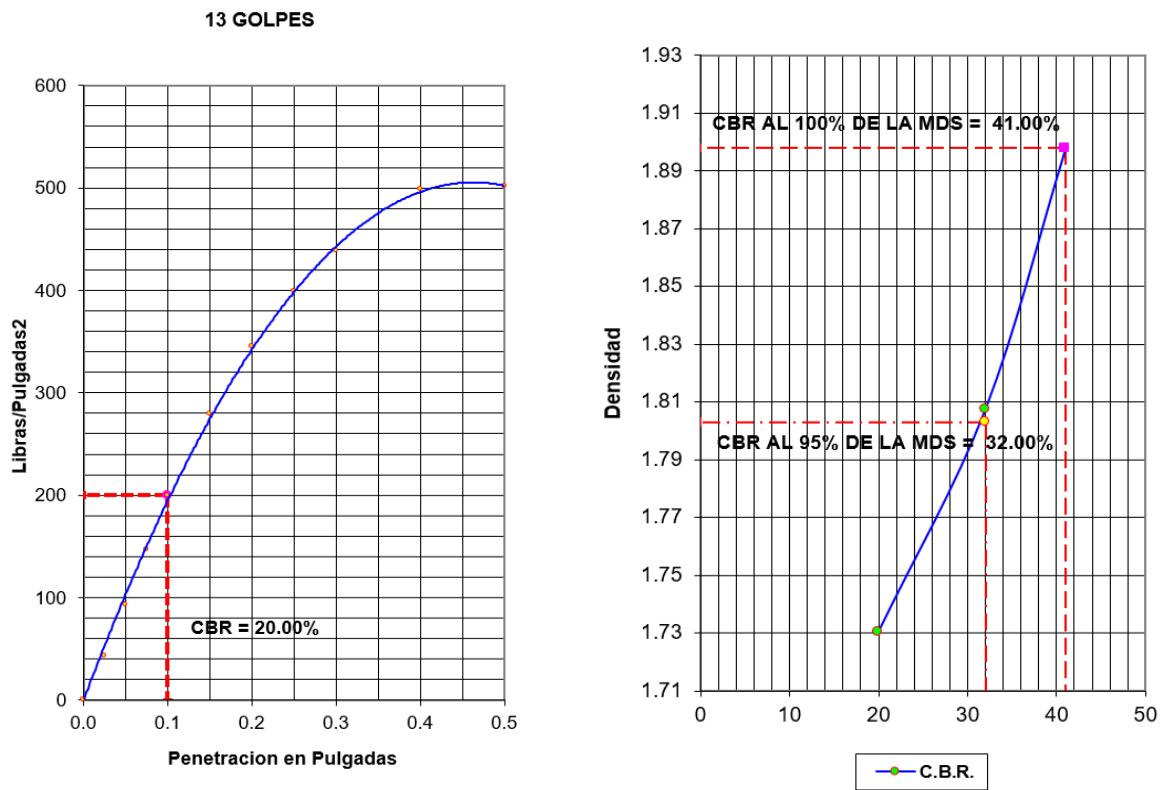


Figura 32. Curvas de CBR a 13 golpes y CBR al 100% de la MDS.

4.6. Resultados obtenido en los ensayos de concreto.

4.6.1. Asentamiento del concreto.

Tabla 29

Resultados del asentamiento del concreto.

Ensayo de asentamiento	
Diseño de mezcla con arena	Asentamiento (pulg)
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.30	3.10
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.35	2.85
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.46	2.50
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.30	4.05
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.35	3.60
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.46	3.25
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.30	4.75
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.35	4.30
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.46	4.10
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.30	3.80
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.35	3.65
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.46	3.45
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.30	4.70
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.35	4.50
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.46	4.15
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.30	4.90
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.35	4.65
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.46	4.50
DISEÑO DE MEZCLA SIN ARENA	ASENTAMIENTO (PULG)
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.30	9.30
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.35	9.45
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.46	9.50
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.30	8.30
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.35	8.85
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.46	9.10
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.30	8.20
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.35	8.45
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.46	8.90
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.30	8.95
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.35	9.10
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.46	9.30
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.30	8.50
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.35	8.80
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.46	9.05
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.30	8.50
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.35	8.60
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.46	8.75

4.6.2. Resistencia a la compresión de cilindros (NTP 339.043 – ASTM C39/C39M).

Tabla 30

Resultados de la Resistencia a la compresión de cilindros.

