

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



“PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN 2021”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA CIVIL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTAS:

ALIAGA CUEVA, SHIRLEY MARIELENA

PULIDO CORNELIO, ROY OSCAR

ASESOR:

MSC. MEYZAN BRICEÑO, JORGE LUIS

HUÁNUCO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador y guía de nuestros caminos. A mi familia por su apoyo desmesurado y fortalecedor para que no me rinda y luche por mis sueños.

Roy Oscar Pulido Cornelio

A Dios porque todo es gracias a él, todo es para él y todo es de él, sino fuera por él simplemente nada de esto podría ser posible. A mis abuelitos Rosa y Alberto por todas sus enseñanzas que me brindaron. A mi madre María y hermano Wily por todo el soporte y apoyo que me dan cada día.

Shirley Marielena Aliaga Cueva

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestro guía y luz en nuestras vidas y sobre todo por la vida que nos brinda cada día, al ingeniero Jorge Meyzan Briceño por todo su apoyo incondicional para la realización de la presente tesis, y nuestras familias por ayudarnos en todo momento.

RESUMEN

En estos tiempos que enfrentamos el cambio climático, debido principalmente al aumento desmesurado de gases de efecto invernadero; es decir, las altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), procedentes mayormente de la quema de combustibles fósiles, siendo uno de ellos el petróleo, el cual a su vez viene a ser la materia prima del asfalto, que es un aglomerante principal en las mezclas asfálticas que se usa para la construcción de carreteras.

Por lo tanto, es necesario que busquemos soluciones que permitan revertir esta situación, y en la presente investigación les demostraremos de como nuestra propuesta de diseño de mezcla asfáltica modificado en caliente con aceite de palma para la construcción del tramo de la carretera Huánuco – La Unión, permitirá la reducción de estos gases contaminantes.

Para ello, se realizó una muestra patrón y otra muestra modificada con la finalidad de obtener el porcentaje de reducción de estos gases contaminantes. Sin embargo, es necesario mencionar que primero se realizaron los ensayos en el agregado grueso y fino para cumplir con la norma EG 2013. Luego se elaboró la muestra patrón, teniendo en cuenta el tipo de tránsito, que en nuestro caso es tránsito pesado, para proceder con la compactación de las briquetas. Seguidamente se obtuvo el porcentaje óptimo de asfalto y con ello se procedió a realizar la muestra modificada al 0.5%, 1.0% y 1.5% de aceite de palma, para analizar en base a los resultados de los ensayos el porcentaje óptimo de aceite de palma y que porcentaje de reducción de gases contaminantes se obtenía de ello.

SUMMARY

In these times that we are facing climate change, mainly due to the disproportionate increase in greenhouse effect gases; that is, the high concentrations of carbon dioxide (CO₂), mainly from the burning of fossil fuels, one of them being oil, which in turn becomes the raw material for asphalt, which is a main binder in asphalt mixtures used for road construction.

Therefore, it is necessary that we look for solutions that allow us to reverse this situation, and in the present investigation we will show you how our proposal for the design of hot modified asphalt mixture with palm oil for the construction of the section of the Huánuco - La Unión highway, will allow the reduction of these polluting gases.

For this, a standard sample and another modified sample were made in order to obtain the reduction percentage of these polluting gases. However, it is necessary to mention that the tests were first carried out on the coarse and fine aggregate to comply with the EG 2013 standard. Then the standard sample was prepared, taking into account the type of traffic, which in our case is heavy traffic, to proceed with the compaction of the briquettes. Next, the optimum percentage of asphalt was obtained and with this the modified sample was made at 0.5%, 1.0% and 1.5% of palm oil, to analyze, based on the results of the tests, the optimum percentage of palm oil and what percentage of reduction of polluting gases was obtained from it.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
SUMMARY	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE GRÁFICOS	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
1.3 FORMULACIÓN DEL OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.5 LIMITACIONES	6
1.6 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECIFICOS	8
1.6.1 HIPOTESIS GENERAL	8
1.6.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS	8
1.7 VARIABLES	9
1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	9
1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE	9
1.8 DEFINICIÓN TEÓRICA Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	13
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2 BASES TEORICAS	23
2.3 BASES CONCEPTUALES O DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	23
2.4 BASES EPISTEMOLÓGICAS, BASES FILOSÓFICAS Y/O BASES ANTROPOLÓGICAS.	48
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	50
3.1 ÁMBITO	50
3.2 POBLACIÓN	50
3.3 MUESTRA	50
3.4 NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO	51

