



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**GRAVA COMO MATERIAL PERMEABLE PARA EL
ADECUADO SUBDRENAJE Y EVITAR EL DETERIORO
DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE
TOMACA, DISTRITO DE HUANCARQUI, PROVINCIA DE
CASTILLA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

PRESENTADA POR

SOLANGE TAMARA TORRES O'DIANA

ASESORES

**JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AREQUIPA – PERÚ
2023



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**GRAVA COMO MATERIAL PERMEABLE PARA EL ADECUADO
SUBDRENAJE Y EVITAR EL DETERIORO DE LA TROCHA
CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA, DISTRITO DE
HUANCARQUI, PROVINCIA DE CASTILLA, DEPARTAMENTO
DE AREQUIPA**

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

**PRESENTADA POR
TORRES O'DIANA, SOLANGE TAMARA**

ASESORES

Mtro. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

Mtro. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

AREQUIPA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi padre, por el esfuerzo que realizó para poder cumplir mis metas y guiarme en este proceso.

A mi madre, por estar siempre a mi lado cuando más la necesito y que me brinda todo su apoyo.

A mi querida abuelita, por el amor, comprensión y apoyo incondicional que me ofrece.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por guiarme en este camino y darme la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres, por darme la oportunidad de seguir con mis proyectos.

A mi abuela, por siempre alentarme en seguir adelante.

Al Ing. Cáceres, por su ayuda y paciencia en este recorrido.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la situación problemática	1
1.2 Argumentación del problema	4
1.3 Formulación del Problema	5
1.4 Objetivos	5
1.5 Justificación	6
1.6 Impacto de la investigación	7
1.7 Alcance y limitaciones	8
1.8 Viabilidad	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	10
2.2 Bases teóricas	17
2.3 Definición de términos básicos	49
2.4 Formulación de la hipótesis	50
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Diseño Metodológico	52
3.2 Población y muestra	54
3.3 Definición de variables	58
3.4 Operacionalización de variables	58
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.6 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	60
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	
4.1 Esquema de desarrollo	61
4.2 Formulación del proyecto	62
4.3 Métodos y técnicas aplicadas al proyecto	65
CAPÍTULO V. RESULTADOS	
5.1 Abrasión	90
5.2 Porcentaje de vacíos	90
5.3 Partículas chatas y alargadas	93
5.4 Estabilidad	94
5.5 Sección típica ideal de la base de la trocha carrozable	98

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1 Contrastación de hipótesis	99
6.2 Contrastación de Antecedentes	104
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	108
FUENTES DE INFORMACION	109
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Materiales de cantera	25
Tabla 2. Abertura de tamices en mm	32
Tabla 3. Tabla A.1	36
Tabla 4. Tablas de estimado de precisión	38
Tabla 5. Tabla	44
Tabla 6. Tabla con pesos de muestras	48
Tabla 7. Muestra de la investigación	57
Tabla 8. Variables	58
Tabla 9. Recolección de datos en campo	59
Tabla 10. Recolección de datos en laboratorio	60
Tabla 11. Recolección de datos en laboratorio	60
Tabla 12. Cantidades de material	66
Tabla 13. Datos del ensayo de abrasión	70
Tabla 14. Datos de ensayo de porcentaje de vacíos	75
Tabla 15. Cantidad de grava y ligante para mezcla	77
Tabla 16. Peso de muestra en diferente estado	78
Tabla 17. Cálculo de la gravedad de la mezcla	78
Tabla 18. Cálculo del porcentaje de vacíos	79
Tabla 19. Porcentajes admisibles	80
Tabla 20. Peso mínimo del agregado	82
Tabla 21. Cantidad de agregado según porcentaje de ligante	88
Tabla 22. Peso de la mezcla de grava más ligante	89
Tabla 23. Lectura de datos de maquina Marshall	89
Tabla 24. Resultados del ensayo de abrasión	90
Tabla 25. Resultados del ensayo de porcentaje de vacíos	91
Tabla 26. Porcentaje de vacíos según % de ligante	92
Tabla 27. Porcentaje de vacíos óptimo	93
Tabla 28. Resultados del ensayo de partículas chatas y alargadas	93
Tabla 29. Resultados del ensayo de Marshall	95
Tabla 30. Resultados óptimos para la muestra de grava con ligante	97
Tabla 31. Contrastación de hipótesis general	99
Tabla 32. Contrastación de hipótesis específica 1	100
Tabla 33. Contrastación de hipótesis específica 2	101

Tabla 34. Contrastación de hipótesis específica 3	102
Tabla 35. Contrastación de hipótesis específica 4	103
Tabla 36. Contrastación antecedente nacional	105
Tabla 37. Contrastación antecedente internacional	106

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Presupuesto de la Municipalidad distrital de Huancarqui	1
Figura 2. Presupuesto de la Municipalidad provincial de Castilla	2
Figura 3. Trocha carrozable	2
Figura 4. Deterioro de la trocha carrozable	3
Figura 5. Inundación de la trocha carrozable	3
Figura 6. Diagrama de causa y efecto	4
Figura 7. Trocha carrozable del sector de Tomaca	18
Figura 8. Inundación trocha carrozable del sector de Tomaca	20
Figura 9. Deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca	22
Figura 10. Cantera de Aplao	25
Figura 11. Grava	27
Figura 12. Ligante MC30	29
Figura 13. Subdrenaje en vías	31
Figura 14. Cuchara de Casagrande	35
Figura 15. Muestra de suelo	36
Figura 16. Ensayo CBR	41
Figura 17. Enfoques de la investigación	52
Figura 18. Tipos de investigación	53
Figura 19. Niveles de la investigación	53
Figura 20. Voladura controlada	55
Figura 21. Desquinche de roca fracturada	55
Figura 22. Trituradora de roca	56
Figura 23. Tamizado de grava	56
Figura 24. Extracción de grava de 3/4" de cantera	57
Figura 25. Plano de ubicación y localización	62
Figura 26. Grava de 3/4"	64
Figura 27. Esferas metálicas	66
Figura 28. Pesado de muestra	67
Figura 29. Introducción de esferas metálicas y muestra	67
Figura 30. Máquina de Los ángeles	68

Figura 31. Retiro de muestra	68
Figura 32. Tamizaje de la muestra	69
Figura 33. Pesado del material	70
Figura 34. Calibración del recipiente	72
Figura 35. Secado en horno	73
Figura 36. Llenado de la primera capa	73
Figura 37. Varillado de la primera capa	74
Figura 38. Llenado de segunda capa	74
Figura 39. Pesado del molde más la grava	75
Figura 40. Cuarteo de la grava	80
Figura 41. Muestra de grava	81
Figura 42. Clasificación de partículas	81
Figura 43. Peso de partículas	82
Figura 44. Secado de muestra	85
Figura 45. Pesado del ligante	85
Figura 46. Mezcla homogénea	86
Figura 47. Llenado de moldes Marshall	86
Figura 48. Extracción de la muestra	87
Figura 49. Muestras de grava con ligante	87
Figura 50. Muestra en la máquina de Marshall automática	88
Figura 51. Grafica de porcentaje de vacíos	92
Figura 52. Porcentaje de partículas chatas y alargadas	94
Figura 53. Gráfico de peso unitario	95
Figura 54. Gráfico de estabilidad	96
Figura 55. Gráfica de índice de rigidez	96
Figura 56. Gráfica de flujo	97

RESUMEN

El deterioro de la trocha carrozable, en el sector de Tomaca se origina por la inundación, producto del incremento del caudal del río Majes y desborde de regadíos de cultivo. Las trochas se construyen con la mezcla de agregados finos y gruesos compactados, que impiden la filtración del agua. En esta investigación, se determina la influencia de la grava como material permeable en la base. Se adiciona tubería cribada, la misma que conducirá y evacuará el agua, a fin de lograr un adecuado subdrenaje, que mejora la vida útil y evita el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca, distrito de Huancarqui provincia de Castilla, departamento de Arequipa. Esta investigación es experimental, cuantitativa y cuenta con dos poblaciones, conformadas por la grava y la mezcla de grava con asfalto líquido Mc30, usado como adhesivo, cuya muestra es de 10.095 kg de grava para la primera población y 15 muestras con diferentes porcentajes de ligante para la segunda población. Para hallar el diseño óptimo y obtener un adecuado subdrenaje, se siguieron los parámetros establecidos por el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC. Se realizaron los ensayos de abrasión, porcentaje de vacíos, partículas chatas y alargadas cuya guía, son las NTP y el ensayo Marshall que serán aplicados a la mezcla de grava con el asfalto líquido MC30, para ello se utiliza, la ASTM D – 1559. Se determinó un contenido de asfalto óptimo de 6.40%, un valor de estabilidad de 3020.00 kg y un porcentaje de vacíos de 19.05%. Al aplicar grava en la base de la trocha, se filtra el agua superficial, con la tubería cribada, que conduce el agua hacia el río, a fin de evitar el deterioro de la trocha.

Palabras clave: grava como material permeable, subdrenaje, asfalto líquido Mc30, base, ensayos.

ABSTRACT

The deterioration of the dirt road in the Tomaca sector is due to flooding caused by the increased flow of the Majes River and the overflowing of irrigated crops. The trails are built with a mixture of compacted fine and coarse aggregates, which prevent water seepage. In this research, the influence of gravel as a permeable material in the base is determined. Screened pipe is added, which will conduct and evacuate the water, in order to achieve an adequate underdrainage, which improves the useful life and avoids the deterioration of the dirt road in the sector of Tomaca, district of Huancarqui, province of Castilla, department of Arequipa. This research is experimental, quantitative and has two populations, made up of gravel and the mixture of gravel with Mc30 liquid asphalt, used as an adhesive, with a sample of 10,095 kg of gravel for the first population and 15 samples with different percentages of binder for the second population. To find the optimum design and obtain an adequate underdrainage, the parameters established by the Manual of Hydrology, Hydraulics and Drainage of the MTC were followed. Tests of abrasion, percentage of voids, flat and elongated particles were carried out, guided by the NTP and the Marshall test, which will be applied to the gravel mixture with the liquid asphalt MC30, using ASTM D-1559. An optimum asphalt content of 6.40%, a stability value of 3020.00 kg and a void ratio of 19.05% were determined. By applying gravel at the base of the roadbed, the surface water is filtered with the screened pipe, which conducts the water to the river, in order to avoid deterioration of the roadbed.

Key words: gravel as permeable material, adequate subdrainage, Mc30 liquid asphalt, base, tests

NOMBRE DEL TRABAJO

Torres O´Diana Solange Tamara TESIS - 2023.pdf

AUTOR

SOLANGE TAMARA TORRES ODIANA <

RECUENTO DE PALABRAS

24560 Words

RECUENTO DE CARACTERES

121212 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

157 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.4MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 9, 2023 10:41 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 9, 2023 10:43 AM GMT-5

● **19% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

Biblioteca FIA

Juana Chunga Rodríguez
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Arequipa, provincia de Castilla, a media hora de la ciudad de Camaná, se encuentra el sector de Tomaca, que pertenece al distrito de Huancarqui. Este sector es netamente agrícola y cuenta con un único acceso de aproximadamente, 3.6km. A lo largo de esta trocha se hallan viviendas y terrenos de cultivo.

El problema del deterioro de esta trocha carrozable se origina por el desborde del agua, producto de los regadíos paralelos a la trocha y el incremento de caudal del río Majes, especialmente en los meses de lluvia. Estos desbordes generan empozamientos de agua en la carpeta de rodadura que erosionan los suelos y crean baches.

El impacto descrito perjudica a los usuarios y pobladores del sector y, además, impiden el flujo vehicular y generan accidentes, estancamiento de vehículos por la creación de lodos y baches, que demandan un costo constante en la reparación y mantenimiento de esta vía.

Con la finalidad de determinar un adecuado subdrenaje para la base de la trocha carrozable del sector de Tomaca en la presente investigación, se determina el valor de estabilidad para que la muestra de grava con el asfalto mc30 soporte el tránsito de los vehículos en este tipo de vías. Este valor se obtiene mediante el ensayo de laboratorio basándonos en la ASTM D -1559.

Para el ensayo del porcentaje de vacíos, se determina el volumen de los espacios que hay entre las partículas de grava que van a permitir la filtración de agua entre sus capas, este ensayo se obtuvo mediante el ensayo de laboratorio basándonos en la NTP 400.017.

La resistencia a la abrasión determina la resistencia de las partículas de grava las cuales son sometidas a una carga abrasiva y pueda soportar el

desgaste para que se empleen en la base de la trocha carrozable, para la elaboración de este ensayo nos basamos en la NTP 400.019.

En el ensayo de partículas chatas y alargadas se calcula la cantidad de estas partículas que son susceptibles a quebrarse por su forma al aplicarles presión y no deben emplearse en la construcción de vías. Este ensayo se realizó basándonos en la NTP 400.040.

Esta investigación es importante porque pretende utilizar un sistema de subdrenaje aplicando grava como material permeable, que drenan las aguas que se encuentran en la superficie hacia capas inferiores y así evitan el desgaste de la trocha carrozable, brindan comodidad, seguridad a los usuarios y pobladores minimizando los tiempos de desplazamiento, generando un intercambio comercial, fomentando el crecimiento económico y social de esta zona.

La presente tesis comprende seis capítulos. El primero abarca el problema, objetivos, justificación, impacto de la investigación, alcances, limitaciones y la viabilidad. En el segundo, se desarrollan los antecedentes bibliográficos, bases teóricas, definición de términos básicos y la formulación de la hipótesis general y específica. En el tercero, se expone el diseño metodológico, población y muestra, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de datos. En el cuarto, se presenta la matriz de consistencia realizada y la matriz de operacionalización de variables. En el quinto, se analizan los resultados de la investigación y, en el sexto capítulo, se desarrolla la discusión de resultados con la contrastación de hipótesis y la comparación con otras investigaciones

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

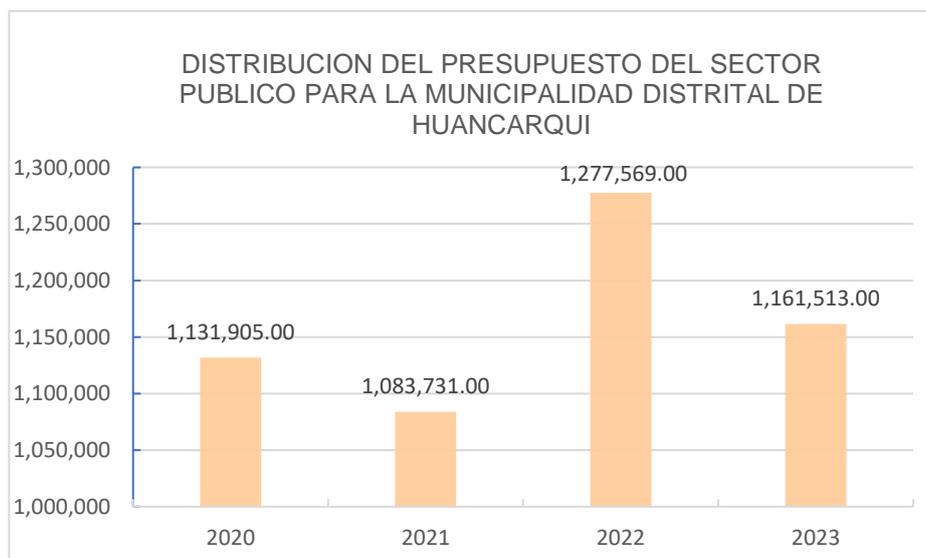
1.1 Descripción de la situación problemática

El transporte es uno de los medios más importantes para el progreso social esto debido a que la comunicación aumenta de gran manera las oportunidades para mejorar la economía en el país, en la actualidad en el Perú si bien se ha venido desarrollando la infraestructura vial aún sigue existiendo bastantes lugares rurales sin acceso o en muy malas condiciones que perjudican las actividades comerciales y esto no ayuda para el desarrollo del país.

El sector de Tomaca se encuentra ubicado en el distrito de Huancarqui, provincia de Castilla, departamento de Arequipa. Este sector es netamente agrícola y cuenta con un único acceso de 3.6 km, que conecta a Tomaca con otras localidades, por el cual se produce el intercambio comercial y la salida de productos cultivados en este sector.

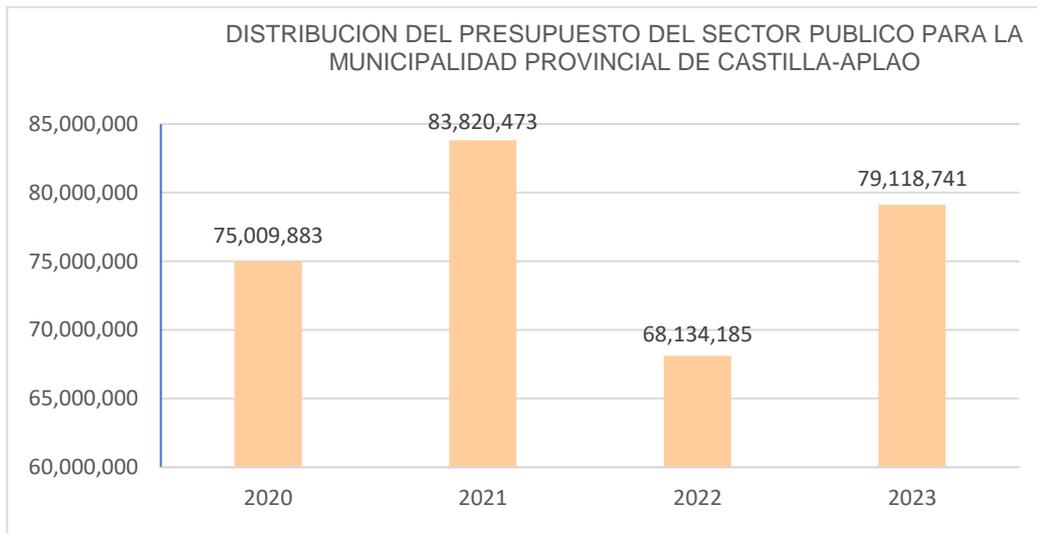
El distrito de Huancarqui cuenta con un bajo presupuesto que limita la construcción, mantenimiento y reparación de vías de comunicación, por lo cual la entidad que interviene eventualmente en la infraestructura vial de este distrito es la municipalidad provincial de Castilla-Aplao que cuenta con un presupuesto mayor.

Figura 1. *Presupuesto de la Municipalidad distrital de Huancarqui*



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, 2023

Figura 2. Presupuesto de la municipalidad provincial de Castilla



Fuente: Ministerio de economía y finanzas,2023

La problemática generada por el incremento del caudal del río majes en los meses de lluvia y el desborde a causa de los regadíos de áreas de cultivo, existentes en los laterales, conllevan a la inundación de la trocha.

Figura 3. Trocha carrozable



Elaboración: La autora,2023

La base de la trocha está conformada por material granular compactado que compone una capa impermeable impidiendo filtrar el agua superficial produciendo accidentes como estancamiento de vehículos en el lodo generando incomodidad e inseguridad en el traslado.

Figura 4. *Deterioro de la trocha carrozable*



Elaboración: La autora, 2023

Asimismo, se produce la degradación de la capa de rodadura produciendo erosiones, hundimientos y baches provocando que los pobladores de la zona no puedan trasladar sus productos agrícolas por la vía y se retrasen en el tiempo de sus viajes.

Figura 5. *Inundación de la trocha carrozable*



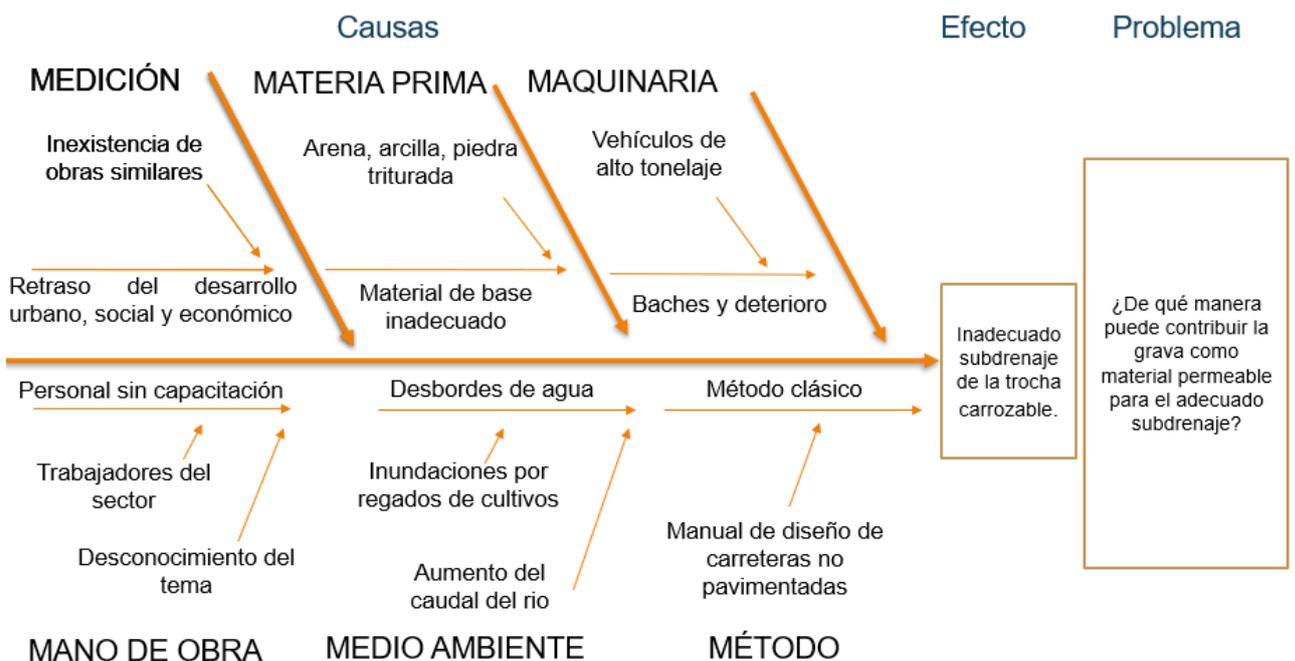
Elaboración: La autora, 2023

1.2 Argumentación del problema

El mal estado de la trocha carrozable del sector de Tomaca trae como consecuencias accidentes de tránsito producidos por los baches y enlodamientos los cuales perjudican a los usuarios y sus unidades volviendo la vía poco segura e incómoda para el traslado de las unidades vehiculares.

Se realizó una encuesta externa a 10 expertos consultándoles acerca de la importancia, finalidad, aspectos y beneficios de esta investigación, con los resultados obtenidos se realizó el diagrama causa y efecto que se muestra a continuación:

Figura 6. Diagrama de causa y efecto



Elaboración: La autora, 2023

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general:

¿De qué manera influye la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui Provincia de Castilla de la Región Arequipa?

1.3.2 Problemas específicos:

¿Cómo determinar el valor de estabilidad de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?

¿Cómo determinar el porcentaje de vacíos de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?

¿Cómo determinar la abrasión de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?

¿Cómo determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Determinar la influencia de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.

1.4.2 Objetivos específicos:

Determinar el valor de estabilidad de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Determinar el porcentaje de vacíos de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Determinar la abrasión de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

1.5 Justificación

1.5.1 Importancia de la Investigación

Es evidente lo importante del desarrollo de las infraestructuras de transporte para el incremento de la economía en el país, además de ser primordial para la comunicación de las poblaciones rurales también lo es para la mejora de la calidad de vida de estas zonas que se encuentran aisladas por carencias de vías de acceso.

Al estudiar la grava aportaremos conocimientos sobre sus características las cuales van a servir para saber si este material soporta el paso de los vehículos, el desgaste que es producido por los líquidos filtrantes y su espaciado adecuado con el fin de filtrar el agua hacia las capas inferiores evitando empozamientos y posteriormente el deterioro de la trocha carrozable.

Al desarrollar esta investigación, se aplicaron normativas extranjeras y se incentivó la actualización de las normas peruanas, que aportará conocimientos sobre la normativa para el uso de la grava en la base.

Beneficiará a los usuarios brindándoles comodidad y seguridad minimizando los tiempos de desplazamiento, al aplicar este sistema de subdrenaje en este tipo de carreteras no pavimentadas se va a beneficiar la municipalidad que no cuenta con un presupuesto elevado y a su vez los pobladores incrementando el valor de sus predios y de sus zonas de cultivo generando la implementación de servicios básicos brindándoles una mejor calidad de vida y facilitando el intercambio de sus productos.

1.6 Impacto de la investigación

1.6.1 Impacto teórico

Se aportará investigación importante al estudiar las características fisicoquímicas de la grava que son necesarias para soportar el paso de los vehículos, el desgaste producido por los líquidos filtrantes y el espaciamiento adecuado con el fin de filtrar el agua adecuadamente hacia las capas inferiores evitando los empozamientos y posteriormente el deterioro de la trocha carrozable.

Incremento de conocimientos nuevos debido a que los estudios realizados en nuestro país se limitan a ser aplicados en la capa de rodadura, la presente investigación está enfocada al uso de la grava como material permeable a nivel de base generando nuevos conocimientos sobre el tema. Al desarrollar esta investigación incentivaremos a la actualización de las normas peruanas y aportaremos conocimientos para el uso de la grava aplicado en la base.

Nuestra investigación se adapta a la normativa extranjera, para la mezcla de grava con ligante Mc30 como es la ASTM D1559, la cual nos va a servir como guía en el desarrollo del ensayo Marshall que determinará la estabilidad y porcentaje de vacíos de nuestra mezcla.

1.6.2 Impacto práctico

La presente investigación favorece a los usuarios brindándoles comodidad y seguridad minimizando los tiempos de desplazamiento, generando mayor intercambio comercial, fomentando el desarrollo social y económico de esta zona. Al aplicar este sistema de subdrenaje en este tipo de carreteras no pavimentadas se va a beneficiar la municipalidad que no cuenta con un presupuesto elevado reduciendo el costo de mantenimiento de esta trocha e incrementando su vida útil, a su vez se beneficiaran los pobladores incrementando el valor de sus predios y de sus zonas de cultivo, generando de esta manera la implementación de servicios básicos brindándoles calidad de vida y facilitando el intercambio de sus productos.

Servirá a los profesionales al darles una alternativa de solución al problema que es causado por el desborde de agua e incremento del caudal marcando un antecedente para la planificación de trochas que tengan problemas similares, además aportara información importante para futuras investigaciones, también servirá para las municipalidades que no cuenten con presupuestos elevados y tengan que reducir costos de mantenimiento de estas vías.

La principal utilidad de esta investigación será filtrar el agua superficial hacia la capa inferior para evitar que se empoce y de esa manera solucionar dificultades como la erosión de suelos y formación de baches brindando una mejor transitabilidad de vehículos , al utilizar un sistema de subdrenaje aplicando grava como material permeable se resolverá problemas causados por el aumento del caudal y el desborde de los regadíos mejorando la transitabilidad, comodidad y seguridad en el sector de Tomaca además de proporcionar nuevos conocimientos que se pueden utilizar para el diseño de nuevas vías utilizando este material.

Con esta investigación, se pretende resolver los problemas causados por los desbordes evitando el destrozo parcial o total de la trocha que genera hundimientos, baches, accidentes como el estancamiento de vehículos a causa del empozamiento y formación de lodo.