Ensayo de resistencia a la compresión	
Diseño de mezcla con arena	Resistencia obtenida
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.30	207.06
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.35	175.08
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.46	188.95
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.30	215.77
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.35	3.68
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.46	130.89
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.30	175.25
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.35	219.39
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.46	254.48
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.30	225.45
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.35	146.39
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.46	174.69
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.30	101.86
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.35	150.81
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.46	156.35
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.30	245.31
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.35	207.00
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.46	208.75
DISEÑO DE MEZCLA SIN ARENA	Resistencia obtenida
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.30	40.91
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.35	100.78
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.46	128.46
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.30	47.14
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.35	148.32
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.46	102.65
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.30	70.74
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.35	83.58
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.46	70.79
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.30	131.91
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.35	85.56
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.46	55.91
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.30	131.06
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.35	76.45
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.46	79.00
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.30	149.73
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.35	98.46
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.46	188.61

4.6.3. Permeabilidad (ACI 522R-10).

Tabla 31

Resultados de Permeabilidad.

DESCRIPCION	K (mm/min)	K (m/s)	Q (L/min)	Q (ml/s)
DISEÑO DE MEZCLA CON ARENA				
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.30	5.30	0.000088	5.420	90.33
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.35	6.58	0.000110	6.155	102.58
D/M=C/A=3/8 AL 10% AC=0.46	0.00	0.000000	0.000	0.00
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.30	5.31	0.000089	5.429	90.49
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.35	5.73	0.000096	5.686	94.77
D/M=C/A=3/8 AL 12% AC=0.46	6.25	0.000104	5.980	99.66
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.30	0.00	0.000000	0.000	0.00
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.35	6.84	0.000114	6.284	104.74
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.46	4.84	0.000081	5.118	85.29
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.30	0.00	0.000000	0.000	0.00
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.35	0.00	0.000000	0.000	0.00
D/M=C/A=3/4 AL 10% AC=0.46	7.96	0.000133	6.786	113.10
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.30	6.61	0.000110	6.167	102.78
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.35	7.11	0.000118	6.413	106.88
D/M=C/A=3/4 AL 12% AC=0.46	2.10	0.000035	2.725	45.41
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.30	5.38	0.000090	5.473	91.22
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.35	5.76	0.000096	5.700	95.00
D/M=C/A=3/4 AL 15% AC=0.46	7.66	0.000128	6.290	104.84
DISEÑO DE MEZCLA SIN ARENA				
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.30	6.64	0.000111	6.186	103.10
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.35	8.60	0.000143	7.035	117.25
D/M=S/A=3/8 AL 10% AC=0.46	6.96	0.000116	6.341	105.69
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.30	7.65	0.000127	6.657	110.95
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.35	13.71	0.000228	8.299	138.32
D/M=S/A=3/8 AL 12% AC=0.46	12.16	0.000203	8.023	133.72
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.30	7.21	0.000120	6.462	107.70
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.35	7.24	0.000121	6.475	107.91
D/M=S/A=3/8 AL 15% AC=0.46	11.83	0.000197	7.953	132.55
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.30	14.22	0.000237	8.377	139.62
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.35	7.34	0.000122	6.519	108.65
D/M=S/A=3/4 AL 10% AC=0.46	10.46	0.000174	7.625	127.08
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.30	7.46	0.000124	6.575	109.58
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.35	9.43	0.000157	7.320	122.01
D/M=S/A=3/4 AL 12% AC=0.46	6.68	0.000111	6.206	103.44
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.30	9.78	0.000163	7.430	123.84
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.35	7.91	0.000132	6.766	112.76
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.46	8.03	0.000134	6.817	113.62