3.4.1	NIVEL DE ESTUDIO.....	51
3.4.2	TIPO DE ESTUDIO.....	51
3.5	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	53
3.6	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	53
3.6.1	TÉCNICAS.....	53
3.6.2	INSTRUMENTOS	53
3.7	VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	54
3.8	PROCEDIMIENTO.....	55
3.8.1	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL	56
3.8.2	ADQUISICION DE LOS AGREGADOS.....	58
3.8.3	DETERMINACIÓN TIPO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO	59
3.8.4	MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂) EN LA MUESTRA PATRON.....	60
3.8.5	ENSAYOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA PATRON	61
3.8.6	MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂) EN LA MUESTRA MODIFICADA.....	64
3.8.7	ENSAYOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA	65
3.9	TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	69
3.9.1	CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS	69
3.9.2	RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADO FINO	80
3.9.3	RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO	80
3.9.4	DISEÑO MARSHALL MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE.....	80
3.9.5	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂) EN LA MUESTRA PATRON.....	84
3.9.6	RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA PATRON.....	97
3.9.7	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂) EN LA MUESTRA MODIFICADA.....	97
3.9.8	RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA	102
3.9.9	ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO EN EL ENSAYO MARSHALL PATRON (ASTM-D-1559)	103
3.9.10	ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO EN EL ENSAYO MARSHALL CON ACEITE DE PALMA (ASTM-D-1559).....	111
3.9.11	ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CO ₂ EN LA MUESTRA PATRON	120
3.9.12 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CO ₂ EN LA MUESTRA CON ACEITE DE PALMA	121
3.10	CONSIDERACIONES ÉTICAS	122

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	124
4.1 DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE PATRÓN POR EL METODO MARSHALL CON CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100	124
4.2 DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA POR EL METODO MARSHALL CON CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100	125
4.3 PORCENTAJE DE REDUCCION DE DIOXIDO DE CARBONO EN EL DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADO	125
4.4 PARAMETROS DE DISEÑO QUE MEJORAN EN LA MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA FRENTE A LA MUESTRA PATRON	126
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	131
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA	144
ANEXO 02. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	146
ANEXO 03. PRUEBA DE VALIDEZ DE CONTENIDO MEDIANTE EXPERTOS	147
ANEXO 04. VALIDACIÓN POR JUECES O EXPERTOS	148
ANEXO 05. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	149
ANEXO 06. CERTIFICADO DEL INACAL	150
ANEXO 07. CONSENTIMIENTO INFORMADO	152
ANEXO 08. ENSAYOS DEL AGREGADO FINO	153
ANEXO 09. GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO PARA MAC 2	162
ANEXO 10. ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO	164
ANEXO 11. GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO PARA MAC 2	170
ANEXO 12. ENSAYO MARSHALL SIN ADITIVO	172
ANEXO 13. ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO	179
ANEXO 14. PANEL FOTOGRAFICO	183
NOTAS BIOGRÁFICAS	220
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA	222

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 PORCENTAJES DE LA RED VIAL A NIVEL NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y VECINAL.....	3
TABLA 2 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	10
TABLA 3 REQUISITOS PARA MEZCLA DE CONCRETO BITUMINOSO.....	42
TABLA 4 VACÍOS MÍNIMOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA).....	43
TABLA 5 CRITERIOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO (U.S.A.) PARA EL DISEÑO MARSHALL	43
TABLA 6 PORCENTAJE MÍNIMO DE VMA	44
TABLA 7 SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFALTICO.....	47
TABLA 8 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN LAS DIFERENTES MUESTRAS DE PATRÓN AL 6.4%.....	55
TABLA 9 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN LAS DIFERENTES MUESTRAS MODIFICADAS AL 0.8%.....	55
TABLA 10 GRADACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC).....	58
TABLA 11 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (ESAL) PARA EL SUBTRAMO 1	60
TABLA 12 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (ESAL) PARA EL SUBTRAMO 2	60
TABLA 13 GRAVEDAD ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	69
TABLA 14 IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO	69
TABLA 15 ENSAYO RIEDEL WEBER AL AGREGADO FINO	70
TABLA 16 ENSAYO DE DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO).....	72
TABLA 17 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO.....	74
TABLA 18 GRAVEDAD ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	75
TABLA 19 IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO GRUESO	76