1.7 Alcance y limitaciones

1.7.1 Alcance

El alcance de la presente investigación es proponer el uso de la grava como material permeable para poder obtener un adecuado subdrenaje de manera que el agua que se empoza en la trocha carrozable filtre hacia la capa inferior y se pueda evitar el deterioro de la vía, mejorando de esta manera la transitabilidad tanto de los pobladores como de los vehículos que transitan por el sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

1.7.2 Limitaciones

Se encuentra poca información o antecedentes de proyectos donde se emplea este sistema de drenaje, usando grava como material permeable. La información que se tiene se limita a la aplicación en la carpeta de rodadura mas

no en la base, como se muestra en los antecedentes nacionales e internacionales presentados en esta investigación. A su vez se encontraron limitaciones por la ausencia en la normativa nacional de la aplicación de este material en trochas carrozables.

1.8 Viabilidad

El presente proyecto es viable debido a que se contó con la disponibilidad del material obtenido de la cantera municipal de Aplao con la finalidad de estudiar estas muestras en el laboratorio.

Al usar grava como material permeable se puede disminuir los costos de mantenimiento debido a que se extenderá la vida útil y se evitará el pronto deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

En su investigación Jacinto (2021) *“Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo”* se centra en incorporar agregados finos en porcentajes de 0 %, 5%, 10%, 15% y 20% adicionando además el aditivo Sika CEM plastificante en volúmenes de 250 y 500 ml por cada bolsa de cemento, esto se va a emplear en el concreto permeable para tener mayor firmeza sin dañar su permeabilidad, su investigación será aplicada en la ciudad de Chiclayo.

Las variables independientes que se emplearon son un aditivo y agregado fino, por otro lado, las variables dependientes son las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, esta investigación es de tipo experimental y se realizaron muestras de 90 probetas para el ensayo de compresión, 60 para el ensayo de abrasión, 30 para el ensayo de permeabilidad y 60 vigas para el ensayo de flexión.

Se pudo concluir que usando un 20% de agregado fino, 3/4 de agregado y 0.30 de relación agua cemento se obtiene propiedades precisas para que el concreto permeable pueda ser utilizado en aceras con una pérdida de masa por abrasión de 32.7%, una capacidad de drenaje de 22.4 lt/m² y una resistencia a la compresión de 189.2 kg/cm², si se añade el aditivo por bolsa de cemento al diseño antes expuesto se va a mejorar las propiedades de concreto permeable y se obtendrá una pérdida de masa por abrasión de 28.8%, una capacidad de drenaje de 19.9 lt/m² y una resistencia a la compresión de 213.7 kg/cm².

La investigación de Sopan & Soto (2020) *“Propuesta de diseño de pavimento, utilizando concreto permeable para el control del drenaje pluvial en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache”* tiene como fin poder determinar el tipo de concreto permeable que tenga la capacidad adecuada de poder infiltrar las aguas de lluvia y transportarlas a unos drenes ya sean

artificiales o naturales y poder dar una solución a la problemática de inundación en zonas de lluvia y con topografía plana.

El objetivo principal de la presente investigación es optimizar el sistema de drenaje en el Jr. Malecón German Aliaga en la ciudad de Tocache, mediante el diseño de pavimento de concreto permeable, para ello se realizó una mezcla con el 15% de vacíos que obtuvo una buena resistencia sin embargo la mezcla de 25% de vacíos no fue tan resistente, habiendo entre las dos una diferencia de 24.93 kg/cm², después de realizar las pruebas de resistencia se concluyó que la composición con el diseño más óptimo fue la de 24% de vacíos que consiguió una resistencia de 210.15kg/cm².

En el ensayo de permeabilidad, al utilizar la mezcla de 24% de vacíos se obtienen efectos uniformes, el coeficiente de permeabilidad que se determinó fue de 0.457 cm/s el cual cumple con la condición del concreto permeable.

Japa (2020), en su investigación, "Diseño de pavimento rígido permeable con mayor porosidad y resistencia $f'_c=210$ kg/cm² a la compresión utilizando agregados de la cantera Figueroa para un óptimo drenaje urbano en la ciudad de Huánuco" tiene como finalidad proponer un diseño de pavimento rígido permeable que tenga alta porosidad y resistencia al momento de comprimirse y pueda ser suministrado como un idóneo sistema de drenaje en Huánuco, para esto se realizó cuatro diseños de mezcla de concreto permeable utilizando los lineamientos del ACI 522 R-10.

A su vez, se elaboraron muestras cilíndricas de 6 x 12" con cemento Portland andino tipo I y agregados de 3/8" y 1/2" que se extrajeron de la cantera Figueroa, se utilizó la normativa correspondiente para realizar los ensayos de caracterización de agregados, así como también para poder elaborar y curar cada una de las muestras, también se utilizó la norma para determinar la compresión.

Se obtuvo como resultados que el primer diseño que se añadió agregado de 1/2" y 15% de vacíos alcanzó una resistencia de 149.07 kg/cm² con una permeabilidad de 1.354 cm/seg, en el segundo diseño se utilizó agregados de 1/2" y 18% de vacíos y se obtuvo una resistencia de 79.24 kg/cm² con una permeabilidad de 1.615 cm/seg, en el tercer diseño se utilizó agregados

de 3/8" y 15% de vacíos alcanzando una resistencia de 216.45 kg/cm² y una permeabilidad de 0.309 cm/seg, por último en el cuarto diseño se obtuvo una resistencia de 119.34 kg/cm² y una permeabilidad de 0.433 cm/seg.

Se concluyó que cuanto mayor es el tamaño del agregado menor va a ser la resistencia al momento de comprimirse, pero mayor va a ser su permeabilidad al poseer más porcentaje de vacíos, el tercer diseño que cuenta con un agregado de 3/8" y 15% de vacíos fue el diseño adecuado pasando una resistencia de 210 kg/cm² determinada en la norma CE010 de pavimentos urbanos, poseyendo una permeabilidad de 0.433 cm/seg.

Amorós & Bendezú (2019) en su investigación titulada "Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento resistente de 210 kg/cm²" nos dice que el concreto permeable va a permitir el paso del agua mediante su estructura debido al porcentaje de vacíos que dispone, en la presente investigación se hizo un diseño de mezcla de concreto permeable con resistencia de 210 kg/cm² y se aplicó el método ACI522.R como una opción de capa de rodadura en pavimentos que se aplicará en la costa, sierra y en la selva de nuestro país.

Para esto se realizó diversos diseños de mezcla en el laboratorio hasta hallar el diseño adecuado y poder tener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², el diseño de mezcla que se obtuvo tiene la relación de 0.38 de agua/cemento, 13% de porcentajes de vacíos, 1.5% de aditivo superplastificante y un 7% de arena.

Para comprobar la presente investigación, se tuvo que realizar un modelo con el diseño que se elaboró en el laboratorio con un área de 2 m², se analizó las características del concreto en estado fresco como son la densidad, consistencia y el contenido de vacíos, en la etapa endurecida se hicieron los ensayos de flexión, compresión y de permeabilidad, asimismo se aplicó una prueba de carga. Los resultados que se obtuvieron mostraron que el diseño de mezcla que se usó con resistencia a la compresión de 261.58 kg/cm² y una permeabilidad de 0.0174 m/s se puede utilizar como una opción de superficie de rodadura para pavimento.

Para Bautista (2018), en su investigación, “Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según las norma ACI 522r-10” se fundamenta en diseñar un pavimento rígido permeable según la norma ACI 522R-10 con el fin que filtren las aguas pluviales por medio de su estructura, se llevó a cabo cinco diseños de concreto con diversos porcentajes de vacíos como son el 10%,15% y 20 % y de agregado fino de 0%,10% y 20% con el propósito de poder obtener el diseño óptimo para poder implementar un pavimento rígido.

Se moldeó 30 probetas y 24 vigas para que pasen los ensayos de resistencia a la flexión y a la compresión, con diferentes días de curado que van de 7 a 28 días, al terminar de realizar los ensayos se concluyó que la muestra que cumplió fue el 5to diseño que tiene un 10% de vacíos y 10% de arena por ende va contener más agregado grueso y arena lo que le va brindar una mayor resistencia , además de efectuar los parámetros de la norma de pavimentos urbanos, los cuales son un módulo de rodadura de 37 kg/cm², la resistencia a la compresión de 175 kg/cm² y además se cuenta con el coeficiente de permeabilidad que indica la norma el cual va de 0.2 a 0.54 cm/s.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Elize, T. Boogaard, F. & Kluck, J. (2022) en su investigación *“Desbloqueo del potencial de los pavimentos permeables en la práctica: un estudio de campo a gran escala de los factores de rendimiento de los pavimentos permeables en los Países Bajos”* realizaron 81 pruebas de infiltración para ver cómo es que funcionan los pavimentos de infiltración en la práctica, primeramente, se examinó el funcionamiento de los pavimentos infiltrantes, también se estudió el efecto de las características del sistema y factores ambientales, por último, se realizó pruebas de mantenimiento para poder evaluar los diversos métodos en la tasa de infiltración.

Los resultados de la investigación mostraron que con una tasa de infiltración de 364 mm/h los pavimentos de infiltración van a funcionar por encima de los estándares holandeses e internacionales, se midió además una tasa de infiltración de 60 mm/h en el 87.2% de lugares de prueba, en el 41% de estos lugares su tasa promedio de infiltración fue superior a 194 mm/h.

Las tasas de infiltración van a disminuir con el tiempo en un promedio de 41.8 mm/h por año, para una disminución de tasa de infiltración se debe realizar mantenimiento y se puede alcanzar una vida útil promedio entre 13 y 16 años.

El análisis de los resultados de mantenimiento en 16 ubicaciones de prueba muestran que la limpieza de un pavimento infiltrante aumenta la tasa de infiltración en promedio 306.2%, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron se pudo deducir que el uso de aire a alta presión es efectivo pero aún más es el uso de una aspiradora que brinda mejores resultados para este sistema, la aplicación de los resultados de mantenimiento muestran que se necesita un mantenimiento cada 7 a 9 años para extender la vida útil de los pavimentos porosos a los 30 años que se quiere según las pautas holandesas.

Según Chacón, N. Chicas, E. & Martínez, C. (2021), en su investigación, "Pisos permeables con plástico reciclado y material granular como alternativa de construcción sostenible en El Salvador" nos indican que la presente investigación tiene como objetivo implementar una alternativa de construcción en El Salvador para calles con poca intensidad vehicular, se basa en las normativas como la AASTHO O ACI-211 de las cuales se utilizan los puntos más resaltantes y aplicables a la construcción y diseño para pisos permeables con rejillas y material granular que está constituido de una capa de base de 25 cm de espesor y una rejilla de 3.8 cm que va ser rellena con material granular de 1/2 "a 3/8".

Al ser una estructura permeable que va a permitir el paso del agua mediante su estructura, la permeabilidad es un parámetro importante para la escorrentía superficial, es necesario verificar la granulometría de los materiales que se usaran para saber el porcentaje de sus vacíos, asimismo se formularon varios criterios para su construcción comparado con otras obras similares que utilizan concreto permeable, el tipo de suelo, costos construcción y mantenimiento, se concluyó que este sistema de pisos permeables con material granular no representa mayor complejidad y es viable para su construcción.

Alam, T. Mahmoud, A. Jones, K. Bezares. JC. & Guerrero, J. (2019) en su investigación *“Una comparación de tres tipos de pavimento permeables para la mitigación de la escorrentía urbana en el sur semiárido de Texas, EE.UU”* examinan el desempeño hidrológico y ambiental de tres tipos de diferentes de pavimento permeable los cuales son el pavimento de concreto poroso que fue el más satisfactorio para reducir la escorrentía superficial el cual fue mayor al 98% que el pavimento tradicional, el concreto entrelazado permeable y el pavimento de bloques entrelazados con grava contiene la escorrentía de las profundidades de lluvia de 136 mm antes de la inundación, a su vez es muy eficaz en la eliminación de sólidos suspendidos lo que hizo un aumento de más de 80% de eliminación que el pavimento tradicional, así como también mostro una eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno mayor al 46%, todos estas comparaciones fueron realizadas en el sur semiárido de Texas.

Kayhanin, Li, Harvey& Liang (2019), en su investigación, *“Aplicación de pavimentos permeables en carreteras para la gestión de la escorrentía de aguas pluviales y la prevención de la contaminación: experiencias de investigación de California”* publicada en la revista internacional de ciencia y tecnología del transporte nos indican que los pavimentos permeables en el futuro van a formar parte de un programa integrado de transporte sostenible.

Los hallazgos principales para la aplicación de pavimentos permeables para un transporte sostenible con respecto al rendimiento hidráulico son los siguientes: se debe tener un espesor mínimo de base de 0.15 m y un máximo de 2.9 m, el espesor agregado mínimo en las regiones de mayor precipitación deben tener 50% más que el espesor requerido, los periodos más largos de recurrencia deben tener una base más gruesa, la conductividad hidráulica saturada del suelo subrasante y la permeabilidad son los factores más importantes para el diseño y debe ser superior a 3.6 m/h.

Las mediciones de permeabilidad mostraron que los métodos ASTM C1701 y el NCAT se pueden utilizar para poder medir la permeabilidad en cualquier tipo de pavimento, la permeabilidad que se midió con el método ASTM C1701 fue un 50% menos que el valor obtenido con el método NCAT, se obtuvo una correlación más exacta entre las dos mediciones cuando el diámetro de tamaño del anillo de ASTM se redujo a la mitad del original, la permeabilidad

medida en estacionamientos permeables dio a conocer que la edad del pavimento y la masa de partículas son los factores significativos que van a influir en el valor de permeabilidad, los valores de permeabilidad disminuyeron en rango de 27-92% después de la operación HVS.

Los resultados de evaluaciones de obstrucción mostraron que los vacíos de aire del pavimento de la parte de la superficie eran más bajos y se puede generar una obstrucción debido a la acumulación de las partículas, las pruebas HVS mostro que no toda la reducción en el espacio vacío se debe a partículas, estas partículas se pueden eliminar aspirando en el mantenimiento.

La tasa de salida, almacenamiento, reducción de volumen y cargas normalizadas de solidos suspendidos junto con la demanda bioquímica de oxígeno se comparó con los resultados que se obtuvieron en pavimentos tradicionales, se pudo observar un porcentaje de flujo máximo de 31 a 100% cuando se construyeron y se implementaron pavimentos permeables.

Estos resultados demuestran que el pavimento permeable y los medios subyacentes influyen en la escorrentía y la infiltración en esta región.

Rodríguez & Castañeda (2018) en su investigación "Variación de la permeabilidad de pavimentos drenantes elaborados con gravas de TMN 1" Y 1/2" señalan que en la ciudad de Girardot donde la intensidad de lluvia es significativa lo cual hace que se generen problemas de inundación en las carreteras urbanas es por ello por lo que plantean la utilización de pavimentos drenantes como solución.

Este proyecto pretende calcular la variabilidad del coeficiente de permeabilidad de los concretos usando como variable la dimensión del agregado, se elaboró nueve muestras de concreto drenante con diversos tamaños de grava los cuales son de 1 pulgada y de ½ pulgada las cuales son distribuidas en esta zona y se diseñó un dispositivo que permitió calcular la permeabilidad de los especímenes.

Este modelo es de una tubería de 1 pulgada que va a encausar el fluido hacia la muestra para prevenir los desgastes del fluido se usó una masilla y un látex como embudo entre muestra y tubería vertiendo una cantidad de 3 litros de agua y midiendo el lapso de infiltración de las muestras que se obtuvieron.

Luego de haber realizado un análisis a los resultados y comparado con el caudal de precipitaciones del IDEAM se infiere que las muestras realizadas son adecuadas debido a que la permeabilidad es mayor a 15 cm/s.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Trocha carrozable

2.2.1.1 Definición

EL Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018, p. 13) afirma que las trochas carrozables son caminos donde se puede transitar, pero no logran las características geométricas de una carretera.

2.2.1.2 Características

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008, p. 8) determina algunas características como:

IMD de 200 veh/día

Sus calzadas necesitan poseer un ancho mínimo de 4.00 m.

Plazoletas cada 500 m

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.2.1.3 Componentes

Según Vise (2023), los componentes de una trocha carrozable son los siguientes:

Capa de rodadura

Es la capa que se encuentra en contacto directo con los vehículos y transmite las cargas producidas por estos a las capas inferiores y provee una zona adecuada para el rodaje de las llantas de los vehículos.

Capa base

Esta capa se localiza por debajo de la capa de rodadura y tiene como función transmitir las cargas de la capa de rodadura hacia las demás capas, esta capa soporta cargas producidas por los vehículos por lo cual su construcción debe ser de mejor calidad que la capa subrasante.

Subrasante

Es la capa que se encuentra entre el suelo de cimentación y la base, su función es la de acortar la altura y reducir el costo en materiales empleados en la base así también de proteger la base aislándola del terraplén e impidiendo la capilaridad.

Suelo de cimentación

Es el terreno donde se apoya la estructura de la carretera, no forma parte de ninguna capa o de la estructura en sí. El suelo de cimentación es quien soporta las cargas transmitidas por todas las capas y la distribuye en todo el terraplén, evita que los materiales entre capas se mezclen y contaminen el pavimento.

Figura 7. Trocha carrozable del sector de Tomaca



Elaboración: La autora, 2023

2.2.2 Inundación

2.2.2.1 Definición

Según Calderón & Cuellar (2019) una inundación se origina cuando un aumento de agua determinada ocupa un lugar que generalmente está libre de este líquido.

2.2.2.2 Tipos de inundación

Según Vilca (2018) existen varios tipos de inundación ya sea por factores provocados o naturales las cuales se mencionan a continuación:

Inundaciones de ríos

Esta inundación se produce cuando el río eleva su caudal de agua producido por las lluvias o por la escorrentía de tierras cercanas, este tipo de inundación tarda días o semanas para desarrollarse

Inundaciones repentinas

Este tipo de inundación puede darse en minutos, un flujo rápido de agua de un río o quebrada fluye con un gran volumen en una zona normalmente seca.

Inundaciones urbanas

Este tipo de inundaciones se produce donde existe gran densidad poblacional y donde los sistemas de alcantarillado y drenaje no son los convenientes, los problemas de drenaje en las carreteras tapadas por basura producen que el agua se estanque ocasionando inundaciones.

2.2.2.3 Efectos de la inundación

Según Calderón & Cuellar (2019) los efectos que causan las inundaciones en las carreteras son:

Daños en estructuras de soporte, pilares y puentes.

Daños en las diversas capas de la carretera.

Daño a la subestructura de transporte por el aumento de deslizamientos.

Sobrecarga en los sistemas de drenaje.

Deterioro de la estructura de la carretera debido al incremento de humedad.

Figura 8. *Inundación trocha carrozable del sector de Tomaca*



Elaboración: La autora, 2023

2.2.3 Deterioro de la vía

2.2.3.1 Definición

Para Suárez (2016) el deterioro de una vía es la disminución de su vida útil por diversas razones de uso y ambientales, con el pasar del tiempo es aceptable que una vía presente efectos ambientales y que por el uso sus elementos presenten malformaciones, desgastes, generalmente estos se presentan en la capa de rodadura.

2.2.3.2 Tipos de deterioro

Según Suárez (2016) existen diversos deterioros que se dan en las vías debido que son diferentes en las partes que las forman y en su mantenimiento, para los deterioros no solo se realiza una revisión visual sino también un análisis para poder dar un buen diagnóstico fundamentado.

Se encuentra diversos tipos de deterioros, fallas, malformaciones que se dan en una carretera sabiendo que una vía está compuesta por cinco elementos los cuales son:

- Corona
- Drenaje
- Derecho de vía
- Señalamiento vertical
- Señalamiento horizontal

Teniendo en cuenta que la corona es la parte más importante en una vía se describirán las deficiencias que aparecen en esta las cuales son:

Desprendimientos

Baches

Es el desprendimiento inicial de los agregados que se generan en la capa de rodadura con el pase de los automóviles, esto se da por diversos motivos como la falta de asfalto en la composición, falta de resistencia en la carpeta o por un drenaje ineficiente.

Identación

Es el encajamiento que se produce por algún objeto duro en la capa de rodadura que va a producir un deterioro en la superficie, esto se genera por el pinchazo de neumáticos, equipos pesados de construcción.

Desprendimiento de agregados

Es el desprendimiento de los agregados gruesos de la capa de rodadura provocando vacíos en la superficie, esto se produce por la expansión de los agregados, falta de afinidad con el asfalto.

Pulido de la superficie

Es un desgaste acelerado de la vía generando fragmentos lisos en la carpeta de rodadura, esto se da por el tránsito excesivo, por la mala compactación, agregados no apropiados.

Desprendimiento de sello

Es la separación parcial de la capa de rodadura, los agregados tienden a separarse.

Roderas

Es la deformación en la carpeta de rodadura debajo de la huella de los automóviles esto se produce por la falta de compactación de la carpeta o su baja estabilidad.

Protuberancias

Son desplazamientos del cuerpo de la zona de rodadura, esto se origina por el tránsito intenso, una estabilidad inadecuada o una mala compactación.

Roturas

Agrietamiento parabólico

Son grietas que se establecen en la capa de rodadura se da cuando la capa es débil, esto se produce donde por lo general frenan y arrancan los automóviles.

Grietas finas

Son grietas pequeñas que están cerca una de otra se da por la degeneración de la carpeta de rodadura, la oxidación del material, compactación con temperaturas elevadas.

Agrietamiento piel de cocodrilo

Son grietas que se producen en la carpeta de rodadura, se forma un polígono de aproximadamente 20 cm de amplitud, se presenta cuando hay un soporte insuficiente en la base, degeneración, poco espesor de la capa de rodadura.

Agrietamiento tipo mapa

Es la desintegración de la carpeta de rodadura y tiene una amplitud de 20 cm se da cuando la calidad de las capas es defectuosa, envejecimiento o por falta de espesor en la capa de rodadura.

Grieta transversal

Es un agrietamiento que se genera en la carpeta de rodadura y se da por la labor del tráfico, poco espesor en la carpeta de rodadura.

Figura 9. *Deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca*



Elaboración: La autora, 2023

2.2.4 Canteras

2.2.4.1 Definición

Según López (2022) una cantera es la zona de donde se extrae o explota agregados para la construcción de obras civiles, se utilizan diversos métodos de extracción, esto depende del tipo y del origen de los materiales, se puede realizar explotación con dragas en los lechos de ríos hasta llegar a usar explosivos en las laderas de las montañas, previamente a la explotación se debe realizar estudios para certificar las disposiciones de los yacimientos, de sus propiedades y bancos para su mejor extracción.

2.2.4.2 Clasificación de canteras

López (2022) clasifica las canteras mediante el tipo de muestreo que se toma, las cuales se muestran a continuación:

Canteras a cielo abierto

Es la técnica más usada ya que primero se empieza limpiando la zona donde se van a realizar los trabajos, esto quiere decir que se va a eliminar componentes que son diferentes al material que se va a sacar de la cantera como son los restos orgánicos e inorgánicos con el fin de no cambiar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

Canteras subterráneas

Para el sistema de explotación en una cantera se usa el procedimiento de sostenimiento natural que consta de utilizar pilares como columna del elemento horizontal y la explotación en la caja de las galerías de la cantera con el fin de impedir desmoronamientos.

A las canteras subterráneas se les denomina tipo de explotación en galerías con grandes salas para tener un mayor beneficio de las masas rocosas, su adecuado estudio y la recolección de datos determinan los parámetros que son solicitados para poder precisar las técnicas de explotación, estos conceptos deben contener:

La clasificación del suelo

La forma de excavación

El análisis de estabilidad

Sistemas de sostenimiento

El comportamiento de aguas subterráneas

La localización y la configuración de los portales

La adaptación y la localización del terreno para una planta de procesamiento interna

Una definición y selección de equipos

Canteras aluviales

Estas canteras son las deformaciones que se generan producto de los aluviones, en las cuales los ríos transportan durante largos recorridos las rocas para colocarlas en zonas de menor potencialidad creando de esta manera grandes almacenes de estos materiales en donde se halla cantos rodados, grava, limos, arena y arcilla, las corrientes de agua permiten que estas canteras posean ciclos de autoabastecimiento.

En este tipo de canteras los materiales granulares que se hallan son convenientes en obras civiles, esto se debe a que el transporte y el incesante paso del agua corroe los materiales permaneciendo al final aquellos que cuentan con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas o los que cuentan con mayor dureza, estos materiales se pueden extraer con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos.

Canteras de roca

Este tipo de canteras tienen su comienzo en la formación geológica de un área específica, las cuales pueden ser sedimentarias, metamórficas o ígneas, estas canteras por su posición estática no cuenta con la característica de autoabastecimiento lo cual da fuentes restringidas de material, estas canteras están situadas en formaciones rocosas, montañas con materiales de menor dureza debido a que no cuentan con ningún tipo de clasificación, su explotación se realiza creando cortes o excavaciones en los depósitos.

2.2.4.3 Productos de explotación en canteras

Sillares o bloques

Bloques de arenisca con gran dimensión que se usan para fachadas y enchapes.

Mampuestos

Bloques de areniscas de diferentes tamaños utilizados para apilar uno encima de otro para la construcción de cimientos y muros.

Triturados

Agregados más voluminosos que se usan para preparar concreto reforzado y la conformación de bases para la construcción de vías.

Producto de explotación de una cantera según sus fracciones:

Tabla 1. Materiales de cantera

Material	Tamaño
Rocas	> 12 “
Bolos	6 a 12”
Piedras	3 a 6 “
Grava Gruesa Fina	3” a 3/4 “ 3/4 “a N°4
Material	Tamaño
Arena Gruesa Media Fina	N° 4 a N° 10 N° 10 a N° 40 N° 40 a N° 200
Limo	N° 200
Arcila	N° 200

Elaboración: La autora,2023

Figura 10. *Cantera de Aplao*



Elaboración: La autora, 2023

2.2.5 Grava

2.2.5.1 Definición

Según Morales (2020) la grava es un material de construcción que se utiliza de manera básica, se va a formar por la fragmentación de manera natural de las rocas que se localizan en la corteza terrestre o se pueden fabricar de manera artificial por medio de un proceso de trituración.

2.2.5.2 Características

Vise (2021) nos muestra las características de la grava las cuales son:

El aspecto granulométrico en la grava es muy importante debido a sus tamaños ya que son imprescindibles para poder calcular el proporciónamiento en una obra.

La grava tiene una mayor estabilidad al ser comparada con otros materiales es por ello por lo que va a prevenir los vacíos en las obras de

construcción, sus propiedades provienen de materiales con gran solides, durabilidad y resistencia.

Antes de ser utilizada la grava va a pasar por diversos procesos como son la limpieza, triturado y su clasificación. De esta forma se va a eliminar el polvo, las partículas planas, materiales ligeros, grumos de arcilla entre otras sustancias que pueden ser dañinas y pueden afectar la mezcla asfáltica.

2.2.5.3 Usos

Vise (2021) nos indica que la grava tiene diferentes beneficios de tal forma que puede ser utilizado en:

- Jardines y parques y va a servir como des compactador del suelo y va a mejorar de esta manera el drenaje de la tierra y se va a cubrir el suelo evitando el crecimiento de maleza.
- El uso más frecuente de la grava es en la elaboración del concreto
- Se utiliza como filtrante en soleras y drenajes
- Para pavimentación en carreteras.

Figura 11. Grava



Elaboración: La autora, 2023

2.2.6 Material permeable

2.2.6.1 Definición

Para Angelone, Garibay & Cauchape (2006) un material es permeable cuando tiene vacíos de manera continua y el agua circula a través de su masa, mientras más permeable sea el material mayor va a ser la filtración del agua.