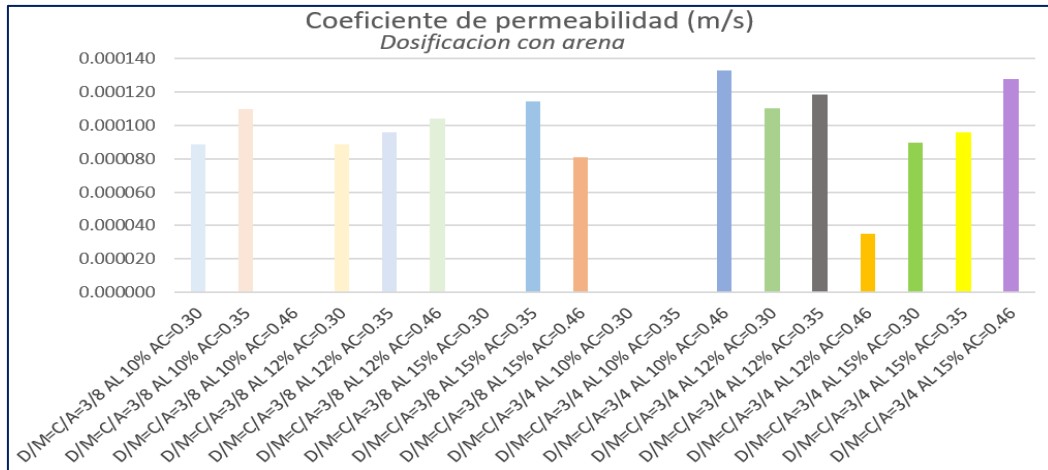


Figura 33. Coeficiente de permeabilidad – Dosificación con arena

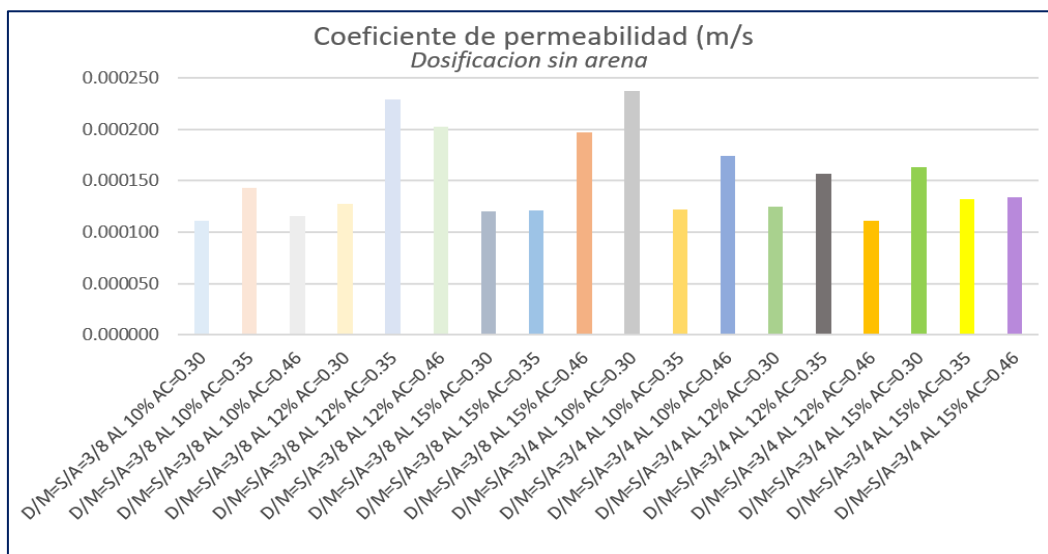


Figura 34. Coeficiente de permeabilidad – Dosificación sin arena.