TABLA 20 ENSAYO DE DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) DE AGREGADO GRUESO	76
TABLA 21 RESULTADO DE ENSAYO ABRASIÓN DE LOS ANGELES	78
TABLA 22 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO.....	79
TABLA 23 ENSAYOS REALIZADOS DEL AGREGADO FINO.....	80
TABLA 24 ENSAYOS REALIZADOS DEL AGREGADO GRUESO	80
TABLA 25 ENSAYOS REALIZADOS DEL AGREGADO GRUESO	81
TABLA 26 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.....	82
TABLA 27 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	82
TABLA 28 PROPORCIONES PARA LA PREPARACIÓN DE LAS BRIQUETAS	84
TABLA 29 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO EN MUESTRA PATRÓN.....	85
TABLA 30 CÁLCULO DEL ENSAYO MARSHALL.....	97
TABLA 31 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO EN MUESTRA CON ACEITE DE PALMA.....	98
TABLA 32 CÁLCULO DEL ENSAYO MARSHALL EN MUESTRA MODIFICADA.....	103
TABLA 33 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MUESTRA PATRÓN	124
TABLA 34 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MUESTRA CON ACEITE DE PALMA.....	125
TABLA 35 RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS DIÓXIDO DE CARBONO.....	125
TABLA 36 RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS DIÓXIDO DE CARBONO	126
TABLA 37 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN LA MUESTRA PATRÓN Y MODIFICADA.....	127

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	7
IMAGEN 2. AHUELLAMIENTO DE MEZCLA DÉBIL.....	25
IMAGEN 3. AGRIETAMIENTO POR FATIGA (COCODRILO)	26
IMAGEN 4. AGRIETAMIENTO A BAJA TEMPERATURA	27
IMAGEN 5. SECANDO LA MUESTRA DE AGREGADO.....	32
IMAGEN 6. DETERMINANDO EL PESO ESPECÍFICO DE UNA MUESTRA DE AGREGADO.....	33
IMAGEN 7. PREPARANDO PROBETAS DE ENSAYO EN MOLDES MARSHALL.	35
IMAGEN 8. MARTILLO MARSHALL DE CAÍDA COMPACTANDO UNA PROBETA	35
IMAGEN 9. PROBETAS EN EL APARATO MARSHALL	37
IMAGEN 10. LECTURAS DEL CALIBRADOR, PRUEBA MARSHALL DE ESTABILIDAD	38
IMAGEN 11. PROBETA MARSHALL Y LECTURA DEL MEDIDOR DE FLUENCIA	39
IMAGEN 12. TIPOS DE ASFALTO QUE MÁS SE UTILIZAN Y SU USO SEGÚN LA ALTURA	48
IMAGEN 13. MATERIALES A USAR EN LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	56
IMAGEN 14. UBICACIÓN DE LA CANTERA PILCOMAYO	59
IMAGEN 15. MEDICIÓN DEL CO₂ EN LA MUESTRA PATRÓN.....	61
IMAGEN 16. COMPACTACIÓN CON EL MARTILLO OPERADO MANUALMENTE EN MUESTRA PATRÓN	61
IMAGEN 17. MEDICIONES A LAS BRIQUETAS PARA EL CÁLCULO DEL ENSAYO MARSHALL	62
IMAGEN 18. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO BULK DE CADA ESPÉCIMEN.....	62
IMAGEN 19. INMERSIÓN EN AGUA POR 30 MINUTOS EN EL HORNO A 60°C	63
IMAGEN 20. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO.....	63
IMAGEN 21. RESULTADOS DE ENSAYO MARSHALL	64
IMAGEN 22. MEDICIÓN DEL CO₂ EN LA MUESTRA MODIFICADA	65