2.2.6.2 Propiedades

De acuerdo con Anónimo (2023) para que un material sea permeable tiene que contener espacios vacíos que puedan absorber los fluidos, así como también necesitan estar interrelacionados para que el fluido determine caminos a través del material, la rapidez con la que el fluido debe atravesar el material va a depender de la porosidad del material, la presión al que es sometido el fluido y su densidad.

2.2.6.3 Beneficios

De acuerdo con Sinecio (2018) algunos de sus beneficios son:

- **Medioambientales**

Las propiedades de permeabilidad son una buena opción para el inconveniente de los encharcamientos en las superficies, además el agua se filtraría y llegaría libre de contaminantes que pueden provenir de los automóviles, es una buena opción para usarse en áreas verdes ya que al ingresar el agua va a permitir el incremento de las plantas.

- **Estructurales**

Una textura porosa permeable va a permitir proporcionar tracción para los vehículos y va a disminuir el hidro planeo además de brindar seguridad en las carreteras con lluvia y va a permitir la seguridad de los peatones como de los conductores.

2.2.7 Ligante

2.2.7.1 Definición

Según el diccionario de arquitectura y construcción (2023) es un aditivo líquido concentrado utilizado para adherir o ligar partículas de agregados, manteniéndolas unidas.

2.2.7.2 Clasificación

Según Rica (2008) los ligantes se clasifican en:

- Conglomerantes aéreos son ligantes que se endurecen cuando se encuentran en contacto con el aire
- Conglomerantes hidráulicos son ligantes que se endurecen por el contacto con el agua o sumergidos.
- Aglomerantes hidrocarbonados son derivados de la destilación de petróleo o carbón, que contienen betún (llamados ligantes bituminosos).

2.2.7.3 Características

Según Rica (2008) las características de los ligantes son:

Plasticidad: son de consistencia plástica por estar en relación con el agua o la acción del calor.

Resistencia: adquieren dureza con forme al tiempo y secado aumentando la resistencia a la compresión, abrasión y flexión.

Adherencia: evita los desprendimientos y cuarteamientos por humedad, vibraciones.

Figura 12. *Ligante MC30*



Fuente: Asfaltos DK&S EIRL, 2021

2.2.8 Subdrenaje

2.2.8.1 Definición

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (2008) un subdrenaje está compuesto por zanjas excavadas ya sea manualmente o con una retroexcavadora, rellenas de un material filtrante y con elementos que capturen y transporten el agua.

2.2.8.2 Tipos de subdrenaje:

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (2008) se clasifican los drenajes subsuperficiales en tres categorías las cuales son:

Capa permeable

La capa permeable se emplea bajo una superficie que está compuesta por un material filtrante con una pendiente transversal y una correcta instalación de salida que puede drenar el agua que es infiltrada desde la superficie, esta capa podría ser granular o tratada con ligantes.

La capa permeable puede ser:

- La base, la cual puede servir como drenante del agua que provenga de la superficie.
- Una capa adicional sobre la subrasante, sin ninguna ocupación estructural como parte de la subbase para controlar el agua que asciende desde la superficie.

Subdrenes longitudinales

Son zanjas que se realizan paralelas a la vía en la cual se emplean materiales permeables como geo drenes, geotextiles o agregados pétreos y eventualmente se coloca una tubería, estos drenes se utilizan para cortar el agua subterránea imposibilitando que pueda alcanzar las inmediaciones de la superficie.

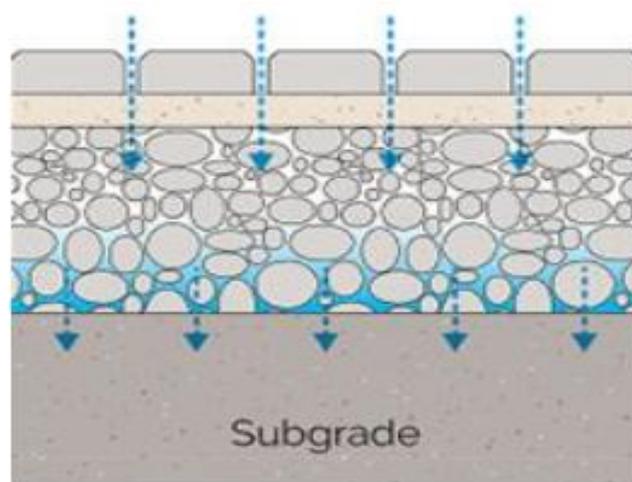
Los drenes longitudinales deben contar con una capacidad hidráulica para poder dirigir toda el agua que ingrese, si tienen una base permeable su material de relleno tiene que ser el mismo para poder tener una buena capacidad.

Subdrenaje transversal

Para interceptar toda el agua que se infiltra no es suficiente usar un subdren longitudinal es por ello por lo que se instala drenes transversales la distancia de estos subdrenes será de 20 m a 25 m y se proyectará según las condiciones dadas a continuación:

- El eje debe formar un ángulo de 60° con el eje de la carretera
- Se va a constituir por una zanja que va a estar bajo el nivel del plano superior de la explanada.
- Sus paredes den estar inclinadas y con un talud de ½ aproximadamente
- Sus zanjas se van a rellenar de un material filtrante
- Los subdrenes se situarán a diversas distancias entre 6 m para suelos arcillosos y 28 m para suelos arenosos.

Figura 13. *Subdrenaje en vías*



Fuente: Midland brick,2023

2.2.9 Análisis granulométrico

2.2.9.1 Definición

Según la NTP 339.128 (2019) el ensayo de análisis granulométrico es un método que consiente en determinar la repartición por tamaños de las partículas del suelo mediante la pasantía de la muestra por tamices de diferentes mallas.

2.2.9.2 Equipos y materiales

La NTP 339.128 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Balanzas con sensibilidad de 0.01 gramo
- Estufa con temperatura de 110 ± 5 °c
- Tamices Según Cuadro

Tabla 2. *Abertura de tamices en mm*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,00
3/8"	9,500
N°4	4,760
TAMICES	ABERTURA (mm)
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Fuente: NTP 339.128 (2019).

2.2.9.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 339.128 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Seleccionamos una porción de la muestra y la agregamos en los tamices ordenados desde la malla más grande hacia la malla más fina, se colocará una tapa al final de los tamices.
- Se moverá los tamices manualmente de un lado a otro en forma circular o con una tamizadora mecánica por 10 minutos.
- Se pesará la fracción que queda de la muestra en cada tamiz y se llevará en registro.

2.2.9.4 Cálculos e informe

Para determinar la pasantía por cada tamiz en porcentaje según la NTP 339.128 (2019) dividiremos el peso total entre el peso de la muestra que queda en cada tamiz y se multiplicara por 100.

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

2.2.10 Determinación de contenido de humedad

2.2.10.1 Definición

Según la NTP 339.127 (2019) este ensayo determina la humedad del suelo en porcentaje con relación al tamaño de la muestra.

2.2.10.2 Equipos y materiales

La NTP 339.127 (2019) nos menciona los materiales y equipo que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Horno termostático con temperatura de 110 +- 5 °C.
- Balanzas de 0.01 gramos de sensibilidad.
- Recipientes anticorrosivos y resistentes a altas temperaturas.
- Cucharones para muestreo, espátulas y lona para muestreo.

2.2.10.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 339.128 (2019) el procedimiento a seguir es:

- La muestra para el ensayo deberá estar en contenedor hermético y sin contacto de la luz del sol.
- Se determina la masa de la muestra húmeda que será ensayada.
- Se procede a pesar la muestra húmeda, no alterada y se registra.
- Seguidamente la muestra será llevada a horno con temperatura constante de 110°C por 24 horas.
- Pesamos la muestra seca y registramos.

2.2.10.4 Cálculo e informe

Según la NTP 339.128 (2019) el contenido de humedad se calculará mediante la fórmula:

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$
$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

W = contenido de humedad, (%)

M_{cws} = peso del contenedor más el suelo húmedo, en gr

M_{cs} = peso del contenedor más el suelo seco, en gr

M_c = peso del contenedor, en gr

M_w = peso del agua, en gr

M_s = peso de partículas sólidas, en gr

El informe incluirá datos de la calicata, identificación de la muestra, el contenido de agua de la muestra con 1% de aproximación. Además, deberá indicar los detalles en el ensayo como secado diferente a temperatura 110 + 5°C, diferente tipo de material (estratificado), el cambio de peso en la muestra.

2.2.11 Determinación del límite líquido

2.2.11.1 Definición

Según la NTP 339.129 (2019) este ensayo determina el contenido de humedad para ver si el suelo se halla entre el estado líquido y el estado plástico.

2.2.11.2 Equipos y materiales

La NTP 339.129 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Recipiente de 4 ½ “de diámetro
- Cuchara de Casagrande
- Balanza de 0.01 gramos de sensibilidad
- Ranurador normado
- Estufa de temperatura constante 110 + 5 °C

Figura 14. Cuchara de Casagrande



Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

2.2.11.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 339.129 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Se prepara la muestra previamente tamizada y se humedece.
- Se esparce la muestra en la cuchara de Casagrande conformando una superficie horizontal.
- Con el ranurador se divide la muestra en línea recta hasta tocar la base de la cuchara.
- Girar el manubrio a velocidad de 2 golpes por segundo hasta que las muestras separadas se encuentren en algún punto.

- Registrar el número de golpes en que se juntó la ranura.

Figura 15. Muestra de suelo



Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

2.2.11.4 Cálculos

Según la NTP 339.129 (2019) para determinar el límite líquido se usará la ecuación:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = KW^n$$

Donde:

N = Números de golpes solicitados para cerrar la ranura para el contenido de humedad

Wn = Contenido de humedad del suelo

K = factor dado en la tabla A.1

Tabla 3. Tabla A.1

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: NTP 339.129 (2019).

2.2.12 Determinación del límite plástico

2.2.12.1 Definición

Según la NTP 339.129 (2019) este ensayo determina el contenido de humedad para ver si el suelo se encuentra entre el estado líquido y el estado plástico.

2.2.12.2 Equipos y materiales

La NTP 339.129 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Tamiz n°40
- Horno temperatura 110 + 5°c
- Balanza de 0.01 gramos de sensibilidad
- Vidrio esmerilado grueso
- Espátula, recipientes
- Agua destilada

2.2.12.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 339.129 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Moldeamos la muestra formando cilindros.
- Si la muestra no se desmorona al llegar a un diámetro de aproximadamente 3.2 mm repetimos el proceso hasta llegar al desmoronamiento de la muestra.
- La porción alcanzada se colocará en el vidrio hasta conseguir 6 gramos de suelo y se procederá a establecer la humedad.

2.2.12.4 Cálculos e informe

Según la NTP 339.129 (2019) para calcular el promedio de contenido de humedad usaremos la siguiente tabla:

Tabla 4. *Tablas de estimado de precisión*

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de los resultados
Precisión de un operador simple		
Límite plástico	0.9	2.6
Precisión multilaboratorio		
Límite plástico	3.7	10.6

Fuente: NTP 339.129 (2019)

Para establecer el límite plástico con aproximación a un entero se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Para calcular el índice de plasticidad usaremos la formula:

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan establecerse o resulten igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

2.2.13 Compactación de suelos (Proctor Modificado)

2.2.13.1 Definición

Según la NTP 339.142 (2019) este ensayo determina la correlación entre el contenido de agua y el peso unitario del suelo. Nos ayuda a comprender la capacidad y comportamiento del suelo al ser compactado.

2.2.13.2 Equipos y materiales

La NTP 339.142 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se va a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Molde con diámetro de 4" y volumen de 944 cm³.
- Pisón o martillo de 4.54kg punta circular y superficie lisa.
- Balanza de 0.01 gramos de sensibilidad.
- Recipientes, cucharones, vidrio, regla.

2.2.13.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 339.142 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Se utiliza material que accede por el tamiz n°4 (4.75mm) aproximadamente 2.3kg.
- Se tendrá 4 a 5 muestras mezcladas y humedecidas lo más próximo al estado óptimo.
- Se vierte la muestra en el molde formando capas de espesor uniforme
- Se da 25 golpes con el pisón o martillo por cada capa de muestra vertida en el molde.
- Después de la última capa de compactación, remover el anillo superior y enrazar con una regla.
- Pesar y anotar la masa del espécimen.

2.2.13.4 Cálculos

Según la NTP 339.142 (2019) para calcular la densidad húmeda usaremos la ecuación:

$$P_m = 1000x \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Donde:

m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

Mmd = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³).

Para calcular la densidad seca usaremos la siguiente ecuación:

$$Pd = \frac{pm}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

pd = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)

w = contenido de agua (%)

gd = 62,43 pd en lbf/pie³ (3)

gd = 9,807 pd en kN/m³

gd = peso unitario seco del espécimen compactado

2.2.14 CBR del suelo

2.2.14.1 Definición

Según la NTP 339.145 (2019) este ensayo nos determina la resistencia del suelo para soportar cargas producidas por los vehículos.

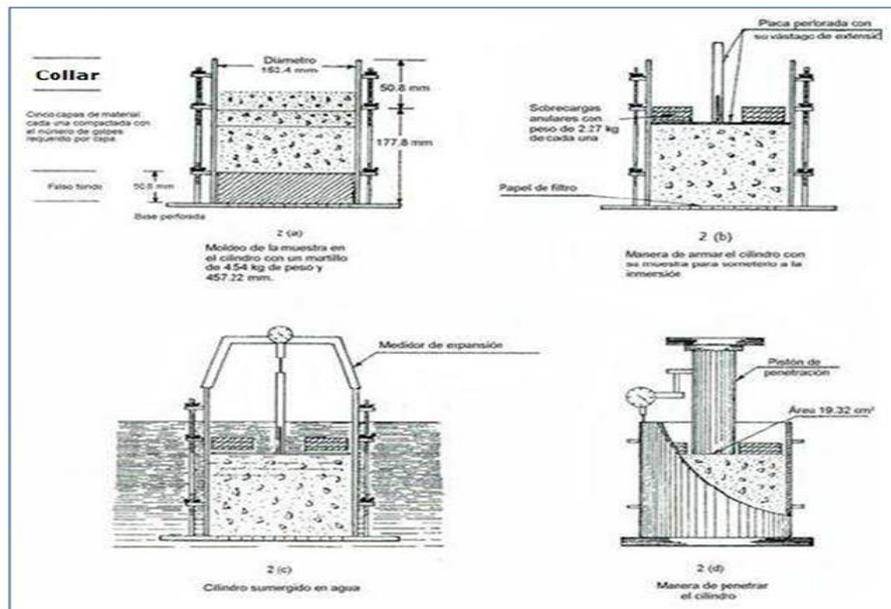
2.2.14.2 Equipos y materiales

La NTP 339.145 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Prensa de compresión normada.
- Molde metálico cilíndrico de diámetro 6" y altura de 7" con collar suplementario de 2" de altura con placa base de 3/8" de espesor
- Disco espaciador de metal
- Pisón de compactación normado
- Placa perforada metálica de 149.2 mm de diámetro con sistema de tornillo y vástago en el centro
- Trípode de soporte para molde
- Pesas metálicas de 4.54 kg y 2.27 kg
- Tanque de inmersión

- Estufa de temperatura $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Balanzas, tamices, probetas, espátulas, recipientes

Figura 16. Ensayo CBR



Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

2.2.14.3 Procedimiento

Conforme con la NTP 339.145 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Se prepara la muestra necesaria de unos 5kg por cada molde.
- Se establece la humedad del suelo mediante secado de estufa.
- Se determina la humedad óptima y densidad máxima de compactación (ensayo Proctor).
- Procedemos a llenar los moldes en tres capas compactando 30 veces por capa con un pisón compactador de 2.5kg a 305mm de altura.
- Se colocará la placa perforada con el vástago con las pesas normadas para calcular la sobre carga.
- Registrar los resultados y realizar la gráfica de densidad seca, índice CBR.

2.2.14.4 Cálculos

De acuerdo con la NTP 339.145 (2019) para establecer el porcentaje de expansión realizamos la disimilitud entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión.

$$\% \text{ expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Donde:

L1 = Lectura de inicio en mm.

L2 = Lectura de final en mm.

2.2.15 Ensayo Marshall

2.2.15.1 Definición

Según la ASTM D-1559 (2011) este ensayo determina la estabilidad capacidad de resistencia de la mezcla, flujo y la resistencia a la tracción de una muestra de grava con ligante mediante la compactación de esta.

2.2.15.2 Equipos y herramientas

La ASTM D- 1559 (2011) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Maquina Marshall
- Martillo de compactación normado
- Extractor de especímenes
- Probeta
- Horno a temperatura constante de 110°C
- Mezclador de para mezcla en caliente y homogénea
- Contenedores, cucharones de acero, bandejas metálicas, capaces de soportar temperaturas mayores a 110°C

2.2.15.3 Procedimiento

De acuerdo con la ASTM D- 1559 (2011) el procedimiento a seguir es:

- Secar los agregados a temperatura constante de 110°C.
- El cemento asfáltico debe ser calentado de 175 a 190 °C, en caso de asfalto líquido se deberá calentar a 250°C.
- El agregado será mezclado con el asfalto caliente en forma homogénea.
- La mezcla se vaciará en las probetas previamente limpias y se aplicará 75 golpes por cara con el martillo compactador.
- se enfriará la mezcla en las probetas a temperatura ambiente para luego proceder a desmoldar con el extractor de especímenes.
- Introduciremos en baño de agua a temperatura de 60°C por 40min a 60min.
- Extraeremos la probeta e introduciremos en el centro de la mordaza de la máquina de marshal que aplicará una carga a una rapidez de 50mm/min hasta conseguir la lectura máxima de resistencia.
- Sea aplicará el factor de corrección en las probetas con alturas diferentes a 63.5mm.
- Se registrarán las curvas de ruptura y se determinara la estabilidad, deformación y el coeficiente Marshall.

2.2.15.4 Cálculos e informe

Según la ASTM D- 1559 (2011) las muestras moldeadas que tengan diferente altura a los 63.5mm serán corregidas basadas en el volumen de la muestra. La analogía es aplicada mediante la fórmula:

$$A = B \times C$$

Donde:

A = Estabilidad corregida.

B = Medida de la estabilidad (carga).

C = Razón de correlación de la tabla 1.

Tabla 5. Tabla 1

Volumen del espécimen, cm ³	Espesor del espécimen		Razón de la correlación
	mm	pulg	
200 - 213	25.4	1	5.56
214 - 225	27	1.06	5
226 - 237	28.6	1.12	4.55
238 - 250	30.2	1.19	4.17
251 - 264	31.8	1.25	3.85
265 - 276	33.3	1.31	3.57
277 - 289	34.9	1.38	3.33
290 - 301	36.5	1.44	3.03
302 - 316	38.1	1.50	2.78
317 - 328	39.7	1.56	2.5
329 - 340	41.3	1.62	2.27
341 - 353	42.9	1.69	2.08
354 - 367	44.4	1.75	1.92
368 - 379	46	1.81	1.79
380 - 392	47.6	1.88	1.67
393 - 405	49.2	1.94	1.56
406 - 420	50.8	2.00	1.47
421 - 431	52.4	2.07	1.39
432 - 443	54	2.13	1.32
444 - 456	55.6	2.19	1.25
457 - 470	57.2	2.25	1.19
471 - 482	58.7	2.31	1.14
483 - 495	60.3	2.38	1.09
496 - 508	61.9	2.44	1.04
509 - 522	63.5	2.50	1
523 - 535	65.1	2.56	0.96
536 - 546	66.7	2.62	0.93
547 - 559	68.3	2.60	0.89
560 - 573	69.8	2.75	0.86
574 - 585	71.4	2.81	0.83
586 - 598	73	2.88	0.81
599 - 610	74.6	2.94	0.78
611 - 626	76.2	3.00	0.76

Fuente: ASTM D- 1559 (2011)

El informe deberá comprender la codificación de la muestra, tipo de agregado, fuente, gradación, tiempo de secado. Además, deberá contener datos del martillo compactador número de golpes de compactado, temperatura de mezclado y temperatura de compactación.

2.2.16 Peso unitario y vacíos de los agregados

2.2.16.1 Definición

Según la NTP 400.017 (2011) este estudio realizado a los agregados se establece el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de vacíos en agregados gruesos, finos o mezclados.

2.2.16.2 Equipos y herramientas

La NTP 400.017 (2011) nos menciona los materiales y equipos que se van a usar para este ensayo los cuales son:

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gramo
- Recipiente cilíndrico metálico de diámetro y altura similar
- Plancha de vidrio de 6mm de espesor
- Varilla compactador-cilíndrica de 16mm (5/8") de diámetro con una longitud de 600mm
- Cuchara, cucharones, recipientes.

2.2.16.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 400.017 (2011) el procedimiento a seguir es:

- Rellenar el recipiente de medida con agua a temperatura ambiente y cubrir con la placa de vidrio.
- Para excluir burbujas y exceso de agua.
- Establecer la temperatura, el peso y la densidad del agua.
- Calculamos el volumen del recipiente.
- Se llenará el recipiente y se nivelará con una regla metálica.
- Se pesará y registrará para realizar los cálculos.

2.2.16.4 Cálculos

Según la NTP 400.017 (2011) para hallar el peso unitario usaremos la siguiente fórmula:

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³ (lb/pie³)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen del recipiente de medida en m³ (pie³)

F = Factor del recipiente de medida en m⁻³ (pie⁻³)

Para hallar el porcentaje de vacíos utilizaremos la formula:

$$\text{Vacíos} = \% \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

Donde:

A = Peso específico de los agregados en kg/m³ (lb/pie³).

B = Peso unitario de los agregados en kg/m³ (lb/pie³).

W = Densidad del agua, 998 kg/m³ (62,4 lb/pie³)

2.2.17 Ensayo al desgaste (abrasión de los ángeles)

2.2.17.1 Definición

Según la NTP 400.019 (2014) este ensayo determina la resistencia de los agregados a la degradación y desgaste.

2.2.17.2 Equipos y herramientas

La NTP 400.019 (2014) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Máquina de los ángeles (cilindro hueco de acero) con velocidad de rotación uniforme.
- Esferas de acero de 46,8 mm de diámetro de masa 390 g y 445 g.
- Balanza de 0.01 gramos de sensibilidad.
- Tamices, recipientes.

2.2.17.3 Procedimiento

De acuerdo con la NTP 400.019 (2014) el procedimiento a seguir es:

- Situar la muestra en la máquina de los ángeles y girar a velocidad constante de 30rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Retirar la muestra y separar la muestra fina y gruesa
- La porción más fina se tamiza en la malla N°12 (1.70mm)
- La porción de agregado grueso se lavará y se secará a 110 °C
- Se registrará los pesos de ambas muestras.

2.2.17.4 Cálculo e informe

Según la NTP 400.019 (2014) el porcentaje de pérdida brindado por esta técnica no tiene una correlación consistente distinguida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se establece de forma operativa.

2.2.18 Partículas chatas y alargadas en agregados

2.2.18.1 Definición

Según la NTP 400.040 (2019) este procedimiento provee el medio para comprobar las características físicas del agregado y establecer el porcentaje de partículas chatas y alargadas que son partículas con baja resistencia a la presión por su forma delgada y alargada.

2.2.18.2 Equipos y herramientas

La NTP 400.040 (2019) nos menciona los materiales y equipos que se van a utilizar para este ensayo los cuales son:

- Dispositivo de calibración proporcional.
- Balanza de precisión de 0.01g de sensibilidad.
- Fuentes, recipientes, cucharones metálicos.

2.2.18.3 Procedimientos

De acuerdo con la NTP 400.040 (2019) el procedimiento a seguir es:

- Lavamos y secamos la grava de $\frac{3}{4}$ ", pesamos la muestra correspondiente a 5kg según tabla.

- Usando el dispositivo de calibración con relación 1:5 medimos las partículas de la muestra y reservamos.
- Las partículas reservadas que cumplen como chatas y alargadas serán pesadas y registradas.

2.2.18.4 Cálculos

Según la NTP 400.040 (2019) para obtener el porcentaje de las partículas chatas y alargadas con 1% de aproximación se usará la siguiente fórmula:

$$Ca = \frac{ma}{M} \times 100$$

Donde:

Ca = Porcentaje de partículas chatas y alargadas

Ma = Masa de partículas chatas y alargadas

M = Peso total de la muestra

Tabla 6. *Tabla con pesos de muestras*

Tamaño máximo nominal malla cuadrada mm – (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg – (lb)
9,5 – (3/8)	1 – (2)
12,5 – (1/2)	2 – (4)
19,0 – (3/4)	5 – (11)
25,0 – (1)	10 – (22)
37,5 – (1.1/2)	15 – (33)
50 – (2)	20 – (44)
63 – (2.1/2)	35 – (77)
75 – (3)	60 – (130)
90 – (3.1/2)	100 – (220)
100 – (4)	150 – (330)
112 – (4.1/2)	200 – (440)
125 – (5)	300 – (660)
150 – (6)	500 – (1100)

Fuente: NTP 400.040 (2019)

2.3 Definición de términos básicos

Afirmado: Es una capa de material seleccionado procesado de acuerdo con el diseño que se va a colocar en la subrasante de una vía.

Agregado: Los agregados son un conjunto de partículas naturales o artificiales que son tratadas o elaboradas de dimensiones variadas.

Base: Es la capa inferior de la superficie de rodadura y su principal función es el poder mantener, transmitir y distribuir las cargas que vienen siendo producidas por el tránsito de los vehículos.

Calzada: Es una parte de la vía que se encuentra dispuesta para que los automóviles circulen.

Carreteras no pavimentadas: Son aquellas que tienen un revestimiento granular en las capas superiores y en la superficie de rodadura, lo que va a corresponder a vías de un volumen bajo de tráfico y número continuo de ejes que equivale hasta 300.000 EE en tiempo de diez años.

Carreteras pavimentadas: Las carreteras pavimentadas como pavimentos que son flexibles, semirrígidos y rígidos, están clasificadas en quince rangos de número de repeticiones de EE en un carril y con periodo de diseño de 75.000 hasta 30000.000 EE.

Estudios básicos: Son investigaciones que se realizan de diferentes especialidades para establecer características determinadas que se necesiten en el diseño de las carreteras, teniendo como consideración la estadística y pruebas normadas.

Estudio de mecánica de suelos: Es el estudio que se realiza al terreno donde se va a ejecutar la carretera con el propósito de establecer las propiedades mecánicas, físicas, químicas de las muestras obtenidas por medio de calicatas. Así mismo se clasifica los diferentes tipos de materiales por capas y la ubicación del nivel freático.

Infraestructura vial: La infraestructura vial forma parte de la vía y todos los soportes que constituyen la estructura de la carretera y de los caminos.

Mantenimiento de carreteras: El mantenimiento de carreteras es un conjunto de diligencias que se realizan diaria y periódicamente y se realizan para que las vías tengan buenas condiciones de transitabilidad.

Manual de ensayo de materiales: Su finalidad es la estandarización de las técnicas y procedimientos para la elaboración de ensayos de materiales utilizados en la ejecución de carreteras, asegurando los estándares de calidad y la aplicación de la normativa.

Normas técnicas peruanas (NTP): Son reglamentos que instauran parámetros de calidad de procesos, productos y servicios.

Sección transversal: La sección transversal es el corte de una carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal de un punto cualquiera del eje.

Subrasante: Es una superficie de nivelación terminada donde se va a construir la estructura del pavimento.

Superficie de rodadura: Es una parte de la vía que se encuentra destinada para la circulación de automóviles que está formada por uno o más carriles, sin considerar la berma.

Vacíos: Son espacios comprendidos entre las partículas de los agregados.

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis principal

La aplicación de la grava como material permeable mejora el subdrenaje y evita el deterioro temprano de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.