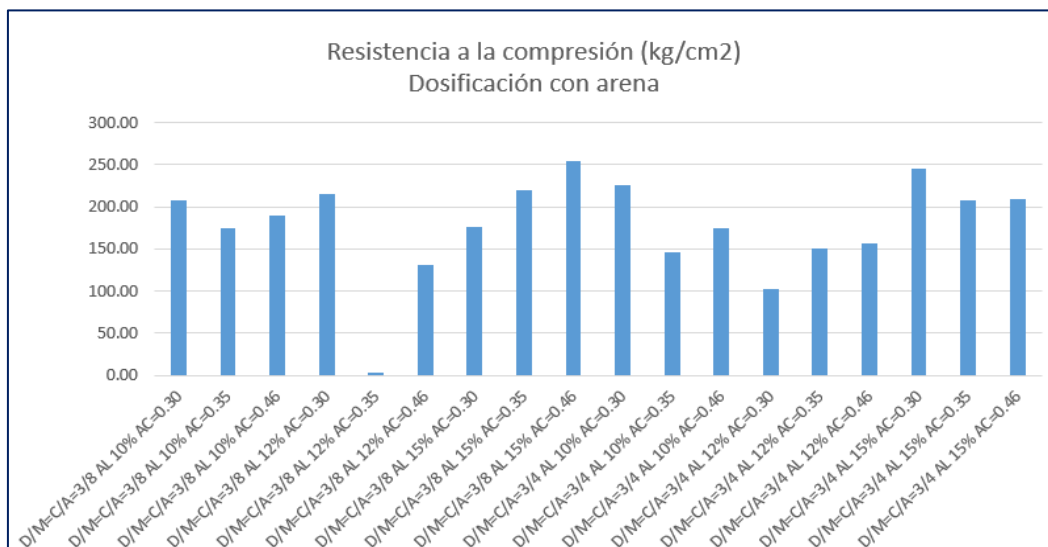


Figura 35. Resistencia a la compresión – Dosificación con arena.

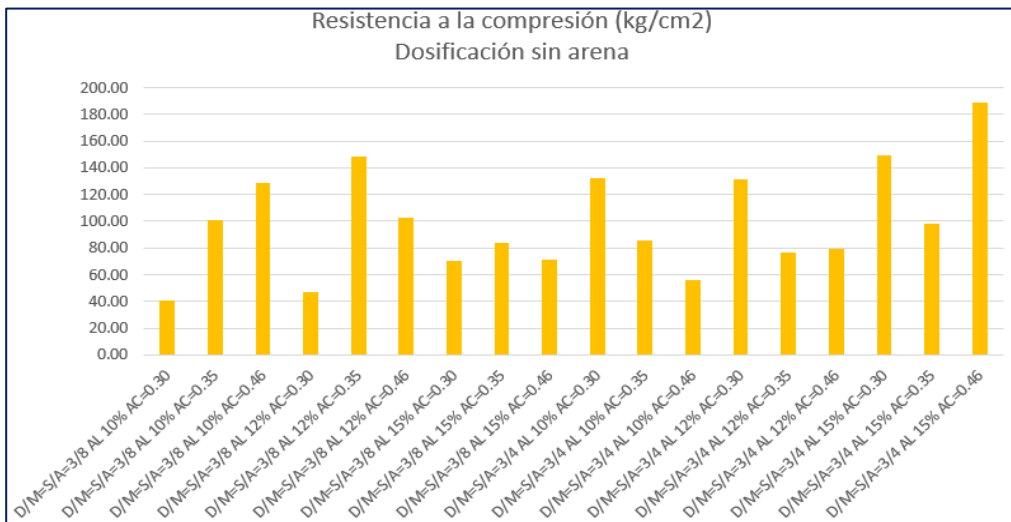


Figura 36. Resistencia a la compresión – Dosificación sin arena.