IMAGEN 23. ELABORACIÓN DE BRIQUETAS CON ASFALTO MODIFICADO (ACEITE DE PALMA) Y MEDICIÓN DE CO ₂	66
IMAGEN 24. COMPACTACIÓN CON EL MARTILLO OPERADO MANUALMENTE EN MUESTRA MODIFICADA	66
IMAGEN 25. BRIQUETAS CON ACEITE DE PALMA AL 0.5%, 1% Y 1.5%	67
IMAGEN 26. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO BULK DE CADA ESPÉCIMEN.....	67
IMAGEN 27. INMERSIÓN EN AGUA POR 30 MINUTOS EN EL HORNO A 60°C	68
IMAGEN 28. MÁQUINA DE CARGA PARA EL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO EN MUESTRA MODIFICADA	68
IMAGEN 29. IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.....	70
IMAGEN 30. ENSAYO RIEDEL WEBER AL AGREGADO FINO	71
IMAGEN 31. ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA	71
IMAGEN 32. ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA	72
IMAGEN 33. ENSAYO DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO).....	73
IMAGEN 34. ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA DE AGREGADO FINO	73
IMAGEN 35. RESULTADOS DEL ENSAYO SALES SOLUBLES	74
IMAGEN 36. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	75
IMAGEN 37. ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	75
IMAGEN 38. ENSAYO DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) DE AGREGADO GRUESO	77
IMAGEN 39. RESULTADOS DEL ENSAYO SALES SOLUBLES	77
IMAGEN 40. ENSAYO SALES SOLUBLES DE AGREGADO GRUESO.....	77
IMAGEN 41. ENSAYO ABRASIÓN DE LOS ANGELES	78
IMAGEN 42. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO.....	79
IMAGEN 43. ELABORACIÓN DE LA BRIQUETAS.....	84

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. PRECIO A NIVEL INTERNACIONAL DEL ACEITE DE PALMA	46
GRÁFICO 2. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA COMBINACIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO	83
GRÁFICO 3. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS PORCENTAJE DE VACÍOS	104
GRÁFICO 4. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL.....	105
GRÁFICO 5. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFALTICO	106
GRÁFICO 6. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS DENSIDAD.....	107
GRÁFICO 7. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS ESTABILIDAD.....	108
GRÁFICO 8. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS FLUJO	109
GRÁFICO 9. RELACIÓN POLVO ASFALTO.....	110
GRÁFICO 10. RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUJO.....	111
GRÁFICO 11. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS PORCENTAJE DE VACÍOS	112
GRÁFICO 12. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL.....	114
GRÁFICO 13. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFALTICO	115
GRÁFICO 14. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA O VERSUS DENSIDAD.....	116
GRÁFICO 15. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS ESTABILIDAD.....	117
GRÁFICO 16. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS FLUJO.....	118
GRÁFICO 17. RELACIÓN ACEITE DE PALMA - ASFALTO.....	119
GRÁFICO 18. RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUJO.....	120
GRÁFICO 19. PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS DIÓXIDO DE CARBONO.....	121
GRÁFICO 20. PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS DIÓXIDO DE CARBONO .	122

INTRODUCCIÓN

La producción de mezcla asfáltica en caliente en el Perú, necesario para la construcción de carreteras, generan gases contaminantes, que de alguna u otra forma contribuye a la tasa de concentración de gases en la atmósfera, que a su vez modifican y/o alteran el fenómeno natural denominado el efecto invernadero, el cual es uno de las principales razones por la que estamos atravesando a nivel mundial el cambio climático.

Actualmente se están realizando diversas investigaciones con la finalidad de reducir la emisión de estos gases, siendo nuestra investigación una de ellas; ya que, mediante el uso del aceite de palma, se quiere reducir la cantidad de dióxido de carbono que se produce cuando se realiza la mezcla asfáltica, además aclarar que en nuestro país todavía no existe ninguna aplicación o uso en algún proyecto, del aceite palma en la mezcla asfáltica en caliente.