2.4.2 Hipótesis específicas

Al determinar el valor de estabilidad se obtiene una resistencia mayor a 1000 kg para utilizar la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Al realizar el ensayo de porcentaje de vacíos a la grava se obtiene más del 10% para un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Al determinar la abrasión se obtiene un desgaste menor al 30% en las partículas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Al determinar el ensayo de partículas chatas y alargadas se obtiene menos del 10% en la grava para ser utilizada como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

CAPÍTULO III

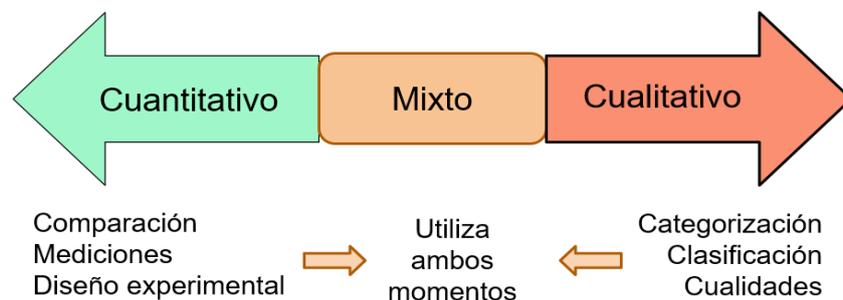
METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Enfoque

El enfoque de una investigación es un proceso metódico, controlado y disciplinado que tiene relación directa con los métodos de investigación, consiste en resolver las hipótesis mediante los métodos de recolección, análisis, interpretación de datos.

Figura 17. *Enfoques de la investigación*



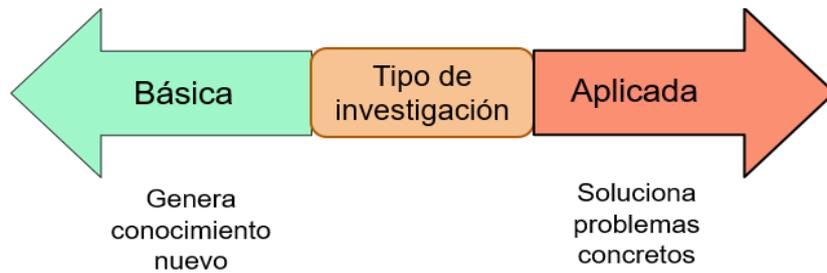
Elaboración: La autora, 2023

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que nos permite medir los porcentajes de vacíos, estabilidad y la resistencia de la grava como material permeable para una adecuada filtración representado en forma numérica y porcentual.

3.1.2 Tipo

Según su finalidad los proyectos de investigación se clasifican en:

Figura 18. Tipos de investigación



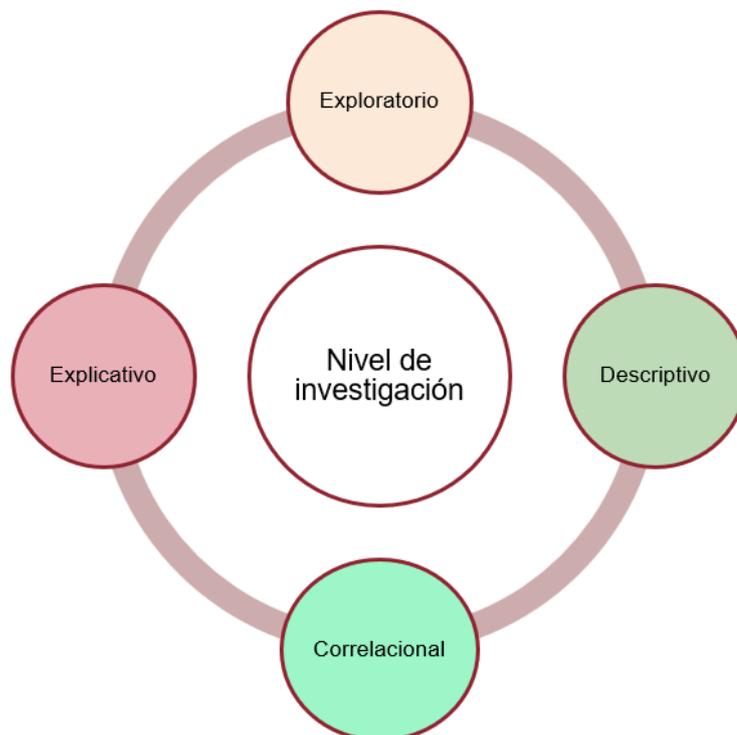
Elaboración: La autora,2023

El tipo de esta investigación es aplicada porque se utilizó los conocimientos adquiridos de investigaciones similares en el procedimiento de los ensayos de laboratorio para resolver los problemas específicos de esta investigación.

3.1.3 Nivel

El nivel de investigación pretende descubrir, describir y solucionar un problema planteado a través de la ejecución de una serie de estudios desarrollados.

Figura 19. Niveles de la investigación



Elaboración: La autora,2023

El nivel de la investigación es de tipo exploratorio debido a que el tema ha sido poco estudiado y no se tiene mucha referencia ni normativas, lo cual implica mayor riesgo haciendo de su metodología más flexible.

3.1.4 Diseño

Para la presente investigación se va a utilizar el diseño experimental porque se utilizará una serie de pasos como son la, experimentación en este caso de la grava la cual se estudiará mediante pruebas y ensayos de laboratorio, la observación para ver el efecto que causa la variable independiente sobre la variable dependiente y por último el análisis para determinar el objetivo de la investigación.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Utilizaremos dos poblaciones en esta investigación:

- La primera población está conformada por la grava que posee características homogéneas por su extracción de una sola cantera.
- La segunda población está conformada por la mezcla de grava con el ligante Mc 30.
- Estas poblaciones son finitas, debido a que los especímenes serán evaluados en los ensayos de laboratorio.

3.2.2 Muestra

Procedimiento de extracción de muestra

Para el proceso de la obtención de la grava, primero se fracturan las rocas por medio de voladuras controladas.

Figura 20. *Voladura controlada*



Elaboración: La autora,2023

Una vez despejado el polvo producido por las voladuras, ingresa la excavadora oruga para el desquinche de la roca fracturada y procede a cargar a los volquetes del material extraído.

Figura 21. *Desquinche de roca fracturada*



Elaboración: La autora,2023

Los volquetes llevan el ripio de la roca fracturada hacia la trituradora y esta procesa el ripio convirtiéndola en grava de diferentes tamaños.

Figura 22. *Trituradora de roca*



Elaboración: La autora,2023

Seguidamente se tamiza la grava para separarla por tamaños usando zarandas de medidas de 3/8", 1/2", 3/4" y 1".

Figura 23. *Tamizado de grava*



Elaboración: La autora,2023

Una vez seleccionada la grava por tamaños se almacena en la cantera municipal de Aplao, formando montones de este material.

Figura 24. Extracción de grava de 3/4" de cantera



Fuente: Elaboración propia,2023

Selección de la muestra según población

Para la primera población se hicieron 03 ensayos de laboratorio

Para la segunda población de grava con ligante Mc 30 se realizaron 15 probetas.

Tabla 7 Muestra de la investigación

Grava	kg	Grava con ligante	Muestras
Ensayo de abrasión	1.25 kg	Grava con ligante mc30 al 5.5%	3
Ensayo de partículas chatas y alargadas	5.0 kg	Grava con ligante mc30 al 6.0%	3
		Grava con ligante mc30 al 6.5%	3
Ensayo de % de vacíos	3.845 kg	Grava con ligante mc30 al 7.0%	3
		Grava con ligante mc30 al 7.5%	3
Total	10.095kg	Total	15

Elaboración: La autora,2023

3.3 Definición de variables

3.3.1 Definición conceptual

Variable independiente

Grava como material permeable

La NTP 400.011 (2019) define la grava como un conjunto de partículas de origen artificial o natural que por sus características cuentan con vacíos, convirtiéndola en un material permeable.

Variable dependiente

Adecuado subdrenaje

Vise (2019) nos indica que el subdrenaje va a pretender eliminar el agua o abatir su nivel para que no sea perjudicial para la carretera, realizar un adecuado subdrenaje es sumamente importante debido a que el exceso de agua es perjudicial ya que genera baches, grietas entre otros problemas.

3.3.2 Definición operacional

Para el estudio de la grava como material permeable y poder obtener un adecuado subdrenaje se someterán muestras a ensayos de laboratorio los cuales se analizarán y sus resultados se procesarán de acuerdo con tablas y gráficos.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 8. Variables

VARIABLE	INDICADOR
	- Valor de
VARIABLE	estabilidad
INDEPENDIENTE	- Porcentaje de
Grava como	vacíos
material permeable	- Abrasión

	- Porcentaje de partículas chatas y alargadas
VARIABLE DEPENDIENTE Adecuado subdrenaje	- Tubería cribada - Material permeable

Elaboración: La autora,2023

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas en instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en campo son los que se muestran a continuación:

Tabla 9. *Recolección de datos en campo*

Técnica	Instrumento
Reconocimiento del terreno	Plano de ubicación y localización
Visita a la cantera	Malla o tamiz de 19 mm
Extracción del agregado	Pala manual
Transporte del agregado a laboratorio	Cámara fotográfica

Elaboración: La autora,2023

Utilizaremos como técnicas e instrumentos de recolección de datos los ensayos del agregado realizados en el laboratorio según los parámetros de la NTP y ASTM D – 1559.

a) Ensayos de la grava

Tabla 10. *Recolección de datos en laboratorio*

Ensayo	Norma	Instrumento
Peso unitario y % de vacíos	NTP 400.017	Balanza y probetas
Desgaste de los agregados (abrasión)	NTP 400.019	Máquina de los ángeles
Partículas chatas y alargadas	NTP 400.040	Calibrador proporcional

Elaboración: La autora, 2023

b) Ensayo de la grava con ligante

Tabla 11. *Recolección de datos en laboratorio*

Ensayo	Norma	Instrumento
Marshall	ASTM D1559	Máquina De Marshall

Elaboración: La autora, 2023

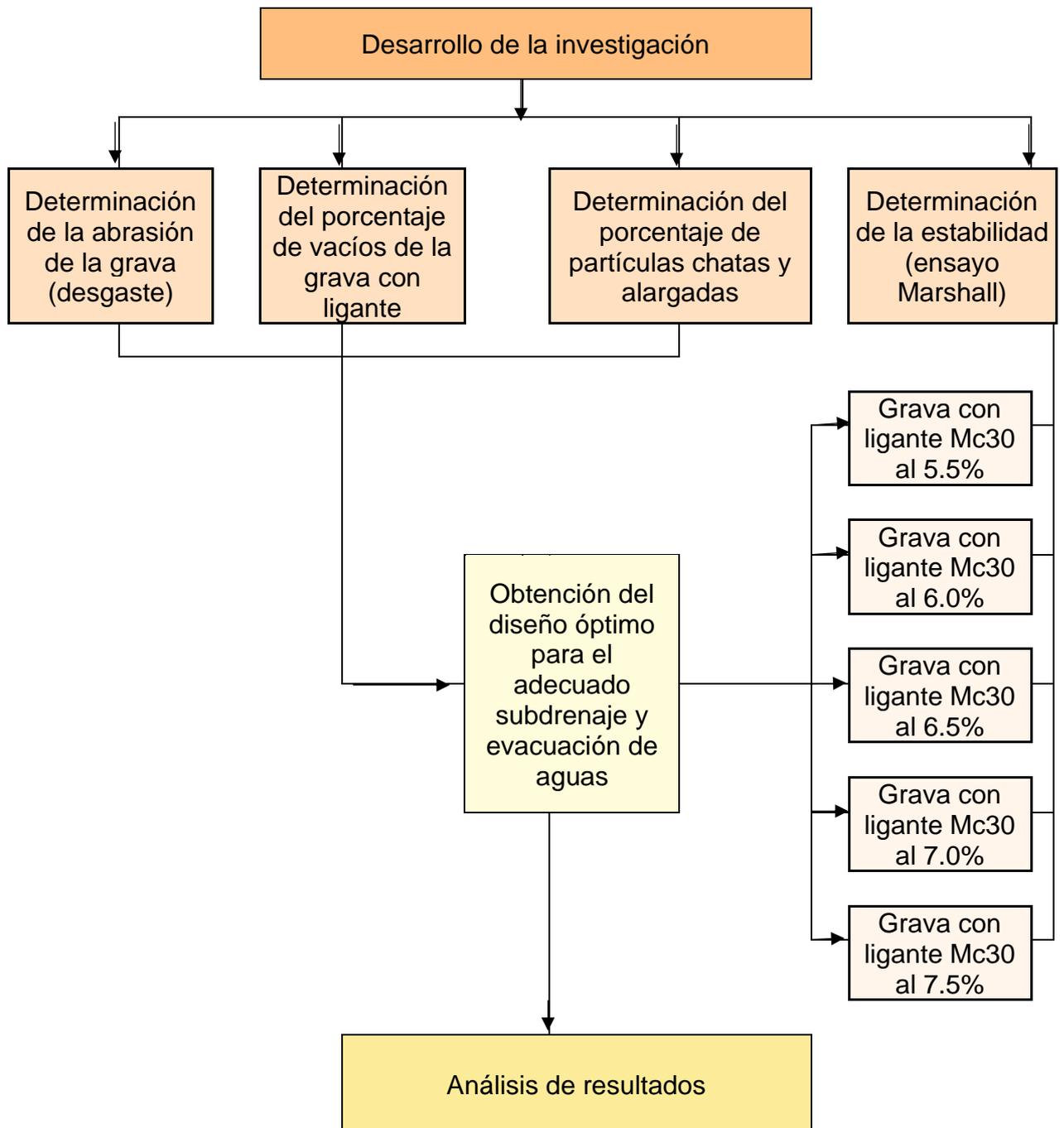
3.6 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

La información resultante de los ensayos será procesada mediante programa de cálculo MICROSOFT EXCEL y se representará mediante tablas y gráficos, estos serán organizados de acuerdo con los ensayos realizados.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1 Esquema de desarrollo



4.2 Formulación del proyecto

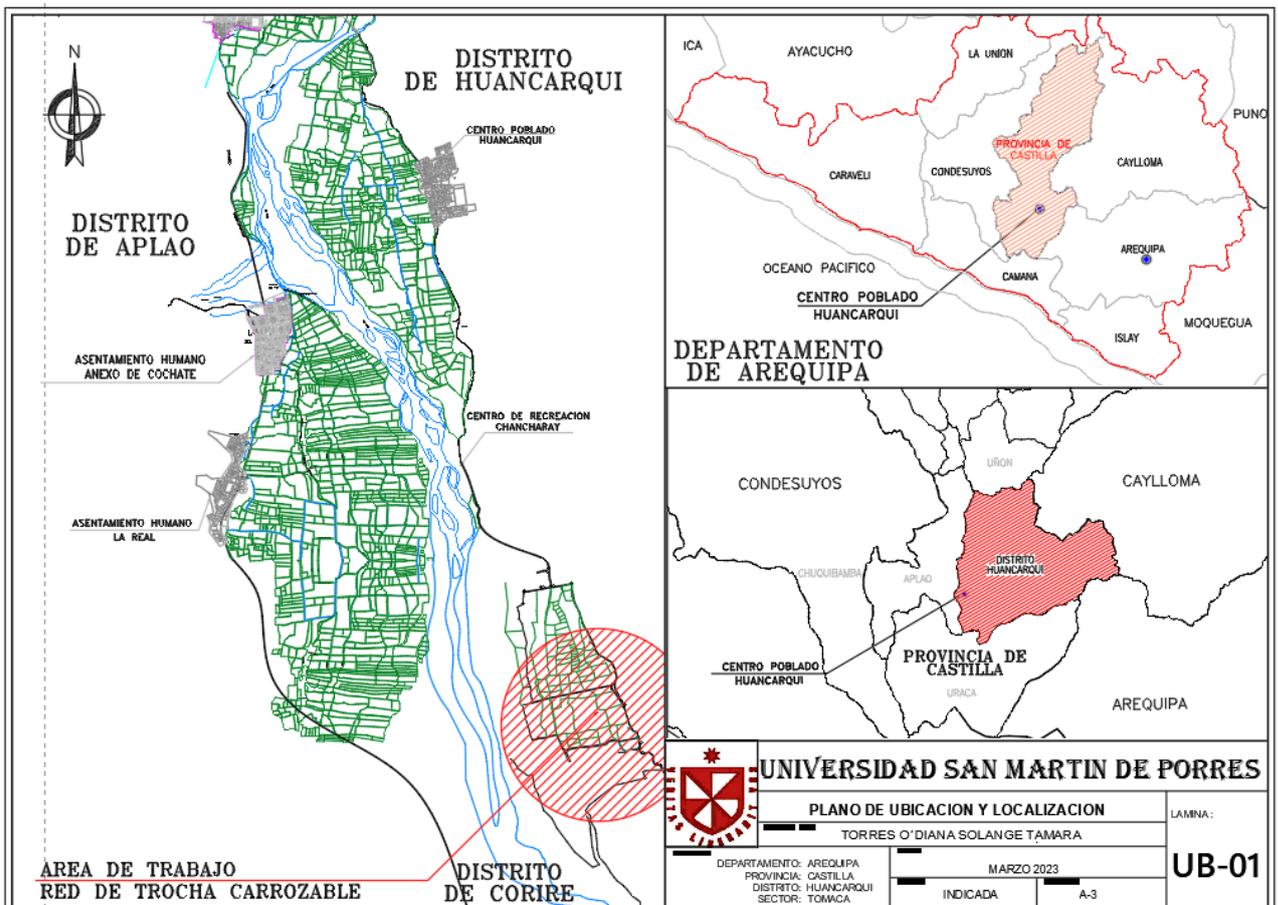
4.2.1 Ubicación

El distrito de Huancarqui está ubicado en la provincia de Castilla en el departamento de Arequipa cuenta con una superficie de 803.65 km², se encuentra ubicado en la parte baja de la provincia, este distrito se divide en los sectores de Huancarqui, Huatiapa, Pampa Blanca, Tomaca, Las Islas, La Laja, Callejones y Santo Domingo.

Coordenadas geográficas

Este : 191533.33 m.
Norte : 8210133.26 m.
Altitud : 515.94 m. s. n. m.

Figura 25. Plano de ubicación y localización



Elaboración: La autora, 2023

4.2.2 Características del suelo

Para conseguir las características del suelo se realizó el muestreo mediante calicatas de las cuales se obtuvo la siguiente información:

- La capa superior de la trocha carrozable está conformada por material de relleno con 30 cm de profundidad aproximadamente, con presencia de arcillas y agregado grueso de ½" a ¾" y una capa interior compuesta de material bien graduado, arena limosa de clasificación SUCS: SW–SN, con un límite líquido de 17.10 y sin presencia de límite plástico. Perfil estratigráfico, análisis granulométrico (anexo 2).
- La humedad natural del suelo es de 7.50 % con un porcentaje de esfuerzo cortante de 22%. Ensayo CBR y humedad (anexo 3)
- Para la compactación de la capa de fundación es recomendable usar la densidad seca máxima de 2.120 gr/cc y una humedad óptima de 11.70%. Ensayo Proctor modificado (anexo 4).

4.2.3 Condiciones actuales del proyecto

La trocha carrozable en estudio es de 3.6 km de longitud con anchos promedios de 2.70 m a 4.00 m, sin sistemas de drenaje superficial con presencia de baches y erosión de la capa de rodadura. Plano topográfico (anexo 5)

Esta vía es de gran importancia para la salida de productos agrícolas sembrados en este sector, cuenta con un flujo vehicular de 87 veh/día. Estudio de tráfico (anexo 6).

4.2.4 Material utilizado

- Grava
El material utilizado en la presente investigación es grava de 19mm pasante del tamiz 3/4 "extraída de la cantera municipal de Aplao.

Figura 26. Grava de 3/4"



Elaboración: La autora,2023

4.2.5 Sistema de drenaje

El riego de cultivos con alta demanda de agua y el incremento del caudal del río provocan el desborde del agua hacia la vía, filtrándose a través de las diferentes capas acumulándose en la subrasante, originando bolsas de agua que generan inestabilidad y la ruptura por el tránsito vehicular.

La solución propuesta en esta investigación es utilizar grava de 3/4" en la base de la trocha carrozable para filtrar el agua, añadiendo tubería cribada para conducir y evacuar el agua filtrada generando un sistema de subdrenaje y evacuación de agua hacia el río.

La utilización de la tubería cribada tiene como propósito la captación del agua filtrada, conducción y evacuación evitando el empozamiento de agua en la subrasante. Este sistema tendrá por normativa cajas de limpieza y desaturación de lodos para el buen funcionamiento del subdrenaje. Diseño de subdrenaje (anexo 7)

4.3 Métodos y técnicas aplicadas al proyecto

4.3.1. Determinación de la abrasión

La resistencia a la abrasión es importante porque nos da a conocer la durabilidad y la resistencia que va a tener la grava para ser utilizada en la base de la trocha carrozable, la grava debe ser dura y resistente al desgaste para evitar la desintegración, el aplastamiento y la degradación.

Para determinar la resistencia a la abrasión de la grava utilizamos la máquina de los ángeles, que está constituida por un tambor cilíndrico de acero con tapa ajustable, que gira a velocidad constante sobre un eje montado y dispone de un contador de revoluciones, bandeja de salida y billas de acero.

Objetivo de la prueba

Realizamos este ensayo para medir el desgaste que se genera por la combinación del rozamiento superficial de las muestras y el impacto con las billas de acero con una velocidad constante en la muestra de grava de 3/4"extraídas de la cantera municipal de Aplao.

El incremento del material fino originado por el impacto de las billas con la muestra de grava de 3/4 "nos determina el desgaste producido por la carga abrasiva que se genera en el tambor. La resistencia a la abrasión se utiliza como un índice de calidad para los agregados y nos ofrece una indicación de su capacidad para producir mezclas resistentes.

Para la elaboración de este ensayo usamos la norma técnica peruana (NTP 400.019) que nos indica el procedimiento, los materiales y equipo, cálculos e informes para obtener el porcentaje de desgaste de los agregados.

Instrumentos

Máquina de los Ángeles UTA-0601 220-240v

12 esferas metálicas UTA-0602/A

Balanza OHAUS 6000g \pm 0.01g

Recipiente metálico

Procedimiento

La cantidad de la muestra ensayada y el número de esferas utilizadas, así como el tiempo de rotación y el número de revoluciones se tomaron de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 12. *Cantidades de material*

MÉTODO		A	B	C	D
DÍAMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
PASA EL TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ				
1 1/2"	1"	1250 ± 50			
1"	3/4"	1250 ± 50			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
Peso total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
N° de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)		15	15	15	15

Elaboración: La autora,2023

Con los datos obtenidos de la tabla anterior utilizaremos grava de 3/4" con una cantidad de 1250 gr, 12 esferas metálicas con una rotación de 15 minutos y 500 revoluciones a una velocidad aproximada de 30 a 33 rpm.

Figura 27. *Esferas metálicas*



Elaboración: La autora,2023

Tamizamos la grava por las mallas según la gradación “A”, pesamos 1250 gr. de la grava retenida de cada una de las mallas de 1”, 3/4“, 1/2” y 3/8”. El total obtenido de la muestra de grava fue de 5000 gr.

Figura 28. *Pesado de muestra*



Elaboración: La autora,2023

Introducimos 12 esferas metálicas y agregamos la muestra de grava, previamente pesada, en la máquina de los ángeles y cerramos la tapa ajustando los pernos de seguridad.

Figura 29. *Introducción de esferas metálicas y muestra*



Elaboración: La autora,2023

Para probar la carga abrasiva accionamos la máquina de los ángeles por un tiempo de 15 minutos a una velocidad aproximada de 30 a 33 revoluciones por minuto para que gire 500 revoluciones.

Figura 30. *Máquina de Los ángeles*



Elaboración: La autora,2023

Después del número indicado de revoluciones procedimos a retirar la muestra en la bandeja de salida y retiramos las esferas metálicas de la muestra.

Figura 31. *Retiro de muestra*



Elaboración: La autora,2023

Separamos preliminarmente el material tamizándolo por la malla número 4, la grava pasante por esta malla se tamizo por la malla número 12. El material retenido en la malla anterior se lavó con el objetivo de quitarle los finos adheridos a las partículas de grava.

Figura 32. *Tamizaje de la muestra*



Elaboración: La autora,2023

Lavado el material se introdujo en el horno a una temperatura constante de 110°C durante 24 horas para quitarle la humedad. Luego retiramos la muestra del horno y procedimos a pesar.

Figura 33. Pesado del material



Elaboración: La autora,2023

Datos

Los datos conseguidos en el ensayo de desgaste realizado a la muestra son los siguientes:

Tabla 13. Datos del ensayo de abrasión

MUESTRA RETENIDO	GRADACION "A" PESO (gr)
1"	1,250
3/4"	1,250
1/2"	1,250
3/8"	1,250
Peso total (gr.)	5,000
Peso retenido (en tamiz n°12)	3,522

Elaboración: La autora,2023

Cálculos

La diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra en porcentaje nos indicará el desgaste sufrido. Para determinar el porcentaje de desgaste utilizaremos la siguiente formula:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{100 (\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}}$$

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{100 (5.000 \text{ kg} - 3.522 \text{ kg})}{5.000 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ Desgaste} = 29.56$$

4.3.1 Determinación de porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos es una propiedad física de los agregados que nos ayudó a determinar el volumen que ocupa los espacios de las partículas de la grava entre el volumen total del agregado. Esta propiedad nos determina la cantidad de aire o la cantidad de agua que se puede hallar entre las partículas de este material.

Se realizó el ensayo de porcentaje de vacíos para la grava de 3/4" mediante el ensayo de peso unitario y porcentaje de vacíos y para la mezcla de grava con ligante mediante el método Marshall.

Estos ensayos se realizaron basándonos en la norma NTP 400.017 y en la ASTM D - 1559 en las cuales se nos indicó los lineamientos para el óptimo desarrollo y poder lograr resultados. Para determinar el cálculo de porcentaje de vacíos necesitamos hallar el peso unitario, el peso específico aparente y la densidad del agua.

Objetivo de la prueba

Realizamos este ensayo con el objetivo de calcular los espacios entre las partículas que nos ayudó a establecer el porcentaje de vacíos de la grava.

Es necesario pesar las muestras en estado seco y compactado, para calcular los valores de peso unitario y peso específico aparente que nos sirvieron para hallar el porcentaje de vacíos. Estos espacios entre partículas de la grava nos determinaran la capacidad de filtración de agua para lograr un adecuado subdrenaje y evitar la sedimentación de partículas finas que puedan obstruir los vacíos.

Instrumentos

Balanza OAHUS S6001F

Horno PyS EQUIPOS STHX-2A

Molde cilíndrico

Varilla lisa con punta redondeada de 24" de longitud

Cucharón metálico punta redonda de 38 oz

Placa de vidrio e=6 mm

Procedimiento

Calibramos el recipiente llenándolo de agua y colocándolo sobre una balanza, determinamos la masa del recipiente lleno de agua, medimos su temperatura y determinamos su densidad, calculamos el volumen del recipiente dividiendo la masa de agua para la densidad calculada.

Figura 34. *Calibración del recipiente*



Elaboración: La autora, 2023

Secamos la muestra del nuestro agregado a temperatura constante de 110°C.

Figura 35. *Secado en horno*



Elaboración: La autora, 2023

Llenamos 1/3 del volumen del recipiente con grava y nivelamos la superficie.

Figura 36. *Llenado de la primera capa*



Elaboración: La autora, 2023

Varillamos 25 veces la capa con la varilla de apisonamiento, repartiendo los golpes por toda la superficie.