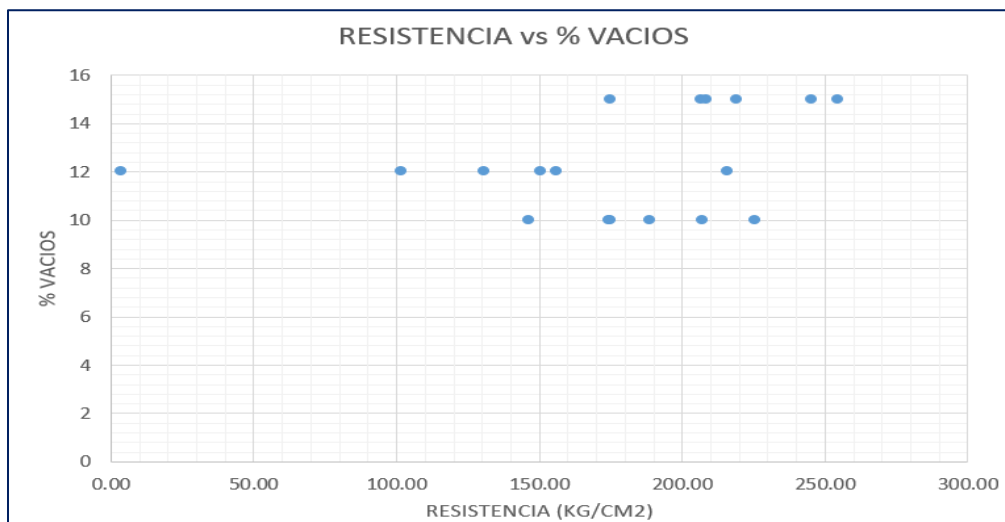


Figura 37. Resistencia vs Porcentaje de vacíos – Dosificación con arena.

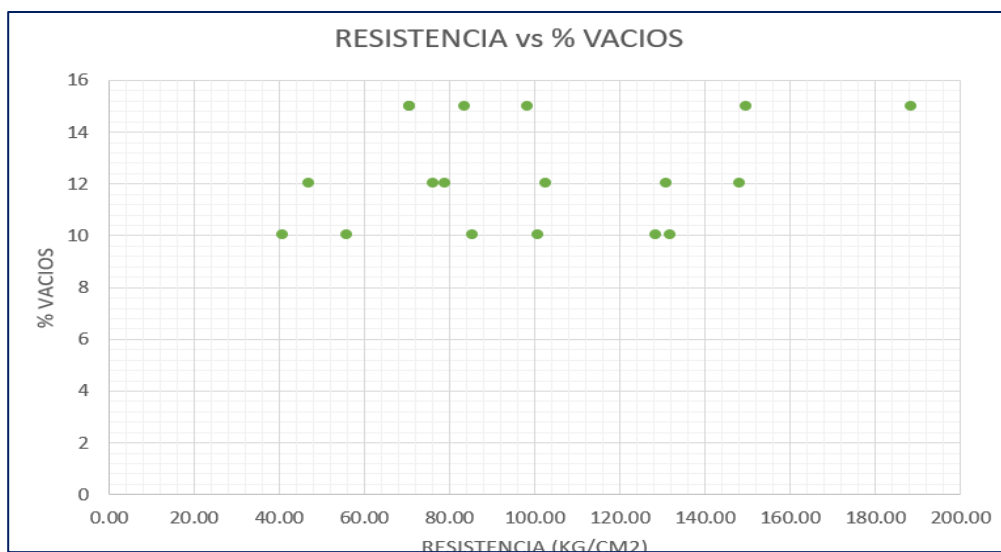


Figura 38. Resistencia vs Porcentaje de vacíos - Dosificación sin arena.

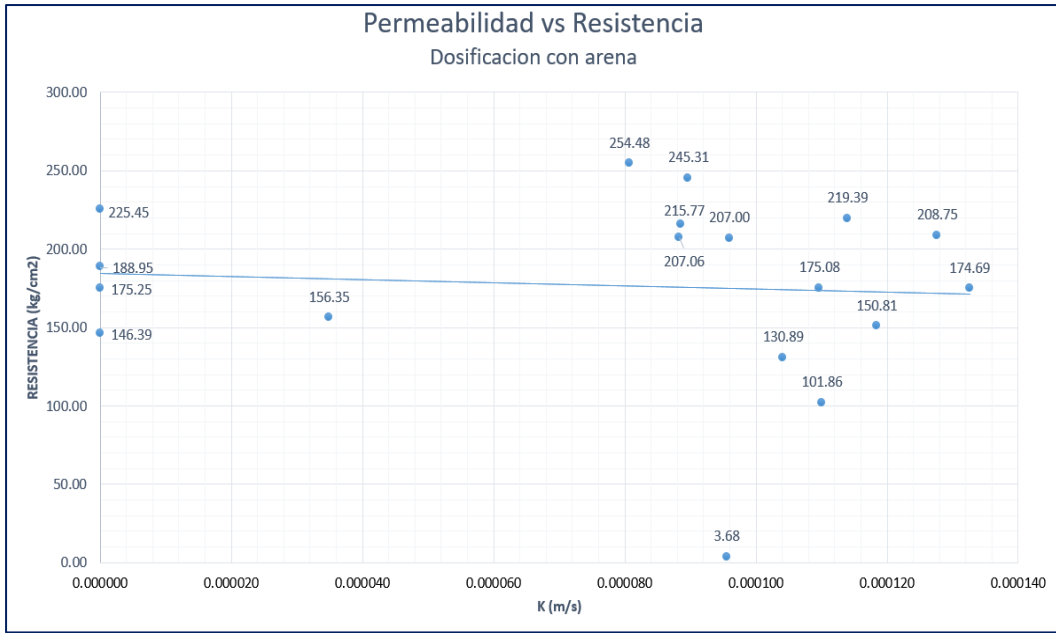


Figura 39. Permeabilidad vs Resistencia – Dosificación con arena.



Figura 40. Permeabilidad vs Resistencia – Dosificación sin arena.

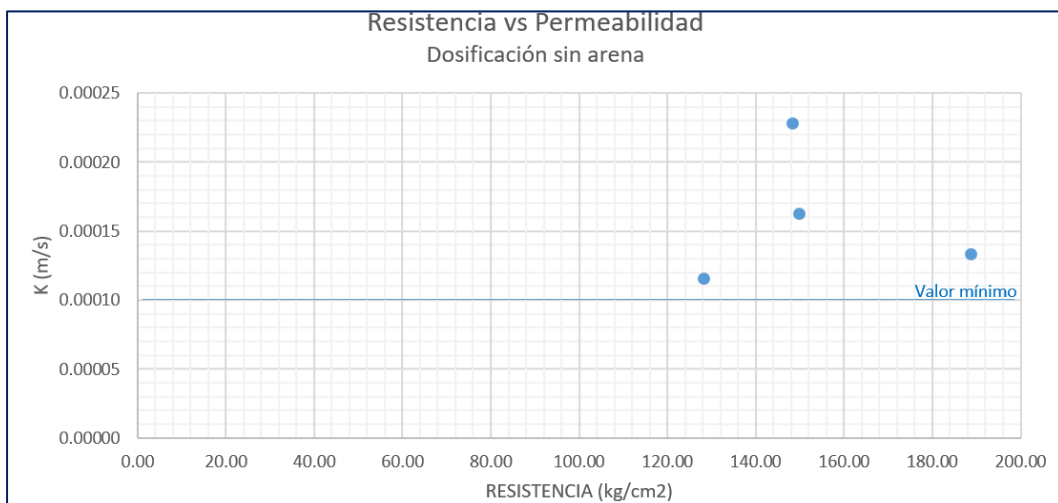


Figura 41. Permeabilidad vs Resistencia – Datos finales.

Tabla 32*Resistencias y permeabilidad de las dosificaciones óptimas.*

DOSIFICACIÓN CON ARENA		
DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA (KG/CM²)	K (M/S)
D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.35	219.39	0.00011
DOSIFICACIÓN SIN ARENA		
DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA (KG/CM²)	K (M/S)
D/M=S/A=3/4 AL 15% AC=0.46	188.61	0.00013

4.7. Realizar los estudios básicos de mecánica de suelos.

Los estudios se realizaron mediante exploración de calicatas, los cuales nos permitieron obtener las características del terreno de fundación. Los ensayos realizados a las muestras obtenidas de las cuatro calicatas, nos ayudaron para poder diseñar el pavimento, debido a que este va estar expuesto a cargas vehiculares.

4.8. Realizar los estudios básicos de topografía.

El levantamiento topográfico se realizó para conocer la pendiente del terreno, debido a que esta va facilitar la escorrentía de las aguas de lluvias.