Figura 37. *Varillado de la primera capa*



Elaboración: La autora,2023

Procedemos a llenar 2/3 más sobre la superficie, nivelamos y varillamos con 25 golpes uniformemente sin penetrar la capa inferior.

Figura 38. *Llenado de segunda capa*



Elaboración: La autora,2023

Finalmente llenamos el recipiente en su totalidad y varillamos sin penetrar la capa inferior y nivelamos la superficie, procedemos a pesar el recipiente.

Figura 39. *Pesado del molde más la grava*



Elaboración: La autora,2023

Datos

Para realizar los cálculos se obtuvieron datos generados en el procedimiento de laboratorio los cuales se indican a continuación.

Tabla 14. *Datos de ensayo de porcentaje de vacíos*

DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
Peso molde	gr.	2,345.00	2,345.00	2,345.00
Peso molde + suelo	gr.	6,192.00	6,188.00	6,189.00
Peso seco de la muestra	gr.	3,847.00	3,843.00	3,844.00
Peso en el agua de la muestra	gr.	2,377.60	2,377.60	2,377.60
Volumen de la muestra	Cm ³	2,868.10	2,868.00	2,868.10
Densidad del agua (w)	gr/Cm ³	1.00	1.00	1.00

Elaboración: La autora,2023

Cálculos

Para determinar el porcentaje de vacíos se calculó el peso unitario, el peso aparente y se tomó como dato la densidad del agua.

Peso unitario

Es el peso de la unidad de volumen de la grava en condición húmedo y compactado el cual es expresado en gr/cm³. Determinamos el peso unitario con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M = \frac{(6188.00 - 2345.00)}{2868.1}$$

$$M = 1.34$$

Peso específico aparente (PEA)

Es la relación entre el peso real de la muestra de grava y el volumen total de la misma y lo determinamos con la siguiente fórmula:

$$PEA = \frac{A}{(A - C)}$$

$$PEA = \frac{3,843.00}{(3843.00 - 2377.60)}$$

$$PEA = 2.6225$$

Porcentaje de vacíos

Es la cantidad de volumen de los espacios vacíos existentes entre partículas de la grava, para hallar el porcentaje de vacíos en estado suelto usaremos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(2.6225 \times 1) - 1.340}{2.6225 \times 1}$$

$$\% \text{ Vacíos} = 0.489$$

Calculamos el porcentaje de vacíos en estado compactado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(2.6225 \times 1) - 1.4680}{2.6225 \times 1}$$

$$\% \text{ Vacíos} = 0.44$$

La muestra de grava con ligante se ensayó mediante el método Marshall obteniendo los siguientes datos:

Tabla 15. Cantidad de grava y ligante para mezcla

PESO TOTAL DE LA BRIQUETA (GR):		1200
LIGANTE		AGREGADOS
% DE LIGANTE MC30	LIGANTE (GR)	82.0%
		GRAVA DE 3/4" (GR)
4.50%	54	939.72
5.00%	60	934.80
5.50%	66	929.88
6.00%	72	924.96
6.50%	78	920.04
7.00%	84	915.12

Elaboración: La autora,2023

Para determinar los cálculos del porcentaje de vacíos es necesario saber el peso de la muestra en estado seco, saturado superficialmente seco y sumergido como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. *Peso de muestra en diferente estado*

PESOS DE LA MUESTRA DE GRAVA CON LIGANTE MC30			
% LIGANTE MC30	Ms	M_{ss}	M_{sum}
	A	B	C
4.50%	1228	1244	602.00
5.00%	1234	1248	603.70
6.00%	1202	1227	600.80
6.50%	1244	1250	603.00
7.00%	1220	1233	600.30

Elaboración: La autora,2023

Cálculos

Procedemos a determinar la densidad y la gravedad específica de la mezcla compactada tomando los datos de la tabla 16 y se calcularon los siguientes resultados:

Tabla 17. *Cálculo de la gravedad de la mezcla*

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK DE LA MEZCLA COMPACTADA	
G (kg/m³)	G_{mb}
$G = ((B - C) / A) * 1000$	$G_{mb} = G / 1000$
1912.77	1.913
1915.26	1.915
1919.21	1.919
1922.72	1.923
1928.24	1.928

Elaboración: La autora,2023

Utilizando la gravedad específica bulk y la gravedad específica teórica máxima se procedió a calcular el porcentaje de vacíos de la muestra de grava de 3/4" más ligante mc30.

Tabla 18. Cálculo del porcentaje de vacíos

CÁLCULO DE PORCENTAJE DE VACÍOS				
% LIGANTE MC30	G (kg/m ³)	G _{mb}	G _{mm}	PORCENTAJE DE VACÍOS
	$G = ((B - C) / A) * 1000$	$G_{mb} = G / 1000$		$\%va = 100 * (G_{mm} - G_{mb}) / G_{mm}$
4.50%	1912.77	1.913	2.417	20.9
5.00%	1915.26	1.915	2.402	20.3
6.00%	1919.21	1.919	2.376	19.2
6.50%	1922.72	1.923	2.371	18.9
7.00%	1928.24	1.928	2.372	18.7

Elaboración: La autora, 2023

4.3.2 Determinación del porcentaje de partículas chatas y alargadas

Las muestras con contenidos elevados de partículas chatas y alargadas son susceptibles a quebrarse al momento de aplicarles presión ejercidas por el paso de vehículos de alto tonelaje, debido a que su forma no es la adecuada al ser delgada, perjudicando la distribución y compactación en nuestra mezcla.

Determinar la cantidad de estas partículas es de gran importancia ya que estas desfavorecen a la resistencia de nuestra mezcla con ligante, es preferible usar partículas de forma irregular para su adhesión y también por que nos permite tener más espacios entre partículas facilitando la filtración de agua.

Objetivos de la prueba

Este ensayo tiene como propósito identificar el porcentaje de partículas chatas y alargadas de nuestra muestra de grava. Denominamos partículas chatas cuando la relación entre su ancho y espesor es mayor a 1/3; alargadas cuando la relación entre su largo y ancho es mayor a 1/3.

Las especificaciones técnicas de la NTP 400.040 nos indican los porcentajes admisibles de partículas chatas y alargadas para las diversas mezclas que se muestran a continuación:

Tabla 19. Porcentajes admisibles

MATERIAL	PORCENTAJE MAX
Subbase	20%
Base	15%
Concreto asfáltico	10%
Concreto hidráulico	15%

Elaboración: La autora,2023

Instrumentos

Pie de rey vernier 005 series

Balanza OAHUS S6001F

Tamiz 3/4"(19mm)

Recipiente metálico

Espátula metálica para separación de muestra

Procedimiento

Vaciamos la muestra de grava en el piso de manera que quede homogéneo y procedemos a aplanar y se procede a cuartear la muestra, tomamos dos porciones de la muestra que tengan sentido diagonal.

Figura 40. Cuarteo de la grava



Elaboración: La autora,2023

Pesamos la muestra de grava retenida en la malla de 3/4" (19mm)

Figura 41. *Muestra de grava*



Elaboración: La autora,2023

Con el calibrador o vernier procedemos a medir las partículas relacionando el ancho sobre su longitud y clasificándolas en partículas chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas.

Figura 42. *Clasificación de partículas*



Elaboración: La autora,2023

Inmediatamente de la clasificación procedemos a pesar las muestras según su clasificación y registramos los datos.

Figura 43 *Peso de partículas*



Elaboración: La autora,2023

Datos

El peso de la muestra de grava para realizar este ensayo fue aproximadamente de 5000gr que representa la masa deseada de agregado seco indicada en la siguiente tabla:

Tabla 20. *Peso mínimo del agregado*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (pulg)	PESO MÍNIMO (gr)
3/8"	1000
1/2"	2000
3/4"	5000
1"	10000
1 1/2"	15000
2"	20000
2 1/2"	35000
3"	60000
3 1/2"	100000
4"	150000
4 1/2"	200000
5"	300000
6"	600000

Elaboración: La autora,2023

Cálculos

Para establecer el porcentaje de partículas chatas y alargadas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ partículas chatas y alargadas} = \frac{\text{peso de partículas alargadas y chatas}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ partículas chatas y alargadas} = \frac{408.6}{5000} \times 100$$

$$\% \text{ partículas chatas y alargadas} = 8.17$$

4.2.1 Determinación de la estabilidad

Para hallar la estabilidad usamos el método Marshall que tiene como fin hallar la mezcla adecuada de grava con un contenido de ligante óptimo que permita brindar una serie de características físicas y de resistencia a nuestra mezcla, esta mezcla establece la proporción adecuada de partículas de grava y de ligante asfáltico mc-30, garantizando la estabilidad y el adecuado porcentaje de vacíos para la filtración de agua.

- El diseño de la mezcla seleccionada cumple con los siguientes aspectos:
- Suficiente ligante para adherir las partículas y formar una capa que cubra el agregado y garantice su durabilidad.
- Capacidad de resistencia de la mezcla a la deformación producto del tránsito a la que está sometida la trocha carrozable.
- Adecuado porcentaje de vacíos para la compactación de la mezcla, sin comprometer la permeabilidad.
- Trabajabilidad ideal para la instalación, compactación y tratamiento sin presentar segregación.

Objetivo de la prueba

Este ensayo tiene como finalidad encontrar el contenido adecuado de ligante para que la mezcla llegue a los parámetros deseados del diseño. Para el desarrollo de este ensayo es necesario los siguientes parámetros:

- Que la grava satisfaga las características físico químicas requeridas.
- El uso y manipulación adecuada del ligante Mc 30.
- El cálculo de los pesos específicos de la grava y del ligante Mc 30.

Con el fin de estimar el adecuado porcentaje de asfalto se realizaron 15 muestras con diferentes porcentajes de asfalto, las cuales nos permitieron conocer la estabilidad, el porcentaje de vacíos y el flujo de cada contenido asfalto.

Instrumentos

Máquina Marshall automática UTAS-1056.ACPR

Horno de secado PyS EQUIPOS STHX-2A

Balanza OAHUS S6001F

Martillo para compactación Marshall marca Palio

Molde para compactación Marshall TMB-1548

Recipientes y cucharones metálicos

Procedimiento

Secamos la muestra de 3/4" a temperatura constante de 110°C.

Figura 44. Secado de muestra



Elaboración: La autora,2023

Pesamos el ligante en porcentajes de 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 y 7.5 porciento de contenido de asfalto.

Figura 45. Pesado del ligante



Elaboración: La autora,2023

Calentamos el ligante mc30 a una temperatura de 140°C para luego ser mezclado con la grava de 3/4" aproximadamente 1.250 kg por muestra.

Figura 46. *Mezcla homogénea*



Elaboración: La autora,2023

La mezcla homogénea es colocada en los moldes Marshall. Las muestras colocadas en los moldes de Marshall son compactadas con un martillo apisonador dando 75 golpes.

Figura 47. *Llenado de moldes Marshall*



Elaboración: La autora,2023

Extraemos la muestra de los moldes de Marshall, pesamos la muestra, determinamos el peso específico y su gravedad.

Figura 48. *Extracción de la muestra*



Elaboración: La autora,2023

Sumergimos las muestras en agua y tomamos su peso (peso de muestra sumergida en agua), luego secamos las muestras con una franela y procedemos a pesar (peso de muestra saturado superficialmente seca).

Figura 49. *Muestras de grava con ligante*



Elaboración: La autora,2023

Colocamos la muestra en la máquina de Marshall para determinar su estabilidad, porcentaje de vacíos y el flujo. Anotamos las lecturas que brinda la máquina.

Figura 50. Muestra en la máquina de Marshall automática



Elaboración: La autora,2023

Datos

Tabla 21. Cantidad de agregado según porcentaje de ligante

PESO TOTAL DE LA BRIQUETA (GR):		1200
LIGANTE		AGREGADOS
% DE LIGANTE MC30	LIGANTE (GR)	82.0%
		GRAVA DE 3/4" (GR)
4.50%	54	54.00
5.00%	60	60.00
5.50%	66	66.00
6.00%	72	72.00
6.50%	78	78.00
7.00%	84	84.00

Elaboración: La autora,2023

Tabla 22. *Peso de la mezcla de grava más ligante*

PESOS DE LA MUESTRA DE GRAVA CON LIGANTE MC30			
% LIGANTE MC30	M_s	M_{sss}	M_{sum}
	A	B	C
4.50%	1228	1244	602.00
5.00%	1234	1248	603.70
6.00%	1202	1227	600.80
6.50%	1244	1250	603.00
7.00%	1220	1233	600.30

Elaboración: La autora,2023

Cálculos

Se utilizó la máquina Marshall automática UTAS-1056.ACPR para el ensayo de estabilidad, flujo e índice de rigidez, se procedió a tomar lectura y registrarla como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 23. *Lectura de datos de máquina Marshall*

% LIGANTE MC30	ESTABILIDAD	FLUJO	ÍNDICE DE RIGIDEZ
4.50%	2166.23	11.72	5259.8
5.00%	2426.96	13.17	4491.2
6.00%	2853.56	15.14	2877.3
6.50%	3051.2	15.63	2151.9
7.00%	2441.77	16.43	1832.7

Elaboración: La autora,2023

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Abrasión

Este ensayo se basó en las pruebas que se ejecutaron en el laboratorio utilizando una cantidad de 1250 gr de grava de 3/4", 12 esferas metálicas con una rotación de 15 minutos y 500 revoluciones a una velocidad aproximada de 30 rpm. este ensayo permitió que se obtenga el porcentaje de desgaste para saber la resistencia de las partículas de grava para que pueda ser utilizada en la base de la trocha carrozable como un material permeable. Se ensayo la muestra de grava de 3/4" y se obtuvo un porcentaje de 29.56% de desgaste como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 24. Resultados del ensayo de abrasión

MUESTRA		GRADACIÓN
PASA	RETIENE	12 ESF.
1.5"	1"	1,250
1"	3/4"	1,250
3/4"	1/2"	1,250
1/2"	3/8"	1,250
PESO TOTAL (gr.)		5,000
PESO RETENIDO (EN TAMIZ N°12)		3,522
% DESGASTE		29.56

Elaboración: La autora, 2023

5.2 Porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos es una de las propiedades de la agrupación de partículas de grava y una importante propiedad de la mezcla de grava con ligante debido a que estos espacios entre partículas determinan la estabilidad debido al flujo plástico y al ser expuesto a un tránsito por un periodo de tiempo.

Se ensayo la muestra de grava de 3/4" para hallar el porcentaje de vacíos en estado suelto y en estado compactado dando nos como resultado 48.90 % y 44.02% respectivamente como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25. Resultados del ensayo de porcentaje de vacíos

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO				
DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
Peso molde	gr.	2,345.00	2,345.00	2,345.00
Peso molde + suelo	gr.	6,192.00	6,188.00	6,189.00
Peso seco de la muestra	gr.	3,847.00	3,843.00	3,844.00
Volumen de la muestra	Cm ³	2,868.10	2,868.10	2,868.10
Densidad	gr/Cm ³	1.341	1.340	1.340
Peso volumétrico	gr/Cm ³	1.340		
PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO				
Descripción	UNIDAD			PESO
Peso molde	gr.	2,345.00	2,345.00	2,345.00
Peso molde + suelo	gr.	6,559.00	6,553.00	6,558.00
Peso seco de la muestra	gr.	4,214.00	4,208.00	4,213.00
Volumen de la muestra	Cm ³	2,868.10	2,868.10	2,868.10
Densidad	gr/Cm ³	1.469	1.467	1.469
Peso volumétrico	gr/Cm ³	1.468		
PORCENTAJE (%) DE VACIOS SUELTO				
Descripción	UNIDAD			
% De vacíos				
= (A*w)-b/a*w				
Peso específico aparente (a)	gr/Cm ³	2.6225		
Peso unitario (b)	gr/Cm ³	1.3400		
Densidad del agua (w)	gr/Cm ³	1.00		
% De vacíos	%	48.90		
PORCENTAJE (%) DE VACIOS VARILLADO				
Descripción	UNIDAD			
% De vacíos				
= (A*w)-b/a*w				
Peso específico aparente (a)	gr/Cm ³	2.6225		
Peso unitario (b)	gr/Cm ³	1.4680		
Densidad del agua (w)	gr/Cm ³	1.00		
% De vacíos	%	44.02		

Elaboración: La autora,2023

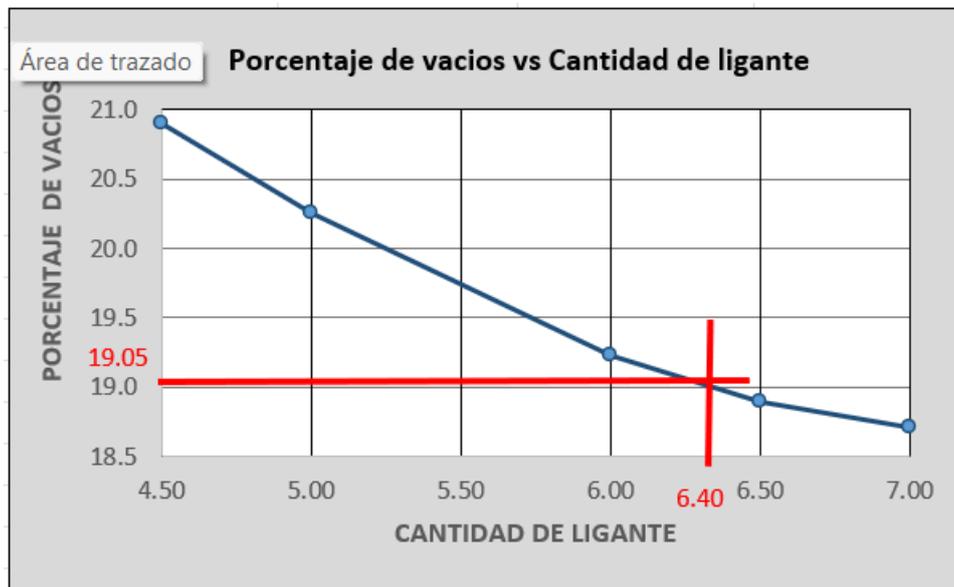
A través del ensayo de Marshall se halló el porcentaje de vacíos de la mezcla de grava con el ligante MC30 teniendo como resultado el porcentaje de vacíos de acuerdo con la cantidad de ligante que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26. *Porcentaje de vacíos según % de ligante*

PORCENTAJE DE LIGANTE MC30	PORCENTAJE DE VACIOS
4.50	20.9
5.00	20.3
6.00	19.2
6.50	18.9
7.00	18.7

Elaboración: La autora,2023

Figura 51. *Grafica de porcentaje de vacíos*



Elaboración: La autora,2023

El porcentaje de vacíos óptimo que se determinó para la mezcla de grava con ligante fue el siguiente:

Tabla 27. Porcentaje de vacíos óptimos

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CANTIDAD
Contenido de ligante mc30	%	6.40
% de vacíos	%	19.05

Elaboración: La autora,2023

5.3 Partículas chatas y alargadas

Se realizó el ensayo de partículas chatas y alargadas en la muestra de grava de 3/4" para determinar el porcentaje de estas debido a que estas partículas tienden a quebrarse, fracturarse y degradarse bajo efectos de compactación y el paso de vehículos perjudicando la mezcla de grava con ligante.

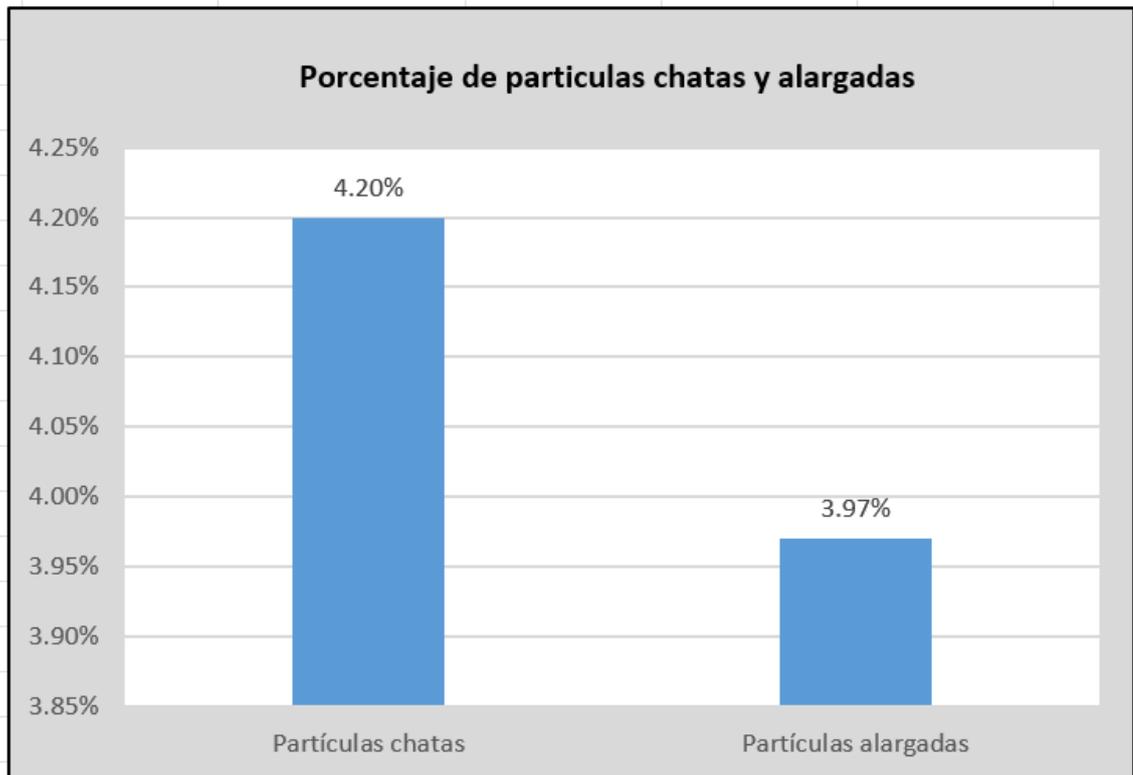
El ensayo estableció el porcentaje de partículas chatas y alargadas dando 8.17% como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 28. Resultados del ensayo de partículas chatas y alargadas

MATERIAL		BASE		CHATAS		ALARGADAS		NI CHATA, NI ALARGADA	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	PESO	%	PESO	%	PESO	%
(pulg)	(mm)								
1"	25.400								
3/4"	19.050	5000	100	210.12	4.20	198.56	3.97	4591.32	91.83
1/2"	12.700								
3/8"	8.750								
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(gr.)	50000					
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)	8.17					

Elaboración: La autora,2023

Figura 52. *Porcentaje de partículas chatas y alargadas*



Elaboración: La autora, 2023

5.4 Estabilidad

Se realizó el ensayo de Marshall para determinar la estabilidad de la mezcla de grava de 3/4" con el ligante MC30, es fundamental determinar la estabilidad para saber la carga máxima que resiste la mezcla y medir la velocidad de deformación que se produce por el tránsito de vehículos.

A su vez este ensayo determina el flujo y el índice de rigidez que nos muestra la capacidad de la mezcla para resistir la deformación sin agrietamientos y el asentamiento gradual.

Los datos registrados del ensayo realizado a la mezcla de grava de 3/4" con ligante MC30 en la máquina de Marshall se muestran en el siguiente cuadro:

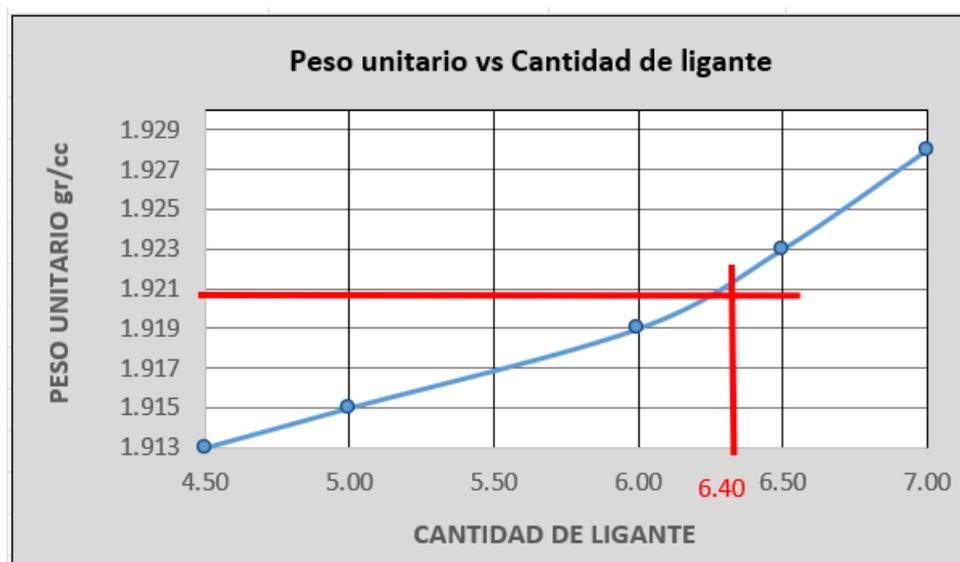
Tabla 29. Resultados del ensayo de Marshall

C. LIGANTE	PESO UNIT.	ESTABILIDAD	FLUJO	INDICE DE RIG.
4.50	1.913	2166.23	11.72	5259.8
5.00	1.915	2426.96	13.17	4491.2
6.00	1.919	2853.56	15.14	2877.3
6.50	1.923	3051.2	15.63	2151.9
7.00	1.928	2441.77	16.43	1832.7

Elaboración: La autora,2023

En la siguiente gráfica se muestra la curva de relación entre el peso unitario y la cantidad de ligante empleado, se interpola para determinar el peso unitario óptimo para la muestra dándonos el valor de 1.92 gr/CC.

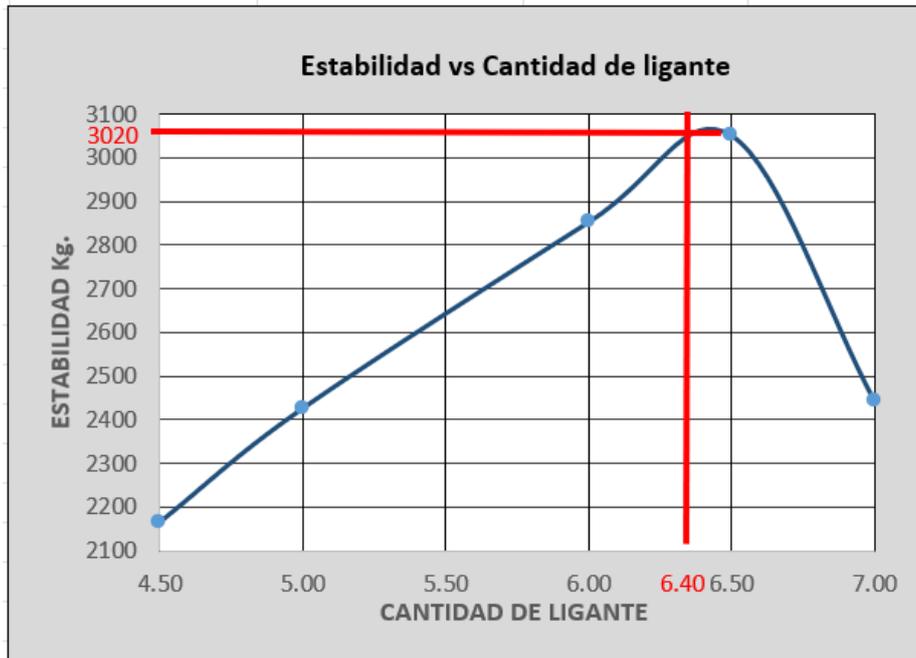
Figura 53 Gráfico de peso unitario



Elaboración: La autora,2023

En el siguiente gráfico se muestra la relación entre el valor de estabilidad y la cantidad de ligante, hallando la cantidad de ligante óptima de 6.4% para una estabilidad de 3020 kg.