4.9. Realizar los estudios de tráfico.

Este estudio es de mucha importancia, en vista de que los valores obtenidos nos permiten encontrar el espesor del pavimento. En nuestro caso el tránsito es liviano y no se llega a la sobrecarga mínima normada, por lo que se tomó el espesor mínimo recomendado.

4.10. Realizar los estudios al concreto.

Se realizaron estos ensayos para garantizar que el concreto cumpla con los parámetros establecidos para un concreto permeable o poroso. Por lo que fue indispensable conocer la resistencia a la compresión del concreto y la permeabilidad.

4.11. Contrastación de Hipótesis.

A través del desarrollo del proyecto, basándonos en el objetivo principal, que era lograr un concreto permeable; se tuvo que realizar diferentes diseños de concreto hasta encontrar el óptimo, el cual tenía que ser resistente y a la vez permeable.

CONCLUSIONES

Interpretación de los resultados de las encuestas.

De la encuesta realizada se puede concluir que el 69% de alumnos usa de tres a más días su movilidad para trasladarse a la FICA. El 65% de alumnos tarda entre 0 a 2 minutos para estacionarse. El 52% le resulta difícil encontrar un lugar para estacionarse. El 64% se estaciona en el estacionamiento de la FICA. El 23% de alumnos creen que 5 docentes llegan movilidad propia. El 32% creen que 2 alumnos llegan en auto o camioneta. El 58% de alumnos busca sobra para estacionar su movilidad. El 81% encuentra el estacionamiento ocupado en la mañana. El 33% cree que es necesario mejorar el estacionamiento para evitar el desorden del estacionamiento. El 29% cree que el impacto positivo de mejorar el estacionamiento brindaría comodidades al estudiante para circular.

Interpretación de los resultados del estudio de tráfico y diseño de pavimento.

El ESAL (Equivalent single axle load) obtenido del estudio de tráfico es de 44550.45606; con dicho valor al realizar el diseño de pavimento, en este caso un pavimento rígido, se obtuvo 100 mm de espesor, por lo tanto se tomó el mínimo espesor recomendado por el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

Interpretación de los resultados de topografía.

Del estudio topográfico se puede concluir que las curvas de nivel en las que se encuentra el estacionamiento están comprendidas entre los 298 y 301 msnm.

Resultados de los estudios de suelos.

Se realizaron tres calicatas de las cuales se obtuvieron: Límite líquido 26.50%, Límite plástico 16.64%, índice de plasticidad 9.86% e índice de consistencia 1.06.

En la calicata N° 01, se realizaron ensayos a dos muestras. En la muestra II es el suelo es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de consistencia dura con finos de 57.19%, con LL = 26.50%, color marrón con resistencia al corte de regular a mala en condiciones saturadas con un porcentaje de arena del 42.81% del total de la muestra. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 16.10%.

En la muestra III de la calicata N° 01 es suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 21.64% de finos con matriz de arena color beige de compacidad suelta con

resistencia al corte de regular a buena con 78.36% de arena. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 13.62%.

En la calicata N° 02, se realizaron ensayos a dos muestras. En la muestra II es suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 34.17% de finos con matriz de arena color beige de compactación suelta con resistencia al corte de regular a buena con 82.89% de arena. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 8.68%.

En la muestra III de la calicata N° 02 es suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 29.75% de finos con matriz de arena color beige de compactación suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.25% de arena. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 5.56%.

En la calicata N° 03, se realizaron ensayos a dos muestras. En la muestra II es suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 29.39% de finos con matriz de arena color beige de compactación suelta con resistencia al corte de regular a buena con 70.07% de arena. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 5.34%.

En la muestra III de la calicata N° 03 es suelo arenoso limoso de grano fino a medio, no plástico con 27.70% de finos con matriz de arena color beige de compactación suelta con resistencia al corte de regular a buena con 71.36% de arena. El cual tienen un promedio de porcentaje de humedad de 4.20%.

Resultados de los ensayos a compresión.

Los resultados de los ensayos a compresión nos permiten conocer la resistencia del concreto, este parámetro nos ayudarán en un futuro a garantizar el buen funcionamiento del pavimento permeable del estacionamiento. Dentro de los parámetros obtenidos tenemos:

Resistencia máxima: 245.31 kg/cm² el cual fue obtenido por la muestra de concreto con dosificación con arena, agregado de ¾”, relación agua cemento 0.30 y porcentaje de vacíos 15%.