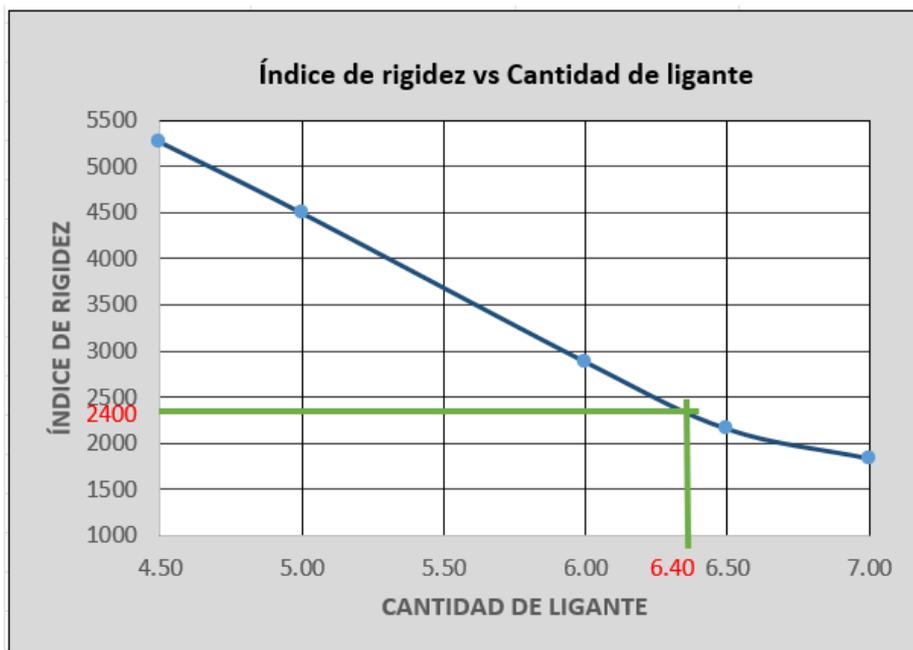
Figura 54. Gráfico de estabilidad



Elaboración: La autora,2023

En la siguiente gráfica se muestra la curva de relación entre el índice de rigidez y la cantidad de ligante empleado, hallando el índice de rigidez de 2400 para una cantidad de ligante de 6.4 %.

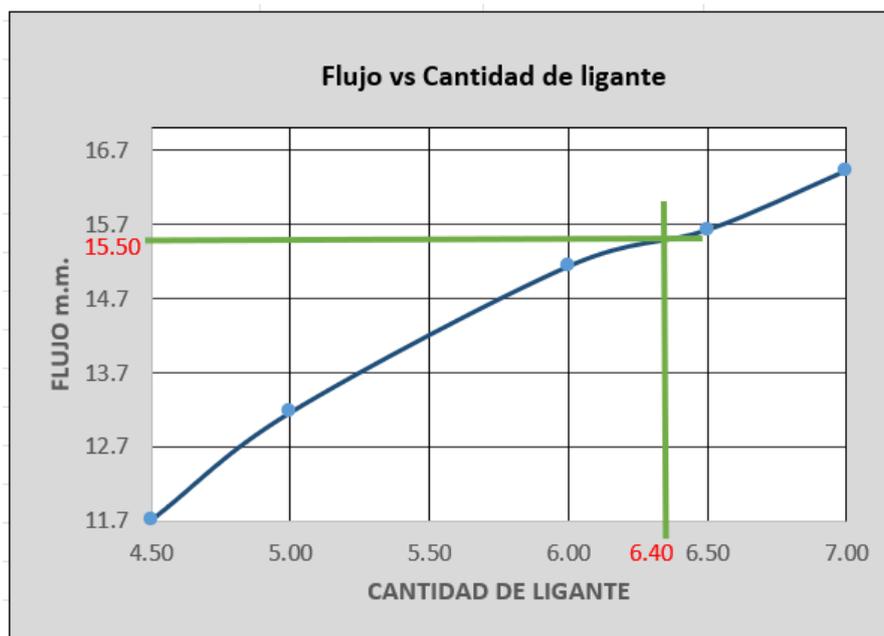
Figura 55. Gráfica de Índice de rigidez



Elaboración: La autora,2023

En la siguiente gráfica se muestra el flujo con relación a la cantidad optima de ligante, la cual nos determina un flujo de 15.50 mm para la cantidad optima de ligante de 6.4 %.

Figura 56. Gráfica de flujo



Elaboración: La autora,2023

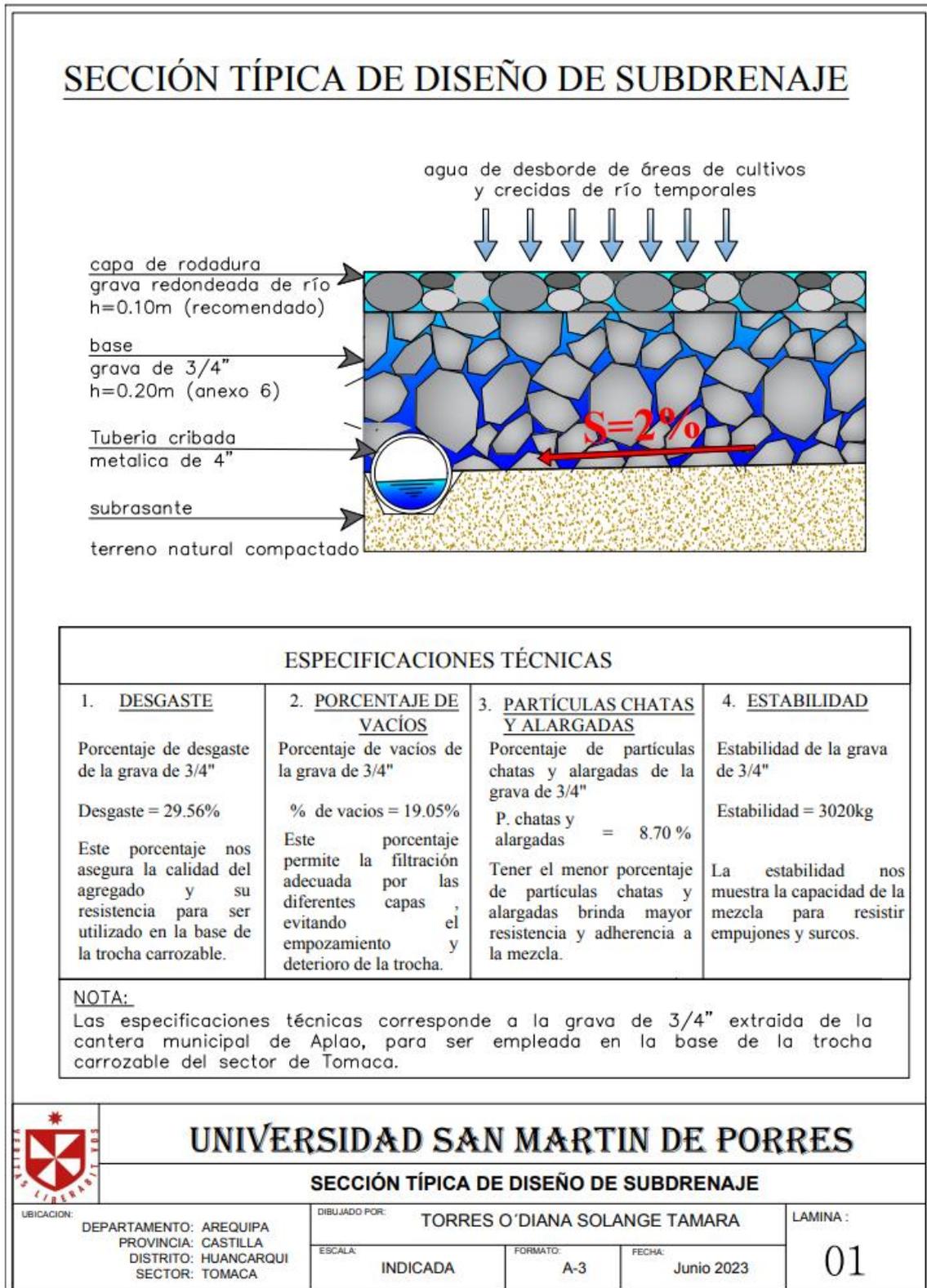
Después de realizar los gráficos e interpolarlos con la cantidad optima de ligante, se obtuvieron los datos óptimos para la muestra de grava de 3/4" con ligante los cuales se muestran a continuación.

Tabla 30. Resultados óptimos para la muestra de grava con ligante

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CANTIDAD
Contenido de ligante	%	6.40
Peso unitario	gr/cc	1.92
Flujo	mm	15.50
Estabilidad	kg	3020.00
Índice de rigidez	Kg/cm	2400.00
Temperatura de la mezcla	°C	140.00

Elaboración: La autora,2023

5.5 Sección típica ideal de la base de la trocha carrozable



CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de hipótesis

6.1.1 Hipótesis general

H.G La aplicación de la grava como material permeable mejora el subdrenaje y evita el deterioro temprano de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que después de haber realizado los ensayos a la grava para aplicarla en la base como material permeable y haber obtenido resultados óptimos se podrá mejorar el subdrenaje y por ende evitar el deterioro temprano de la trocha carrozable del sector de Tomaca.

Tabla 31. *Contratación de hipótesis general*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
La aplicación de la grava como material permeable mejora el subdrenaje y evita el deterioro temprano de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.	Ensayos en laboratorio	Se obtuvo que la propuesta de utilizar grava como material permeable en la base de la trocha carrozable va a permitir obtener un adecuado subdrenaje.	La hipótesis es válida ya que después de realizar los ensayos de laboratorio se pudo obtener las características fisicoquímicas de la grava para ser utilizada como material permeable en la base de la trocha carrozable.

Elaboración: La autora,2023

6.1.2 Hipótesis específicas

H.1 Al determinar la abrasión se pretende obtener un desgaste menor al 30% en las partículas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que después de haber realizado el ensayo de abrasión se puede comprobar el desgaste de las partículas de grava de 3/4" obteniendo un desgaste de 29.56%, la cual será aplicada en la base de la trocha carrozable para brindar una mayor resistencia al tránsito de vehículos y la filtración de líquidos entre sus capas.

Tabla 32. *Contrastación de hipótesis específica 1*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
Al determinar la abrasión se obtiene un desgaste menor al 30% en las partículas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Ensayo de abrasión	Se obtuvo un desgaste de 29.56% en las partículas de la grava para poder obtener un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.	La hipótesis es válida ya que con los resultados del ensayo de abrasión se comprueba un desgaste menor al 30% asegurando la calidad del agregado y su resistencia para ser utilizada en la base y obtener un adecuado subdrenaje evitando el deterioro de la trocha carrozable.

Elaboración: La autora, 2023

H.2 Al realizar el ensayo de porcentaje de vacíos a la grava se pretende alcanzar el 16% para un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que después de haber realizado el ensayo de porcentaje de vacíos se obtuvo un 48.90% para la grava en estado suelto, 44.02% en estado compactado y un 19.05 % para la muestra de grava de 3/4" con ligante MC30 al 6.4%, determinando el porcentaje óptimo de vacíos para poder filtrar el agua por las diferentes capas y evitar el empozamiento en la trocha carrozable.

Tabla 33. *Contrastación de hipótesis específica 2*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
Al realizar el ensayo de porcentaje de vacíos a la grava se obtiene más del 10% para un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Ensayo de porcentaje de vacíos	Se obtuvo un porcentaje de vacíos de 48.90% para la grava en estado suelto, 44.02% en estado compactado y 19.05% en la mezcla de grava de 3/4" más 6.4% de ligante MC30, para obtener un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.	La hipótesis es válida ya que con el ensayo de porcentaje de vacíos se comprobó que la grava tiene los suficientes vacíos para obtener un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.

Elaboración: La autora, 2023

H.3 Al determinar el ensayo de partículas chatas y alargadas pretendemos obtener menos del 10% en la grava para ser utilizada como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que después de haber realizado el ensayo de partículas chatas y alargadas se obtuvo un porcentaje de 8.7% de estas partículas que son perjudiciales al momento de aplicar una presión mínima debido a que su forma no es apropiada al ser tan delgada tiende a fracturarse y no son adecuadas para la mezcla.

Tabla 34. *Contrastación de hipótesis específica 3*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
Al determinar el ensayo de partículas chatas y alargadas se obtiene menos del 10% en la grava para ser utilizada como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Ensayo de partículas chatas y alargadas	Se obtuvo 8.7 % de partículas chatas y alargadas en la muestra de grava para poder obtener un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.	La hipótesis es válida ya que el ensayo de partículas chatas y alargadas es menor al 10 % brindando resistencia a la mezcla contribuyendo a un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.

Elaboración: La autora, 2023

H.4 Al determinar el valor de estabilidad se pretende una resistencia mayor a 1000 kg para utilizar la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que después de haber realizado el ensayo de Marshall se pudo determinar la estabilidad de 3020 kg que tiene la muestra de grava de 3/4" con ligante al 6.4% para ser aplicada en la base de la trocha carrozable y soportar el paso de los vehículos, formación de surcos, asentamiento gradual y la deformación sin agrietarse.

Tabla 35. *Contrastación de hipótesis específica 4*

Hipótesis planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
Al determinar el valor de estabilidad se obtiene una resistencia mayor a 1000 kg para utilizar la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Ensayo Marshall	Se obtuvo una estabilidad de 3020 kg para utilizar grava como material permeable y obtener un adecuado subdrenaje evitando el deterioro de la trocha carrozable.	La hipótesis es válida ya que el ensayo de Marshall nos brinda la estabilidad para contrarrestar los hundimientos, asentamiento gradual y la deformación para obtener un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable.

Elaboración: La autora, 2023

6.2 Contrastación de Antecedentes

6.2.1 Antecedente Nacional

Japa (2020) en su investigación ***“Diseño de pavimento rígido permeable con mayor porosidad y resistencia $f'c=210$ kg/cm² a la compresión utilizando agregados de la cantera Figueroa para un óptimo drenaje urbano en la ciudad de Huánuco”*** tiene como finalidad proponer un diseño de pavimento rígido permeable que tenga alta porosidad y resistencia al momento de comprimirse y pueda ser suministrado como un idóneo sistema de drenaje en Huánuco, para esto se realizó cuatro diseños de mezcla de concreto permeable utilizando los lineamientos del ACI 522 R-10.

A su vez se elaboró muestras cilíndricas de 6 x 12” con cemento Portland andino tipo I y agregados de 1/2” y 3/8” que se extrajeron de la cantera Figueroa, se utilizaron las normas correspondientes para realizar los ensayos de caracterización de agregados, así como también para poder elaborar y curar cada una de las muestras, también se utilizó la norma para determinar la compresión.

Se obtuvo como resultados que el primer diseño que se añadió agregado de 1/2” y 15% de vacíos alcanzó una resistencia de 149.07 kg/cm² con una permeabilidad de 1.354 cm/seg, en el segundo diseño se utilizó agregados de 1/2” y 18% de vacíos y se obtuvo una resistencia de 79.24 kg/cm² con una permeabilidad de 1.615 cm/seg, en el tercer diseño se utilizó agregados de 3/8” y 15% de vacíos alcanzando una resistencia de 216.45 kg/cm² y una permeabilidad de 0.309 cm/seg, por último en el cuarto diseño se obtuvo una resistencia de 119.34 kg/cm² y una permeabilidad de 0.433 cm/seg.

Se concluyó que cuanto mayor es el tamaño del agregado menor va a ser la resistencia al momento de comprimirse, pero mayor va a ser su permeabilidad al poseer más porcentaje de vacíos, el tercer diseño que cuenta con un agregado de 3/8” y 15% de vacíos fue el diseño adecuado pasando una resistencia de 210 kg/cm² determinada en la norma CE010 de pavimentos urbanos, poseyendo una permeabilidad de 0.433 cm/seg.

Tabla 36. *Contrastación antecedente nacional*

Antecedente nacional	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
<p>“Diseño de pavimento rígido permeable con mayor porosidad y resistencia $f'c=210$ kg/cm² a la compresión utilizando agregados de la cantera Figueroa para un óptimo drenaje urbano en la ciudad de Huánuco”</p>	<p>Lineamientos del ACI 522 R-10</p>	<p>Se realizaron cuatro diseños con diferente porcentaje de agregados y vacíos el óptimo fue el tercer diseño que cuenta con un agregado de 3/8" y 15% de vacíos poseyendo una permeabilidad de 0.433 cm/seg.</p>	<p>Se concluyo que mientras mayor sea el tamaño del agregado menor va a ser su resistencia al momento de comprimirse, pero mayor va a ser su permeabilidad al poseer más porcentaje de vacíos.</p>

Elaboración: La autora,2023

6.2.2 Antecedente Internacional

Rodríguez & Castañeda (2018) en su investigación “**Variación de la permeabilidad de pavimentos drenantes elaborados con gravas de TMN 1” Y 1/2”** señalan que en la ciudad de Girardot donde la intensidad de lluvia es significativa lo cual hace que se generen problemas de inundación en las carreteras urbanas es por ello por lo que plantean la utilización de pavimentos drenantes como solución.

Este proyecto pretende calcular la variabilidad del coeficiente de permeabilidad de los concretos usando como variable la dimensión del agregado, se elaboró nueve muestras de concreto drenante con diversos tamaños de grava los cuales son de 1 pulgada y de ½ pulgada las cuales son distribuidas en esta zona y se diseñó un dispositivo que permitió calcular la permeabilidad de los especímenes.

Este modelo es de una tubería de 1 pulgada que va a encausar el fluido hacia la muestra para prevenir los desgastes del fluido se usó una masilla

y un látex como embudo entre muestra y tubería vertiendo una cantidad de 3 litros de agua y midiendo el lapso de infiltración de las muestras que se obtuvieron.

Luego de haber realizado un análisis a los resultados y comparado con el caudal de precipitaciones del IDEAM se infiere que las muestras realizadas son adecuadas debido a que la permeabilidad es mayor a 15 cm/s.

Tabla 37. *Contrastación antecedente internacional*

Antecedente internacional	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
"Variación de la permeabilidad de pavimentos drenantes elaborados con gravas de TMN 1"	Ensayos de laboratorio	Luego de haber realizado un análisis a los resultados obtenidos y compararlos con el caudal de precipitaciones del IDEAM se infiere que las muestras realizadas cumplen con lo establecido ya que su permeabilidad es mayor a 15 cm/s.	Se concluyo que la permeabilidad de los concretos drenantes elaborados con agregados van a variar con respecto a la porosidad es decir a mayor porosidad mayor será la permeabilidad de la nuestra.

Elaboración: La autora, 2023

CONCLUSIONES

1. Se determina a la grava como un material permeable adecuado; para ser utilizado en la base de la trocha carrozable como subdrenaje y evitar el deterioro temprano de la vía. Según resultado de los ensayos de abrasión, partículas chatas y alargadas, estabilidad y porcentaje de vacíos.
2. El desgaste de la grava producido por la abrasión; es apta, tiene una resistencia dentro de los parámetros permitidos. Empleando el método A, el cual consiste determinar el peso total de la muestra, el número de esferas, el tiempo y las RPM, dando un valor del 29.56% de desgaste.
3. El porcentaje de vacíos es adecuado debido que para lograr un contenido alto de vacíos se necesita una granulometría especial la cual se obtiene al utilizar un alto contenido de agregado grueso. El ensayo realizado a las muestras de grava con ligante determinó un 19.02% de vacíos, en estado suelto 48.90% y en estado compactado 44.02%.
4. La muestra de grava cumple con los parámetros normados, brindando resistencia contra los efectos de compactación producidos por el tránsito de vehículos, se debe tener un porcentaje menor al 10%. Para el ensayo de partículas chatas y alargadas realizado a la muestra de grava de 3/4" se obtuvo un porcentaje de 8.7%.
5. La estabilidad alcanzada de la muestra es resistente a la deformación y soporta la carga producida por el tránsito de vehículos que pasan por la trocha carrozable. Para el ensayo de Marshall empleado a la muestra de grava de 3/4" con el ligante MC 30 se obtuvo un valor de 3020 kg.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los ensayos a los agregados en laboratorios certificados y que cuenten con equipos calibrados para disminuir los porcentajes de error y se puedan obtener resultados válidos.
2. Considerar en el ensayo de abrasión el método correcto según la granulometría a emplear, manipular la muestra de manera que no haya desperdicio de partículas en el proceso de tamizado y en la máquina de los ángeles, para poder obtener un cálculo adecuado. Debemos tener en cuenta las características fisicoquímicas ya que de ellas depende la resistencia al desgaste.
3. Establecer el porcentaje de vacíos determina la permeabilidad de la mezcla, una baja cantidad de vacíos impide la filtración de agua, una alta cantidad de vacíos reduce la estabilidad de la mezcla, por ello se debe considerar el rango de porcentajes de 15% a 20% para una adecuada filtración sin afectar la estabilidad.
4. Limitar el porcentaje de partículas chatas y alargadas favorece al comportamiento en la estructura de la muestra, asimismo, en la distribución y compactación de la mezcla, sugiriendo como porcentaje admisible valores menores al 10%.
5. Actualizar la normativa peruana sobre pavimentos permeables y tomar en cuenta normativas extranjeras, así mismo incorporar manuales para ensayos que ayuden a determinar la estabilidad para muestras permeables.
6. Considerar en futuros proyectos del sector público encargados de la infraestructura vial, la aplicación de la grava como material permeable por sus características naturales que permiten la filtración de agua, su bajo costo y fácil extracción. Pudiendo ser utilizado en diversas vías, aparcamientos, jardineras, entre otros espacios que presenten problemas por empozamiento.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Angelone, S. Garibay, M. & Cauhape, M. (2006). Geología y geotecnia. *Permeabilidad de suelos*. [Archivo PDF]. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>

Alam, T. Mahmoud, A. Jones, K. Bezares. JC. Guerrero, J. (2019). A Comparison of Three Types of Permeable Pavements for Urban Runoff Mitigation in the Semi-Arid South Texas, U.S.A. *Revista Water*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Comparison-of-Three-Types-of-Permeable-Pavements-Alam-Mahmoud/5e5238bc935c625609e0c187f91e1112e307a7f6?sort=relevance&citationIntent=background>

Amorós, M. Bendezú, J. (2019). *Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm²* [Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico de la UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626313>

Anónimo. (s.f). *Permeabilidad*. <https://www.coatcaceres.es/FTP/NORMATIVA/02%20NACIONAL/02%2002%20B%C3%81SICA%20CONSTRUCTIVA/02%2002%2002%20CTE/02%2002%2002%2001%20DB-SE%20Seguridad%20Estructural/2007%20PERMEABILIDAD%20DE%20SUELOS.pdf>

Método Marshall (2011). Diseño de mezclas método Marshall (ASTMD 1559). <https://toaz.info/doc-view-2>

Chacón, N. Chicas, E. y Martínez. (2020). Pisos permeables con plástico reciclado y material granular como alternativa de construcción sostenible en El Salvador. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Repositorio

académico de universidad el Salvador.
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/25261/>

Bautista (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según la norma ACI 522r-10* [Tesis de Grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio académico de la USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4928>

Calderón y Cuellar (2019). *Cambio climático y resiliencia en carreteras* [Tesis de Grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio académico de la URP. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2676/CIV_T030_70558967_T%20%20%20CACHI%20CALDERON%20KARLA%20SHELLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Diccionario de arquitectura y construcción (2023). Definiciones y traducciones. Recuperado el 10 de mayo del 2023, de <https://www.parro.com.ar/definicion-de-ligante>

Elize, T. Boogaard, F. y Kluck, J. (2022). Unlocking the Potential of Permeable Pavements in Practice: A Large-Scale Field Study of Performance Factors of Permeable Pavements in The Netherlands. *Revista Water*. <http://dx.doi.org/10.3390/w14132080>

Morales, M. (2020). *Tipos de grava para construcción*. Ferrex. <https://www.materialesparaconstruccion.com.mx/blog/tipos-de-grava-para-construir/#:~:text=La%20grava%20es%20uno%20de,de%20un%20proceso%20de%20triturado.>

Jacinto (2021). *Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo* [Tesis de Grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio académico de la USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3189>

- Japa, L. (2020). *Diseño de pavimento rígido permeable con mayor porosidad y resistencia $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a la compresión utilizando agregados de la cantera Figueroa para un óptimo drenaje urbano en la ciudad de Huánuco*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Hermilio Valdizan]. Repositorio académico de la UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7334>
- Kayhanian, M. Li, H. Harvey, J. Liang, X. (2019) Application of permeable pavements in highways for stormwater runoff management and pollution prevention: California research experiences. *Revista internacional de ciencia y tecnología del transporte*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046043018301333>
- López (2022). *Canteras* [Archivo PDF]. <https://www.academia.edu/36580937/Canteras>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2008). Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Edición 1. Macro. Lima, Perú. p. 68 - 93. <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2008). Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Edición 1. Macro. Lima, Perú. p. 8. <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: diseño geométrico DG – 2018. Edición 1. Macro. Lima, Perú. p. 13. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Norma técnica peruana. (2019). Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128). Aprobado por CRT. (Perú).