Resistencia mínima: 40.91 kg/cm², obtenida de una muestra de concreto con dosificación sin arena, agregado de 3/8”, relación agua cemento 0.30 y porcentaje de vacíos del 10%.

Resistencia óptima para una dosificación con arena: 219.39 kg/cm², el cual está compuesto por agregado de 3/8", una relación agua cemento de 0.35 y un porcentaje de vacíos del 15%.

Resistencia óptima para una dosificación sin arena: 188.61 kg/cm², dicha resistencia fue obtenido de la mezcla de concreto de agregado de 3/4", con una relación agua cemento de 0.46 y porcentaje de vacíos de 15%.

Resultados de los ensayos de permeabilidad.

Este parámetro es el más importante dentro de la investigación, por lo que se tuvo un especial cuidado al momento de realizar los ensayos, de los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

Coefficiente de permeabilidad máximo: 0.000237 m/s, el cual se obtuvo de la muestra de concreto con una dosificación sin arena, agregado de 3/4", una relación agua cemento de 0.30 y un porcentaje de vacíos de 10%.

Coefficiente de permeabilidad mínimo: 0.000035 m/s, el cual se obtuvo de la muestra de concreto con una dosificación con arena, agregado de 3/4", una relación agua cemento de 0.46 y un porcentaje de vacíos de 12%.

Coefficiente de permeabilidad óptimo para una dosificación con arena: 0.00011 m/s, este coeficiente se obtuvo de la dosificación de concreto con arena, con agregado de 3/8", relación agua cemento 0.35 y un porcentaje de vacíos de 15%.

Coefficiente de permeabilidad óptimo para una dosificación sin arena: 0.00013 m/s, este coeficiente se obtuvo de la dosificación de concreto sin arena, con agregado de 3/4", relación agua cemento 0.46 y un porcentaje de vacíos de 15%.

RECOMENDACIONES

Para realizar el ensayo de permeabilidad con eficiencia se debe envolver las probetas, esto evita que el agua pase por los costados, mejor dicho que no existan espacio para que el agua atravesase entre el espécimen y la pared del permeámetro.

Se recomienda realizar probetas con un porcentaje de vacío mayor o igual al 15%, esto garantiza que los especímenes tengan mayor coeficiente de permeabilidad.

Se recomienda realizar como mínimo 4 probetas por cada dosificación, esto para asegurar los ensayos, debido a que una muestra puede salir mal.

Se recomienda tener bastante cuidado al chuseado de que se realiza a las probetas, para garantizar el porcentaje de vacíos. Además, se debe cuidar el porcentaje de aditivo que se le agrega a la muestra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto Castillo Flavio. *Tecnología del Concreto. Primera Edición*. Perú: Editorial San Marcos; 2013.

Céspedes Abanto José. *Los pavimentos en las vías terrestres: Calles, Carreteras y Aeropistas. Primera Edición*. Cajamarca: Editorial Universitaria de la UNC; 2002.

Comisión Federal de Electricidad. *Manual de Tecnología del Concreto. Primera Preedición*. México: Editorial Limusa; 1994.

Instituto americano de concreto 522R-06, 2006 y 522-10.

Juárez Badillo-Rico Rodríguez. *Mecánica de Suelos. Tercera Edición*. México: Editorial Limusa; 2011

Ministerio de Transporte y Construcciones. *Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”*. Sección Suelos y Pavimentos.

ANEXOS

ANEXOS A:
Panel Fotográfico

ANEXOS B:
Resultados de encuesta.

ANEXOS C:

Resultados del Estudio de tráfico.

ANEXOS D:

Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.

ANEXOS E:

Caracterización de los agregados.

ANEXOS F:

Calculo de las dosificaciones del concreto.

ANEXOS G:

Resultados del Estudio de concreto.

ANEXOS H:

Constancia de ejecución de ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

UNSM-FICA.

ANEXOS I:

Planos.