- Norma técnica peruana. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad (NTP 339.127). Aprobado por CRT. (Perú).
- Norma técnica peruana. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (NTP 339.129). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (2019). Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)) (NTP 339.142). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (2019). Suelos. Método de ensayo de CBR (relación de soporte de California de suelos compactados en el laboratorio (NTP 339.145). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (2011). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados (NTP 400.017). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (2014). Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019). Aprobado por CRT (Perú).
- Norma técnica peruana. (1999). Agregados. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso (NTP 400.040). Aprobado por CRT (Perú).
- Rodríguez, K. Castañeda, P. (2018). *Variación de la permeabilidad de pavimentos drenantes, elaborados con gravas de TMN 1" y ½"*. [Tesis de Grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio académico de la UNIPILOTO.<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/568>

- Rica (2008). *Ligantes en la construcción*. El almacén de materiales. <http://almacendemateriales.blogspot.com/2008/11/materiales-de-construccion-el-cemento.html>
- Sinecio, M. (2018). *El pavimento permeable, sus beneficios pueden ser encaminados a la captación de agua para evitar inundaciones*. SIIG ingeniería y consultoría. [https://www.siig.mx/post/el-pavimento-permeable-sus-beneficios-pueden-ser-encaminados-a-la-captaci%C3%B3n-de-agua-para-evitar %20a%20los%20peatones](https://www.siig.mx/post/el-pavimento-permeable-sus-beneficios-pueden-ser-encaminados-a-la-captaci%C3%B3n-de-agua-para-evitar-%20a%20los%20peatones).
- Sopan, G. Soto, L. (2020). *Propuesta de diseño de pavimento, utilizando concreto permeable para el control del drenaje pluvial en el Jr. Malecón Germán Aliaga de la ciudad de Tocache* [Tesis de Grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio académico de la UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1005>
- Suárez, B. (2016). *Deterioros en la carretera*. Recuperado el 06 de mayo del 2023 de <https://docplayer.es/17913311-2-deterioros-en-la-carretera.html>
- Vise. (2021). *Características de la grava y otras particulares que debes conocer de este agregado*. Blog vise. <https://blog.vise.com.mx/caracteristicas-de-la-grava-y-otras-particulares-de-este-agregado>
- Vise. (2023). *Capas de un pavimento*. Blog Vise. <https://blog.vise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>

Anexo 1 Matriz de consistencia



Título de Tesis: GRAVA COMO MATERIAL PERMEABLE PARA EL ADECUADO SUBDRENAJE Y EVITAR EL DETERIORO DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA DISTRITO DE HUANCARQUI PROVINCIA DE CASTILLA DEPARTAMENTO DE AREQUIPA						
Elaborado por: Torres O'Diana Solange Tamara						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Abrasión Porcentaje de vacíos Partículas chatas y alargadas Valor de estabilidad	Diseño	
¿De que manera influye la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa?	Determinar la influencia de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.	La aplicación de la grava como material permeable mejora el subdrenaje y evita el deterioro temprano de la trocha carrozable del sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa.	X: Grava como material permeable		Tipo de investigación:	Cuantitativa
					Nivel de investigación	Aplicada
					Diseño de investigación	Diseño Experimental
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Tubería cribada Material permeable	Muestra	
¿Cómo determinar la abrasión de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?	Determinar la abrasión de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Al determinar la abrasión se obtiene un desgaste menor al 30% en las partículas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.			La primera población está conformada por grava y la segunda población es grava con ligante, este material fue extraído de la cantera de Aplao. La muestra para la grava es de 10.095 kg de este material, y la muestra para la grava con ligante es de 15 probetas cilíndricas.	
¿Cómo determinar el porcentaje de vacíos de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?	Determinar el porcentaje de vacíos de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Al realizar el ensayo de porcentaje de vacíos a la grava se obtiene más del 10% para un adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.			Instrumentos	Como instrumento de recolección de datos de campo se utilizó un plano de ubicación y localización, una malla para tamizar el material, una pala manual y una cámara fotográfica para registrar evidencias, como instrumento de registro de datos de laboratorio se contó con fichas técnicas del laboratorio, los resultados de los ensayos han sido procesados con el programa Excel donde se realizaron tablas y gráficos.
¿Cómo determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?	Determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Al determinar el ensayo de partículas chatas y alargadas se obtiene menos del 10% en la grava para ser utilizada como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Y: Adecuado subdrenaje		Procedimiento	El procedimiento que se realizó para la primera población fue realizar los ensayos de peso unitario y porcentaje de vacíos, abrasión y partículas chatas y alargadas. El procedimiento que se realizó para la segunda población es realizar 15 muestras cilíndricas de grava con ligante las cuales fueron sometidas al ensayo de Marshall.
¿Cómo determinar el valor de estabilidad de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui?	Determinar el valor de estabilidad de la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.	Al determinar el valor de estabilidad se obtiene una resistencia mayor a 1000 kg para utilizar la grava como material permeable para el adecuado subdrenaje y evitar el deterioro de la trocha carrozable del sector de Tomaca en el distrito de Huancarqui.				

Anexo 2 Perfil estratigráfico

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Proyecto: **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA**

Solicita: **Srta. Solange Tamara Torres O'Diana**

Fecha : **ABRIL 2023**

sector de Tomaca distrito de Huancarquí provincia de

Ubicacion : **Castilla departamento de Arequipa**

Calicata : **02**

PROFUNDIDAD		SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION
5	cm	RELLENO		Material de relleno
10	cm			
20	cm			
25	cm			
30	cm			
35	cm			
40	cm			
45	cm	SP - SM		Material con clasificacion SUCS : SP - SM Arena Limosa Pobremente Graduada, Clasificacion AASHTO: A-1-b (0)
50	cm			
60	cm			
65	cm			
70	cm			
75	cm			
85	cm			
90	cm			
100	cm			
110	cm			
120	cm			
130	cm			
140	cm			
150	cm			

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
RESPONSABLE

Victor Vidal Chavez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I. 29638

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscase@gmail.com

RUC:

10454608696

OBRA: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA

UBICACIÓN : Sector de Tomaca Distrito de Huancarqui Provincia de Castilla Departamento de Arequipa

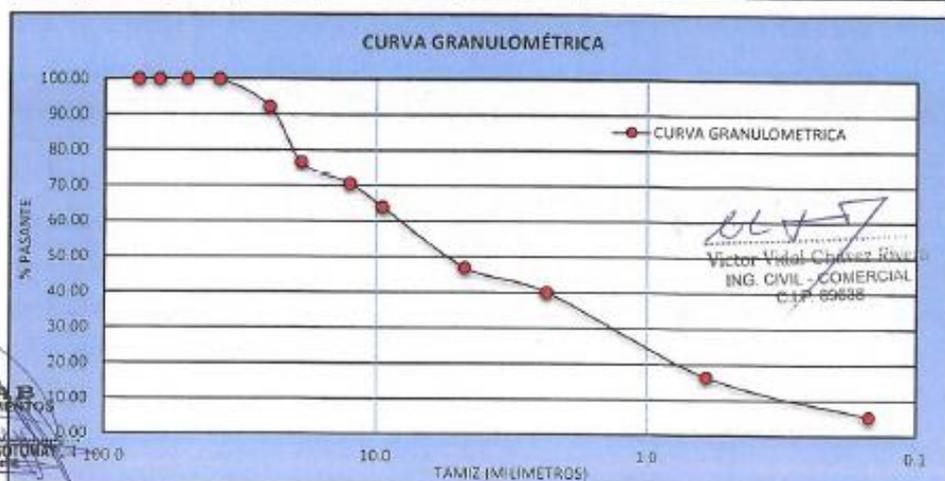
SOLICITA : Srta. Solange tamara Torres O'Diana

CALICATA : 02

F. EMICIÓN : abril 2023

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.6	0.0	0.00	0.00	100.00	Peso total = 1907.10 g
3"	75.0	0.0	0.00	0.00	100.00	Peso #4 = 895.80 g
2 1/2"	63.0	0.0	0.00	0.00	100.00	Peso agregado grueso = 1011.3 g
2"	50.0	0.0	0.00	0.00	100.00	Peso agregado fino = 895.84 g
1 1/2"	38.1	0.0	0.00	0.00	100.00	CLASF SUCS = SP-SM
1"	25.0	148.9	7.81	7.81	92.19	Contenido de humedad = 9.82 %
3/4"	19.0	298.5	15.65	23.46	76.54	% de grava = 53.02 %
1/2"	12.5	112.4	5.89	29.35	70.65	% de arena = 55.98 %
3/8"	9.5	126.9	6.65	36.01	63.99	
1/4"	6.3	178.8	9.38	45.38	54.62	Profundidad = 1.50 m.
# 4	4.75	145.80	7.64	53.03	46.97	Material = Muestra
# 8	2.36	133.30	6.99	60.02	39.98	Indice Plastico = NP
# 10	2.00	131.20	6.88	66.90	33.10	Limite Liquido = 17.80
# 16	1.18	119.11	6.25	73.14	26.86	CLASF. AASHTO = A-1-b (0)
# 20	0.85	101.40	5.32	78.46	21.54	
# 30	0.60	98.13	5.15	83.60	16.40	Obs:
# 40	0.43	101.30	5.31	88.92	11.08	
# 50	0.36	102.90	5.40	94.31	5.69	
# 100	0.15	8.00	0.42	94.73	5.27	
# 200	0.075	46.500	2.44	97.17	2.83	
< # 200	fondo	54.000	2.83	100.00	0.00	



CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS A. APARICIO SOTOMAYOR

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

RUC:

10454608696

Anexo 3 Ensayo de CBR, contenido de humedad

OBRA: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA

UBICACIÓN : sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa
SOLICITA : Srta. Solange tamara Torres O'Diana
CALICATA : 02
F. EMISIÓN : abril 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

COMPACTACION CBR

MOLDE	1		2		3	
	5	10	5	10	5	10
N° Capes	5		5		5	
N°Golp x Capa	10		25		50	
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES
P. Húm. + Molde	801.00	934.00	820.00	932.00	8345.00	9365.00
Peso Molde (gr)	4679.00	4670.00	4679.00	4679.00	4679.00	4679.00
Peso Húmedo (gr)	4332.00	4365.00	4521.00	4541.00	4667.00	4670.00
Vol. Molde (cc)	2090.00	2090.00	2090.00	2090.00	2090.00	2090.00
Densidad H.(g/cc)	2.11	2.13	2.21	2.26	2.28	2.29
Número de Ensayo	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
P. Húmedo + Tara	60.54	60.33	78.55	82.16	75.22	75.28
Peso Seco + Tara	54.88	54.07	63.95	73.00	66.88	66.34
Peso Agua (gr)	5.66	6.26	14.60	9.16	8.34	8.94
Peso Tara (gr)	19.36	21.86	19.04	21.54	18.77	21.27
P. Muestra Seca	35.52	32.21	50.95	51.46	48.11	45.07
Cont. Humedad	15.93%	19.43%	16.80%	17.80%	17.34%	19.84%
Cont. Hum.Prom.	15.93%	19.43%	16.82%	17.80%	17.34%	19.84%
DENSIDAD SECA	1.823	1.783	1.888	1.922	1.940	1.903

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO (Hs)	(Dias)	NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA		HINCHAMIENTO (%)
		DEFORM.	(mm)		DEFORM.	(mm)		DEFORM.	(mm)	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
48	2	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
72	3	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
96	4	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION (mm)	(gulg)	MOLDE N° 01					MOLDE N° 02					MOLDE N° 03				
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%
		sd. PSI	Lb.	Lb.	PSI		Lb.	Lb.	PSI	%		Lb.	Lb.	PSI	%	
0.00	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.04	0.025	5	36	12	5	2	15	5	2	10	6	2	10	6	2	10
1.27	0.050	14	107	30	8	8	60	20	14	60	34	14	60	34	14	60
1.91	0.075	27	203	68	19	19	146	49	54	402	136	54	402	136	54	402
2.54	0.100	39	295	99	15.0	39	292	98	124	933	313	124	933	313	124	933
5.08	0.200	106	798	267	214	214	1623	538	438	4321	1429	438	4321	1429	438	4321
7.62	0.300	192	1442	484	451	451	3379	1134	647	7101	2283	647	7101	2283	647	7101
10.16	0.400	277	2077	687	694	694	5203	1746	1381	10433	3501	1381	10433	3501	1381	10433
12.70	0.500	372	2789	938	917	917	6878	2308	1955	14299	4795	1955	14299	4795	1955	14299


CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.F. 89838


Victor Vidal Chávez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.F. 89838

Numero de contacto:

Email:

RUC:

956 - 002 - 029

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

10454608696

OBRA: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA

UBICACIÓN : Sector de Tomaca Distrito de Huancarqui Provincia de Castilla Departamento de Arequipa

SOLICITA : Srta. Solange tamara Torres O'Diana

CALICATA : 01

F. EMICIÓN : abril 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
NORMA ASTM D - 2216

CONTENIDO DE HUMEDAD		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
DESCRIPCION	PESO (gr)	
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA (g)	600.30	
PESO SUELO SECO + CAPSULA (g)	558.40	
PESO DEL AGUA (g)	41.90	
PESO DE LA CAPSULA (g)	0.00	Obs: La muestra fue
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	558.40	Obtenida InSitu
% DE HUMEDAD	7.50	

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
REPRESENTANTE

Victor Vidal Chávez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 65638

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

RUC:

10454608696

Anexo 4 Proctor modificado

**INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA ASTM D 1557 - C**

Proyecto: **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA**

Solicita : **Srta. Solange tamara Torres O'Diana**

Ubicación : **Sector de Tomaca Distrito de Huancarqui Provincia de Castilla Departamento de**

Calicata : **Arequipa**

F. emisión del informe : **01**

F. emisión del informe : **abril 2023**

TABLA DE DATOS PARA ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA MUESTRA

DATOS	UND	ENSAYOS			
		1	2	3	4
Volumen del molde	cc.	930	930	930	930
Peso suelo húmedo + molde	gr.	3736	3887	4036	4085
Peso del Molde	gr.	1907	1907	1907	1907
Peso del Suelo Húmedo	gr/cc	1829	1980	2129	2178
Densidad del suelo Húmedo	gr/cc	1.967	2.129	2.289	2.342

DATOS	UND	ENSAYOS			
		1	2	3	4
Suelo Húmedo + Tara	gr.	72.71	76.33	78.65	75.23
Peso del suelo seco + tara	gr.	69.48	71.68	73.07	68.9
Peso del agua	gr.	3.23	4.65	5.58	6.33
Peso de la tara	gr/cc	19.36	18.77	19.04	18.96
Peso del suelo Seco	gr/cc	50.12	52.91	54.03	49.94
% de Humedad	gr/cc	6.44	8.79	10.33	12.68
Promedio de Humedad (%)	gr/cc	6.44	8.79	10.33	12.68
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.848	1.957	2.075	2.078

Observaciones:

- *Número de golpes: 56
- *Método utilizado: C
- *Tipo de Compactador: Manual
- **Información proporcionada por el solicitante

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
REPRESENTANTE

Victor Vidal Chavez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 50000

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

RUC:

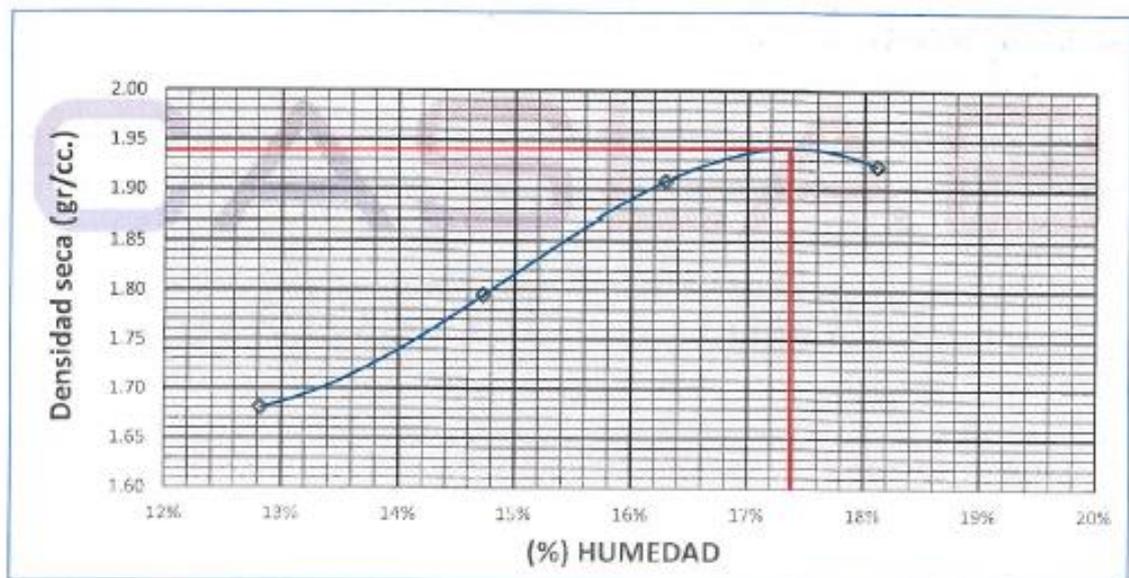
10454608696

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
NORMA ASTM D 1557 - C

Proyecto: **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA TROCHA CARROZABLE DEL SECTOR DE TOMACA**

Solicita : Srta. Solange tamara Torres O'Diana
Ubicacion : Sector de Tomaca Distrito de Huancarqui Provincia de Castilla Departamento de Arequipa
Calicata : 02
F. emisión del informe : abril 2023

CURVA DE COMPACTACIÓN



Observaciones:

- *Densidad Seca Máxima: 1.94 gr/cc
- *Humedad Óptima: 17.40%

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
C.I.P. 69838

Victor Vidal Chavez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 69838

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

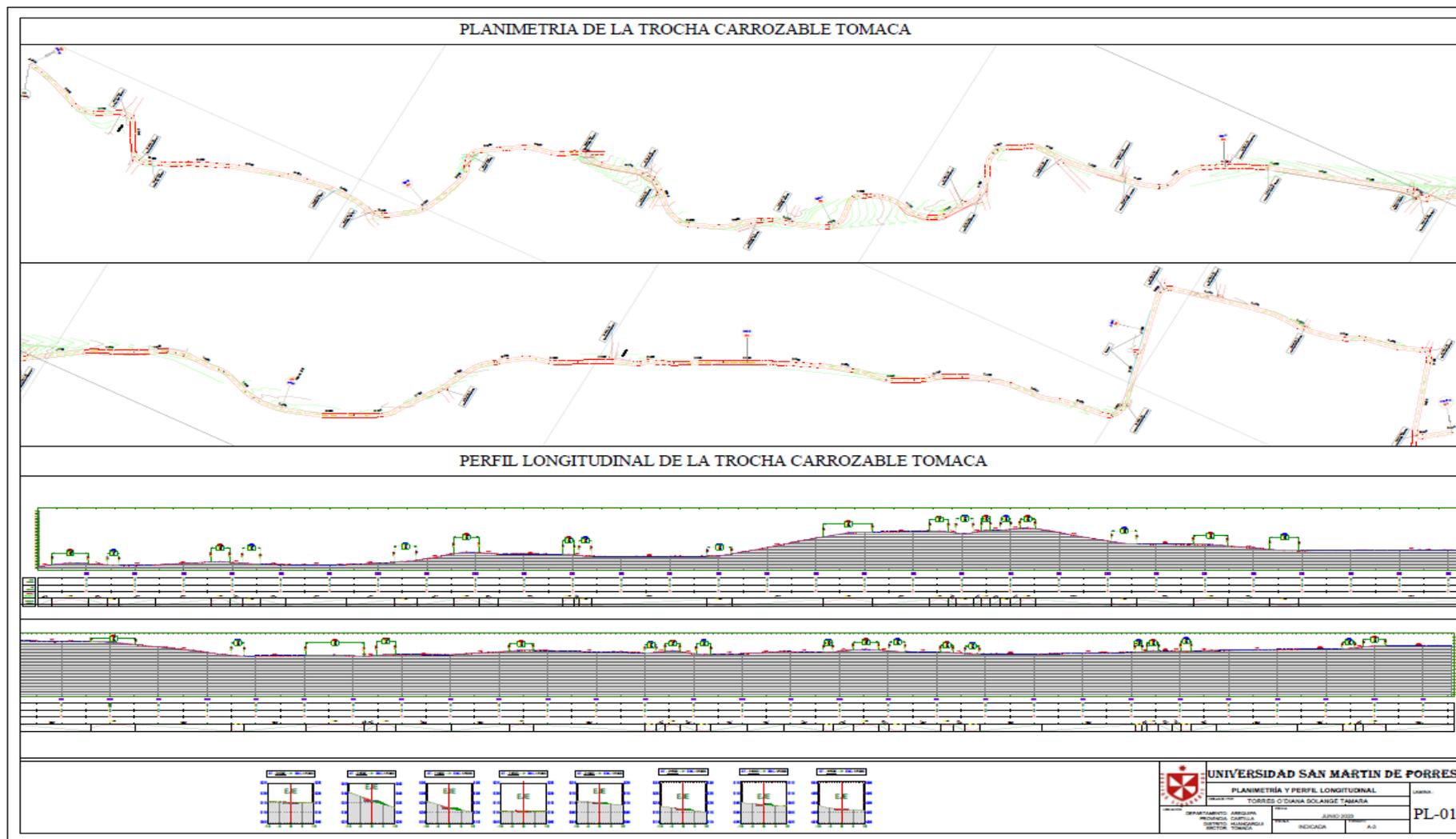
Email:

lab.suelosypavimentoscase@gmail.com

RUC:

10454608696

Anexo 5 Plano topográfico



Anexo 6 Estudio de tráfico

ESTACION	Trocha Tomaca
COD. E STACION	001 - CV

AÑO DEL E STUDIO	2023
TIEMPO E STIMADO PARA EJECUCION	1

FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL	V. LIGERO	1.147064426	ME S	abril
	V. PESADO	1.072957042		

DIA		Automovil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Mototaxi	Omnibus		Camiones		
				Pick Up	Panel	Rural			2E	3E	2E	3E	4E
													
lunes 17/04/2023	Trocha Tomaca	8	8	2	0	0	0	15	0	0	18	4	0
martes 18/04/2023	Trocha Tomaca	6	13	8	3	3	0	20	0	0	28	6	0
miercoles 19/04/2023	Trocha Tomaca	12	15	2	0	0	3	20	0	0	19	7	1
jueves 20/04/2023	Trocha Tomaca	16	12	4	0	0	2	23	0	0	30	4	4
vienes 21/04/2023	Trocha Tomaca	20	15	6	3	3	0	37	0	0	23	7	1
sabado 22/04/2023	Trocha Tomaca	22	14	6	0	0	0	32	0	0	16	8	2
domingo 23/04/2023	Trocha Tomaca	20	12	5	0	0	0	28	0	0	23	6	3
IMDs(semanal)	Trocha Tomaca	15	13	5	1	1	1	25	0	0	23	42	2
IMDa(anual)	Trocha Tomaca	17.205966	14.911838	5.7353221	1.1470644	1.1470644	1.1470644	26.823926	0	0	24.678012	45.0641958	2.14591408
2023	TOTAL DE VEHICULOS	17	15	6	1	1	1	27	0	0	25	45	2

CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA BASE:

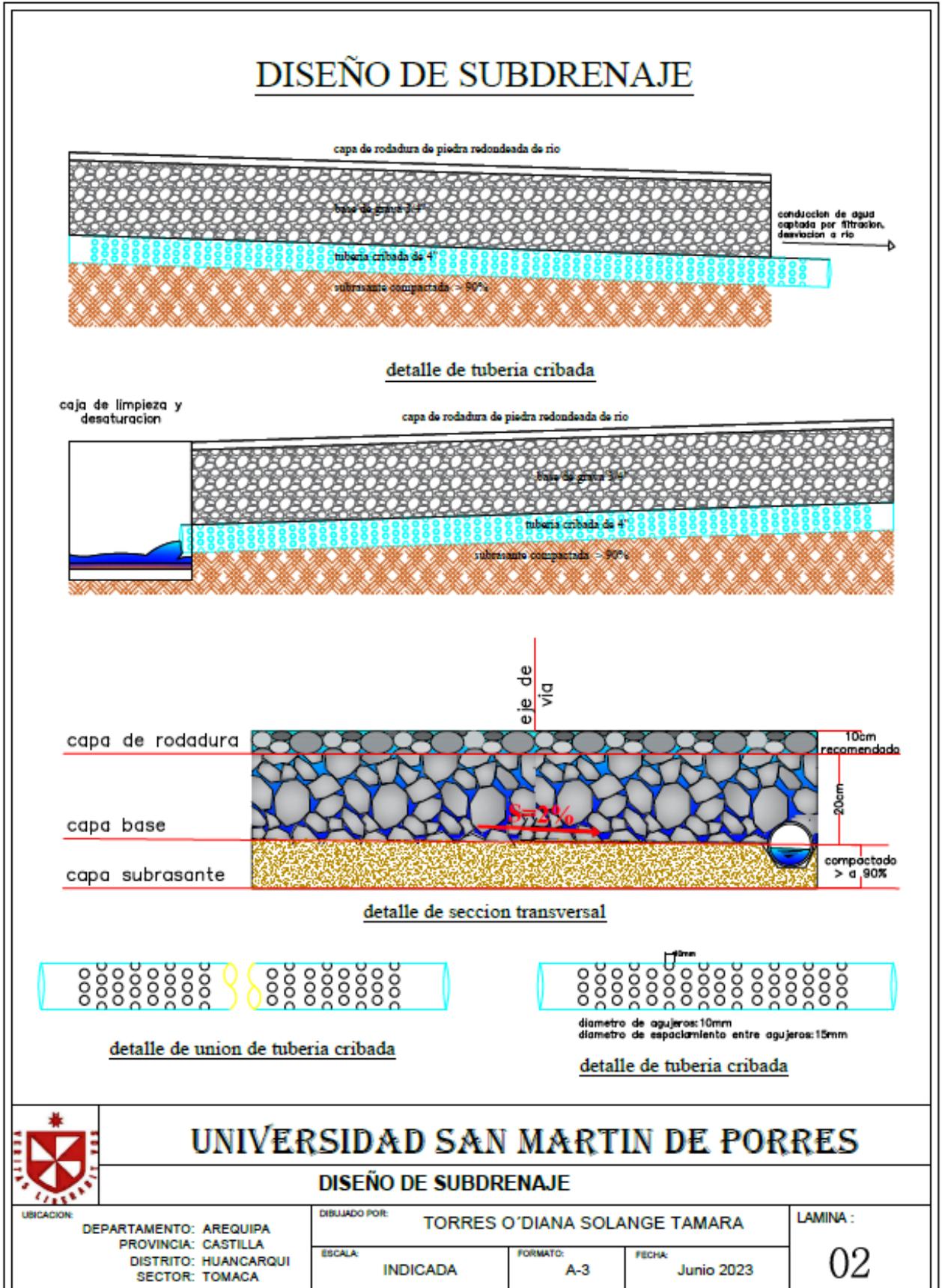
$$e = [219 - 211 \times \log_{10}(CBR) + 58 \times \log_{10}(CBR)^2] \times \log_{10}\left(\frac{ESAL}{120}\right)$$

$$e = 181.156 \text{ mm}$$

$$e = 20.00 \text{ cm}$$

DATOS	
cbr	22
ESAL	3781490

Anexo 7 Diseño de subdrenaje



Anexo 8 Ensayo de abrasión

OBRA: GRAVA COMO MATERIAL PERMIABLE
UBICACIÓN : sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa
SOLICITA : Srta. Solange tamara Torres O'Diana
MATERIAL : Muestra proporcionada por el solicitante (Muestra Extraída de la Cantera Municipal de Aplao)
F. EMISIÓN : abril 2023

(MAQUINA DE LOS ANGELES) MTC E 207
ASTM C 131 AASHTO T 96

MUESTRA		GRADACION	A	
PASA	RETIENE	12 ESF.		
1.5"	1"	1,250		
1"	3/4"	1,250		
3/4"	1/2"	1,250		
1/2"	3/8"	1,250		
PESO TOTAL (gr.)		5,000		
PESO RETENIDO (EN TAMIZ N°12)		3,522		
% DESGASTE		29.56		

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS APARICIO SOTOMAYOR
REPRESENTANTE


Victor Vidal Chavez Rivero
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 60003

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

RUC:

10454608696

Anexo 9 Ensayo de porcentaje de vacíos

OBRA: GRAVA COMO MATERIAL PERMIABLE
UBICACIÓN : sector de Tomaca distrito de Huancarqui provincia de Castilla departamento de Arequipa
SOLICITA : Srta. Solange tamara Torres O'Diana
MATERIAL : Muestra proporcionada por el solicitante (Muestra Extraída de la Cantera Municipal de Aplao)
F. EMICIÓN : abril 2023

PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y PORCENTAJE DE VACIOS
NORMA ASTM C - 29

PESO VOLUMETRICO SUELTO					DESCRIPCION DE LA MUESTRA
DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3	
PESO MOLDE	gr.	2,345.00	2,345.00	2,345.00	Material = A. Grueso
PESO MOLDE + SUELO	gr.	6,192.00	6,188.00	6,189.00	
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr.	3,847.00	3,843.00	3,844.00	
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm ³	2,868.10	2,868.10	2,868.10	Ota:
DENSIDAD	gr/Cm ³	1.341	1.340	1.340	
PESO VOLUMETRICO	gr/Cm³		1.340		
PESO VOLUMETRICO COMPACTADO					
DESCRIPCION	UNIDAD	PESO			
PESO MOLDE	gr.	2,345.00	2,345.00	2,345.00	
PESO MOLDE + SUELO	gr.	6,558.00	6,553.00	6,558.00	
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr.	4,214.00	4,208.00	4,213.00	
VOLUMEN DE LA MUESTRA	Cm ³	2,868.10	2,868.10	2,868.10	
DENSIDAD	gr/Cm ³	1.469	1.467	1.469	
PESO VOLUMETRICO	gr/Cm³		1.468		
PORCENTAJE (%) DE VACIOS SUELTO					
DESCRIPCION	UNIDAD				
% DE VACIOS = (A*W)-B/A*W					
Peso Especifico Aparente (A)	gr/Cm ³	2.6225			
Peso Unitario (B)	gr/Cm ³	1.3400			
Densidad del Agua (W)	gr/Cm ³	1.00			
% DE VACIOS	%		48.90		
PORCENTAJE (%) DE VACIOS VARILLADO					
DESCRIPCION	UNIDAD				
% DE VACIOS = (A*W)-B/A*W					
Peso Especifico Aparente (A)	gr/Cm ³	2.6225			
Peso Unitario (B)	gr/Cm ³	1.3400			
Densidad del Agua (W)	gr/Cm ³	1.00			
% DE VACIOS	%		44.02		

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS A. APARICIO SOTOMAYOR
REPRESENTANTE

Victor Vidal Chávez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 69638

Numero de contacto:

958 - 002 - 029

Email:

lab.suelosypavimentoscase@gmail.com

RUC:

10454608696

Anexo 10 Ensayo de partículas chatas y alargadas

OBRA: GRAVA COMO MATERIAL PERMIABLE
 UBICACIÓN : departamento de Arequipa
 SOLICITA : Srta. Solange Tamara Torres O'Diana
 MATERIAL : Cantera Municipal de Aplao)
 F. EMISIÓN : abril 2023

DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
(NORMA ASTM D 4791) (MTC E 221)

MATERIAL		BASE		CHATAS		ALARGADAS		NI CHATA, NI ALARGADA	
TAMIZ (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	PESO	%	PESO	%	PESO	%
2"	25.400								
3/4"	19.050	3000	100	210.12	4.30	198.56	3.97	459.13	91.83
1/2"	12.700								
3/8"	9.750								
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(gr.)			5000			
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)			8.27			

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Está prohibida la reproducción total o parcial del informe de ensayo sin autorización.

Victor Vidal Chirinos Rivero
 Victor Vidal Chirinos Rivero
 ING. CIVIL - ESPECIALIDAD
 S. 1993

CASLAB
 SUELOS Y PAVIMENTOS
 S. 1993

Numero de contacto:

058 - 002 - 028

Email:

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

RUC:

1045460609

Anexo 11 Ensayo de Marshall

CASLAB
Suelos y Pavimentos

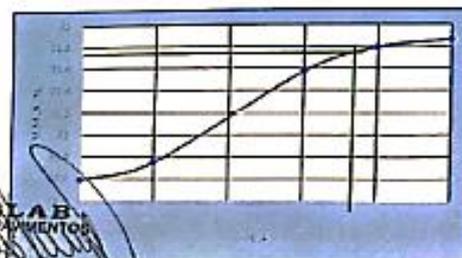
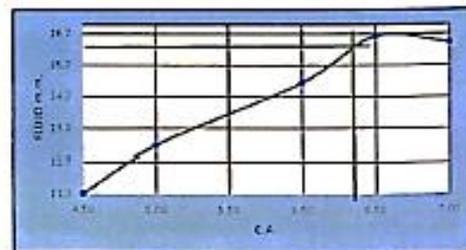
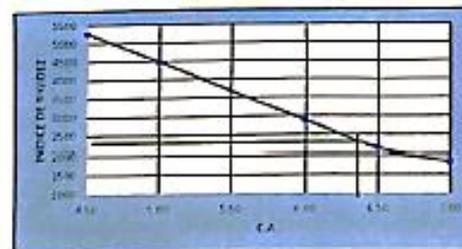
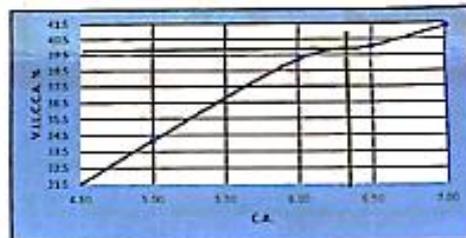
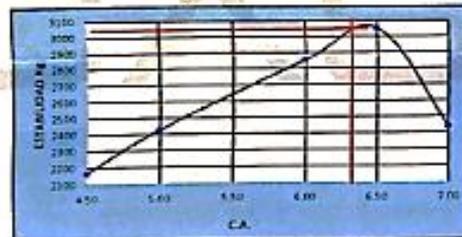
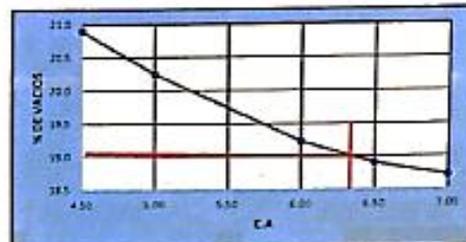
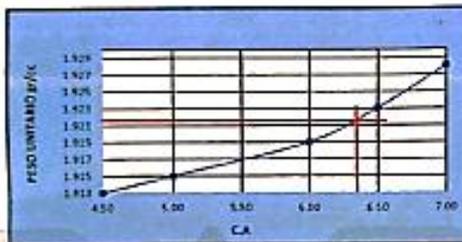
De:
Carlos Aparicio Sotomayor.

OBRA: GRAVA COMO MATERIAL PERMEABLE

UBICACIÓN : sector de Tomasa distrito de Huancanqui provincia de Castilla departamento de Arequipa
SOLICITA : Srta. Solange Tamara Torres O'Diana
MATERIAL : Muestra proporcionada por el solicitante (Muestra Extraída de la Cantera Municipal de Aplao)
F. EMISIÓN : abril 2023

ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559

CA	PESO UNIT.	%VACIOS	ESTABILIDAD	FLUJO	V.L.L.C.A.	VMA	INDICE DE RIG.
4.50	1.913	20.9	2166.23	11.72	31.48	30.99	5259.8
5.00	1.915	20.3	2426.96	13.17	34.16	30.75	4401.2
6.00	1.919	19.2	2851.56	15.14	39.2	31.57	2877.3
6.50	1.923	18.9	3051.2	16.63	40.06	31.79	2151.9
7.00	1.926	18.7	3441.77	18.43	43.29	31.86	1831.7



CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CANTIDAD
CONTENIDO DE ASFALTO	%	6.40
PESO UNITARIO	gr/cc	1.92
% DE VACIOS	%	19.05
FLUJO	mm	15.50
ESTABILIDAD	kg	3070.00
VMA	%	31.70
V.L.L.C.A.	%	39.60
INDICE DE RIGIDEZ	Kg/cm	2400.00
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	°C	140.00
Grava	82%	Cantera Municipal de Aplao
Arena	16%	Cantera Municipal de Aplao
Filler (Putolana)	2%	Planta Km 8 Uchumayo

CASLAB
SUELOS Y PAVIMENTOS
CARLOS A. APARICIO SOTOMAYOR
ING. CIVIL

Victor Vidal Chávez Rivera
ING. CIVIL - COMERCIAL
C.I.P. 09638

Numero de contacto:

Email:

RUC:

958 - 002 - 029

lab.suelosypavimentoscas@gmail.com

10454608694

Anexo 12 Calibración de horno



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 086 - 2022

Página 1 de 6

- 1. Expediente: 220205
- 2. Solicitante: CASLAB
- 3. Dirección: Calle Bruselas 126 Urb.Santa Rosa- Mariano Melgar – AREQUIPA
- 4. Equipo: HORNO
 - Alcance Máximo De 0° C a 300° C
 - Marca Py S EQUIPOS
 - Modelo STHX-2A
 - Número de serie 200807
 - Procedencia CHINA
 - Identificación NO INDICA
 - Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2022-05-05

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 086 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el 3NM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración**Las instalaciones del cliente.**

Calle Bruselas 126 Urb. Santa Rosa - Mariano Melgar - AREQUIPA

8. Condiciones Ambientales

	Inicio	Fin
Temperatura	21,0 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	38 %	37 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 180 minutos.

El controlador se seteo en 120

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 091 - 2021	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT-0090-2022
Dirección de Metrología INACAL LT - 108 - 2021		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 086 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 120 °C

Temperatura Nominal (°C)	Temperatura del estándar (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{amb} (°C)	e _{rel} (%)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	119,1	117,6	120,3	117,3	114,8	119,4	118,0	122,3	125,2	117,8	122,1	119,5	10,5
02	120,7	118,6	121,1	118,4	115,9	120,6	118,9	123,6	124,2	118,5	122,5	120,2	8,4
04	121,0	117,7	120,0	116,9	114,5	119,1	117,5	122,3	122,2	116,9	121,0	118,8	7,8
06	119,6	116,7	118,9	115,7	113,7	117,8	116,5	121,7	122,5	116,1	119,5	117,9	8,9
08	119,0	118,1	120,0	117,3	114,6	119,3	117,7	122,6	124,3	117,6	121,1	119,3	9,8
10	120,3	119,3	121,4	118,7	116,1	120,8	119,2	123,7	125,1	118,4	122,0	120,5	9,1
12	121,1	119,1	120,4	117,5	115,0	119,7	118,0	121,7	123,1	117,5	120,5	119,2	8,2
14	120,0	116,5	119,0	115,8	113,8	118,1	116,5	120,5	121,4	116,1	119,1	117,7	7,7
16	118,9	118,0	119,5	116,4	114,3	118,6	117,0	121,5	123,2	116,6	120,1	118,5	9,0
18	120,0	118,7	121,0	118,6	115,9	120,5	119,2	123,7	125,1	118,6	122,1	120,3	9,3
20	121,2	119,4	121,1	117,9	115,4	120,3	118,6	122,6	123,6	117,9	121,1	119,8	8,3
22	120,3	118,0	118,7	116,0	113,7	118,1	116,5	121,6	121,1	116,3	119,1	117,9	7,9
24	118,9	118,0	118,8	116,3	114,0	118,1	116,9	120,9	122,6	116,6	119,8	118,2	8,7
26	119,5	118,4	120,8	118,1	115,4	120,3	118,6	123,3	125,3	118,4	121,9	120,0	10,0
28	121,0	119,2	121,5	118,3	115,6	120,6	118,7	123,3	124,2	118,1	121,1	120,1	8,7
30	120,7	118,0	119,7	116,6	114,5	118,9	118,9	121,5	121,8	116,5	119,5	118,4	7,4
32	119,2	117,9	119,3	116,5	114,4	118,4	116,8	121,1	122,6	116,9	119,7	118,4	8,3
34	119,5	118,7	120,7	117,8	115,1	120,1	118,4	123,2	124,8	118,0	121,7	119,8	9,8
36	120,2	119,1	121,3	118,3	115,7	120,4	119,1	123,7	125,4	118,5	121,9	120,3	9,8
38	121,1	118,7	120,8	117,6	114,8	119,4	117,7	121,6	122,9	117,7	120,5	119,2	8,2
40	120,0	117,8	119,2	116,1	113,7	118,0	116,6	120,5	122,1	116,2	119,5	118,0	8,5
42	118,9	117,7	119,3	116,6	114,6	118,8	117,2	121,7	123,0	116,9	120,3	118,6	8,5
44	119,7	118,7	120,9	118,2	115,7	120,4	118,9	123,5	125,3	118,2	122,4	120,2	9,7
46	121,2	118,7	121,5	118,2	115,6	120,4	118,5	122,8	123,8	117,9	121,8	119,9	8,3
48	120,6	117,3	119,3	116,2	114,1	118,3	116,8	121,3	121,6	116,3	120,4	118,2	7,6
50	119,0	116,8	118,4	115,9	113,7	118,1	116,7	120,9	122,4	116,5	120,6	118,0	8,8
52	119,4	118,0	121,1	118,1	115,6	119,9	118,9	123,5	124,6	118,2	122,7	120,1	9,1
54	120,9	118,5	121,7	118,6	115,9	120,6	118,8	123,2	124,1	118,2	122,6	120,2	8,3
56	120,8	117,1	119,6	116,4	114,0	118,4	117,1	121,3	121,7	116,5	120,7	118,3	7,8
58	119,2	116,7	118,3	115,8	113,9	118,0	116,5	121,0	122,6	116,2	120,6	118,0	8,8
60	119,1	118,0	120,3	117,7	115,0	119,7	118,2	122,6	124,5	118,1	122,0	119,6	9,6
PROB	120,1	118,1	120,1	117,2	114,8	119,4	117,8	122,2	123,5	117,4	121,1	119,2	
T _{amb}	121,2	119,4	121,9	118,7	116,2	120,9	119,2	123,9	125,3	118,6	122,7		
T _{amb}	118,9	116,5	118,3	115,7	113,7	117,8	116,5	120,5	121,1	116,1	119,1		
DTT	2,3	2,9	3,6	3,0	2,5	3,1	2,7	3,4	4,7	2,5	3,6		

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 086 - 2022***Área de Metrología**Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	125,8	1,5
Mínima Temperatura Medida	113,7	1,1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	4,7	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	8,7	0,4
Estabilidad Medida (±)	2,4	0,04
Uniformidad Medida	10,5	0,4

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

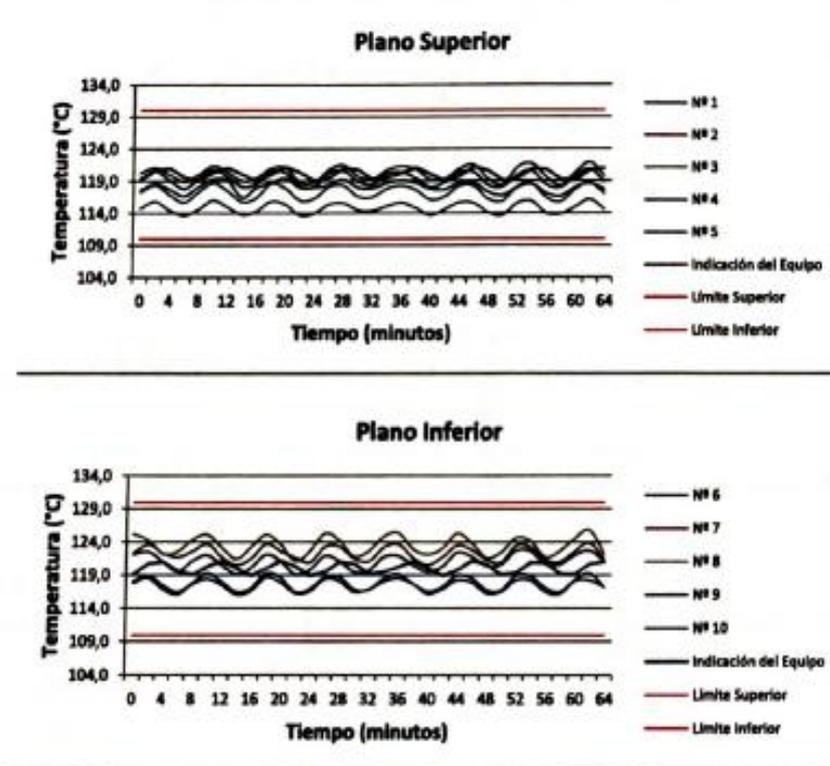
Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

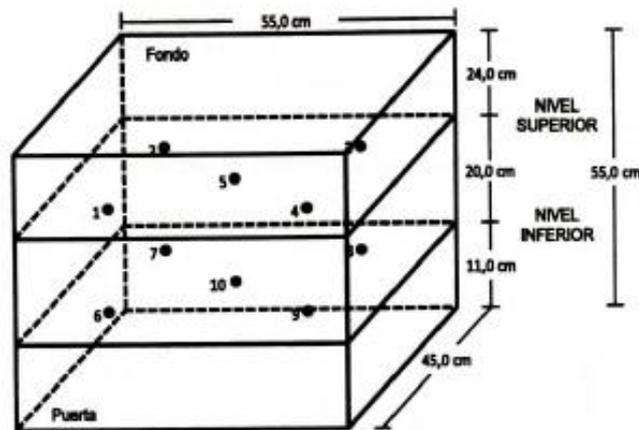
La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 120 °C ± 10 °C

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 086 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 6 de 6

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9,5 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Anexo 13 Calibración Balanza electrónica

METROTEC**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

*Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 086 - 2022**

Página 1 de 6

1. Expediente: 220205
2. Solicitante: CASLAB
3. Dirección: Calle Bruselas 126
Urb.Santa Rosa- Mariano Melgar –
AREQUIPA
4. Equipo: BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima 6000 g
División de escala (d) 0,1 g
División de verificación (o) 1g
Clase de exactitud III
Marca OHAUS
Modelo SE6001F
Número de serie 8439470125
Capacidad mínima 2g
Procedencia U.S.A
Identificación NO INDICA
Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2022-05-05

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 143 - 2022**

*Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración**Las instalaciones del cliente.**

Calle Bruselas 126 Urb. Santa Rosa - Mariano Melgar - AREQUIPA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,1	22,1
Humedad Relativa (%)	35	36

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-120-2022
PESA (Clase de exactitud M1) SG NORTEC: SGM-A-1972-2020	Pesa (exactitud M2)	SGM-A-2123-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 143 - 2022

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,1 °C

Medición N°	Carga L1 = 3 000,00 g			Carga L2 = 6 000,00 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	3 000,0	0,080	-0,030	6 000,0	0,060	-0,010	
2	3 000,0	0,070	-0,020	5 999,9	0,040	-0,090	
3	3 000,0	0,080	-0,030	6 000,0	0,060	-0,010	
4	3 000,0	0,070	-0,020	6 000,0	0,050	0,000	
5	3 000,0	0,060	-0,010	6 000,0	0,070	-0,020	
6	3 000,0	0,060	-0,010	6 000,0	0,060	-0,010	
7	3 000,0	0,080	-0,030	6 000,0	0,050	0,000	
8	3 000,0	0,060	-0,010	6 000,0	0,040	0,010	
9	3 000,0	0,070	-0,020	6 000,0	0,050	0,000	
10	3 000,0	0,080	-0,030	6 000,0	0,040	0,010	
Diferencia Máxima			0,020	Diferencia Máxima			0,030
Error Máximo Permisible			± 3,000	Error Máximo Permisible			± 3,000

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,1 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00 g	1,0	0,050	0,000	2 000,00 g	1 999,9	0,040	-0,090	-0,090
2		1,0	0,060	-0,010		1 999,8	0,030	-0,180	-0,170
3		1,0	0,040	0,010		1 999,9	0,030	-0,080	-0,090
4		1,0	0,050	0,000		1 999,9	0,050	-0,100	-0,100
5		1,0	0,060	-0,010		1 999,8	0,030	-0,180	-0,170
Error máximo permisible									± 2,000

* Valor entre 0 y 10e

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 143 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,1 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,050	0,000						
2,00	2,0	0,060	-0,010	-0,010	2,1	0,060	0,090	0,090	1,000
10,00	10,0	0,040	0,010	0,010	10,1	0,040	0,110	0,110	1,000
100,00	100,0	0,060	-0,010	-0,010	100,1	0,040	0,110	0,110	1,000
500,00	500,0	0,050	0,000	0,000	500,0	0,050	0,000	0,000	1,000
1 000,00	999,9	0,030	-0,080	-0,080	999,9	0,040	-0,090	-0,090	2,000
2 000,00	1 999,9	0,040	-0,091	-0,091	1 999,9	0,040	-0,091	-0,091	2,000
3 000,00	2 999,9	0,040	-0,091	-0,091	2 999,9	0,030	-0,081	-0,081	3,000
4 000,00	4 000,0	0,050	-0,002	-0,002	4 000,0	0,050	-0,002	-0,002	3,000
5 000,11	5 000,0	0,040	-0,100	-0,100	4 999,9	0,040	-0,200	-0,200	3,000
6 000,11	6 000,1	0,070	-0,030	-0,030	6 000,1	0,070	-0,030	-0,030	3,000

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA : $R_{CORREGIDA} = R + 2,47 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U = 2 \times \sqrt{2,96 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 1,93 \times 10^{-10} \times R^2}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Anexo 14 Tamiz de 3/4" Certificado

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TESTSIEVE CERTIFICATED


RUMISTONE
Manufactured by


TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ
AT THE SERVICE OF ENGINEERING

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11

ABERTURA PROMEDIO : AVERAGE APERTURE	19,41 μm
ABERTURA MÁXIMA : MAXIMUM APERTURE	19,76 μm
DIAMETRO PROMEDIO : AVERAGE DIAMETER	3,22 μm
MALLA N° : MESH N°	3/4"
SERIE N° : SERIAL N°	LS-010037
INCERTIDUMBRE DE MEDICION : UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	$\pm 10,55 \mu\text{m}$
FECHA : DATE	1/08/2020

ALTA TECNOLOGIA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L. : (+51) 020 885 020
CALL 2 ASOC. VIRGEN DEL CARMEN MZ D LT 24 S.M.P.
LIMA - PERU


TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ
AT THE SERVICE OF ENGINEERING

Anexo 15 Calibración Máquina de abrasión Los Ángeles



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 086 - 2022

Página 1 de 6

1. Expediente: 220205
2. Solicitante: CASLAB
3. Dirección: Calle Bruselas 126
Urb.Santa Rosa- Mariano Melgar –
AREQUIPA
4. Equipo: MAQUINA DE ABRASIÓN
LOS ANGELES

Modelo UTA-0601/110
Número de serie 8439470125
Dimensiones 850x1000x1100mm
Peso 505 kg
Potencia 750 w
Procedencia CHINA
Identificación NO INDICA
Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2022-05-05

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 086 - 2022

Página 1 de 6

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	26,0 °C	26,4 °C
HUMEDAD RELATIVA	57,6%	55,3%

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Generador de Formas de Onda DM-INACAL	Tacómetro Monarch 5 rpm a 200 000 rpm	LTP-C-010-2018
Cinta Métrica Clase I METROL	Cinta Métrica Power Force 0m a 5m	L-0409-2018
Bloques Patrón Grado 0 METROSYSTEMS	Plata de Rey 0,01 mm	MS-0709-2018
Pesas E2 TEST & CONTROL	Balanza Clase II 510 g	LM-0455-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

VELOCIDAD ANGULAR DE LA MÁQUINA DE ABRASIÓN LOS ANGELES

	Rango Permitido (rpm)	Patrón (rpm)
Velocidad	31 - 35	35,726

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología



Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



RESULTADOS DE MEDICIÓN

DIMENSIONES DE LAS ESFERAS

Identificación	Masa (g)	Diámetro (mm)
1	408,000	47,15
2	408,300	47,15
3	408,000	47,30
4	408,300	47,20
5	408,300	47,10
6	408,300	47,15
7	408,300	47,10
8	408,300	47,10
9	408,300	47,10
10	408,300	47,21
11	408,300	47,10
12	408,300	47,20

Máxima incertidumbre (peso) = 1g; máxima incertidumbre (diámetro) = 0.02mm

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fecha de Emisión

2022-05-08

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 MT - LT - 086 - 2022**

*Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

- 1. Expediente: 220205
- 2. Solicitante: CASLAB
- 3. Dirección: Calle Bruselas 126
 Urb. Santa Rosa- Mariano Melgar –
 AREQUIPA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

- 4. Equipo: MÁQUINA DE MARSHALL
- Modelo UTAS-1056.ACPR
- Número de serie NO INDICA
- Capacidad 50Kn
- Peso 103 kg
- Potencia 1100w
- Procedencia U.S.A
- Identificación NO INDICA
- Ubicación NO INDICA

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-05-06



Firmado digitalmente por
 Williams Pérez
 Fecha: 2022.05.06 14:04:48
 -05'00'



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 086 - 2022

Página 1 de 6

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	71 %	89 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0690-2018
		LM-325-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-114-2019 / LM-115-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 063 - 2009, Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	SI	ESCALA	NO SI
OCURSIÓN LIBRE	SI	CURSOR	NO SI
PLATAFORMA	SI	DET. DE TRABAJO	NO SI
ISOLACION	SI		

ENSAJO DE REPETIBILIDAD

Medidas	Carga Lbr	Temp. (°C)		Carga Lbr		
		23,2		23,5		
		0 896,0 g	0,06	0,06	12 000,2	0,07
1	0 000,1	0,04	0,05	12 000,2	0,07	0,18
2	0 000,2	0,07	0,18	12 000,2	0,08	0,19
3	0 000,2	0,06	0,18	12 000,2	0,08	0,17
4	0 000,2	0,06	0,17	12 000,2	0,08	0,19
5	0 000,2	0,09	0,16	12 000,2	0,07	0,18
6	0 000,2	0,06	0,19	12 000,2	0,08	0,27
7	0 000,2	0,09	0,16	12 000,2	0,08	0,28
8	0 000,2	0,08	0,17	12 000,2	0,07	0,28
9	0 000,2	0,07	0,18	12 000,2	0,08	0,27
10	0 000,2	0,06	0,17	12 000,2	0,09	0,28
Diferencia Máxima				0,10		
Error relativo porcentual a				2 g		

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 086 - 2022

Página 1 de 6



Vista frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Inicial Final
23.5 23.5

Punto de la Carga	Desviación de W_0				Desviación del Error corregido				
	Carga nominal (g)	Wg	W(g)	W(g)	Carga (g)	Wg	W(g)	W(g)	W(g)
1	1.0	1.0	0.00	-0.04	4 000.0	4 000.0	0.00	-0.01	0.00
2		1.0	0.07	-0.02		3 999.9	0.00	-0.10	-0.11
3		1.0	0.00	-0.01		4 000.1	0.00	0.00	0.07
4		1.0	0.00	-0.00		4 000.1	0.07	0.00	0.11
5		1.0	0.00	-0.04		4 000.1	0.00	0.00	0.10

(*) sobre el eje 1 y 5

Error máximo permitido: ± 1 g

ENSAYO DE PUNTO

Temp. (°C) Inicial Final
23.0 23.0

Carga (kg)	CRECIENTES				DISCRECIENTES				#(%)
	Wg	W(g)	W(g)	W(g)	Wg	W(g)	W(g)	W(g)	
1.0	1.0	0.07	-0.02		1.0	0.00	-0.04	-0.02	1
5.0	5.0	0.00	-0.04	-0.02	5.0	0.00	-0.01	0.01	1
10.0	10.0	0.00	-0.02	-0.01	10.0	0.00	-0.10	-0.11	1
50.0	50.0	0.07	-0.02	0.00	49.9	0.00	-0.10	-0.11	1
100.0	100.0	0.00	-0.01	0.00	100.0	0.07	-0.02	0.00	1
1 000.0	1 000.0	0.00	-0.04	-0.02	1 000.0	0.00	-0.01	0.00	1
2 000.0	2 000.0	0.07	-0.02	0.00	2 000.1	0.00	0.07	0.00	1
5 000.0	5 000.0	0.00	0.10	0.20	5 000.1	0.00	0.00	0.11	1
7 000.0	7 000.0	0.07	0.10	0.20	7 000.0	0.00	0.17	0.10	3
10 000.0	10 000.0	0.00	0.20	0.20	10 000.0	0.07	0.10	0.20	3
12 000.0	12 000.0	0.00	0.20	0.20	12 000.0	0.00	0.20	0.20	2

(*) sobre el eje 1

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000005 \times R$$

$$U_0 = 2 \sqrt{0,00546 \text{ g}^2 + 0,00000000704 \times R^2}$$

Fecha de Emisión

2022-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2022.05.06 14:04:48
-05'00'

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com