Por lo tanto, en la presente investigación, se determinará con la ayuda de un instrumento de medición de CO₂, cuanto es el porcentaje de reducción de las partículas de CO₂ que se obtiene en el diseño de mezcla asfáltica modificado frente al diseño de mezcla asfáltico patrón o sin aditivo, también se analizará que proporción de aceite de palma es la adecuada en el nuevo diseño de mezcla asfáltica en caliente modificado, y se analizara que parámetros de diseño de la mezcla asfáltica en caliente modificado mejoran frente al diseño de mezcla asfáltica patrón. El diseño se realizó según el Método Marshall el cual es una metodología estandarizada para mezclas asfálticas en caliente y que también lo contempla la norma EG 2013. Por último, indicar que para el diseño de la mezcla asfáltica se ha tenido en consideración algunos datos existentes en el estudio definitivo presentado al Ministerio de Transporte y

Comunicaciones del proyecto “Mejoramiento de la Carretera Huánuco – Conococha,
Sector: Huánuco – La Unión - Huallanca”.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La adición de aceite de palma al hormigón asfáltico al 1% tiende a debilitar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla y es una alternativa viable al uso de dichos aceites, provocando una pérdida de propiedades físicas y funcionales de la mezcla. (Dávila, & Magaldi, 2018).

La construcción de pavimentos de asfalto tiene impactos ambientales considerables, las emisiones de GEI se evaluaron y calcularon en todas las etapas incluyendo la producción de materias primas, mezcla, transporte, colocación, compactación y la fase de curado. Se obtuvo que el total CO₂ de emisión del proyecto de construcción son los más altos en la fase de mezcla, y representan aproximadamente el 54% de la cantidad total. La fase segunda más alta de emisión de estos gases son la producción de materia prima. Para las emisiones de gases de efecto invernadero de cemento estabilizado base, la producción de materias primas emite la mayoría, alrededor del 98%. La emisión de gases de efecto invernadero para la producción de cemento por sí sola es aproximadamente el 92% (Ma. et al., 2016).

El aceite de palma crudo cumple la función de reducir la viscosidad del asfalto, aunque aumenta el valor de penetración y baja la temperatura de reblandecimiento del asfalto, por lo que puede utilizarse como aditivo para reducir la viscosidad de Amadeo. (José, 2015).

Los resultados indican que en el proceso de calentamiento de asfalto en las diversas etapas de la construcción de pavimentos de carreteras se emiten a la atmosfera diferentes mezclas complejas de hidrocarburos aerosoles, vapores y gases. La caracterización de la composición de asfalto de humos realizado por medio de la espectrometría de masas-cromatografía de gas ha permitido la identificación de más

de 200 compuestos volátiles, incluyendo compuestos heterocíclicos que contienen principalmente azufre hidrocarburos lineales y ramificados, alcanos cíclicos, hidrocarburos aromáticos y, destacando al mismo tiempo una jerarquía de su aparición en relación al incremento de temperatura. Asimismo, se ha confirmado que la temperatura representa el factor principal en la generación de sustancias en el aire (Autelitano, 2017).

El Perú es uno de los países con más carreteras asfaltadas. Según el último informe del Centro de Investigación Empresarial (CIE) de PERUCÁMARAS el 66,9% de la Red Vial Nacional se encuentra pavimentada, lo que corresponde a 7,037.7 kilómetros de vías; sólo el 10,1% de la Red Vial Departamental o Regional, 946 kilómetros, está asfaltado. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1*Porcentajes de la red vial a nivel nacional, departamental y vecinal*

Red Vial	Nacional		Departamental		Vecinal		Total	
	Km	Par. %	Km	Par. %	Km	Par. %	Km	Par. %
Pavimentada	7,037.70	66.90%	946.00	10.10%	448.20	1.00%	8,431.80	12.90%
No pavimentada	3,487.90	33.10%	8,420.20	89.90%	45,003.30	99.00%	56,911.50	87.10%
TOTAL	10,525.60	100.00%	9,366.20	100.00%	45,451.50	100.00%	65,343.30	100.00%

Nota: Datos tomados de PERUCÁMARAS (2017).

La producción de mezclas asfálticas genera emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que se deben de tomar medidas para desarrollar nuevas alternativas de producción (Usquiano Tantaleán y Villarreal Guimarey, 2016)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN GENERAL Y ESPECÍFICOS

PROBLEMA GENERAL

✚ ¿Qué material se adicionará en el diseño de la mezcla asfáltica para disminuir las emisiones de gases contaminantes generadas en la construcción de pavimentos asfálticos?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

✚ ¿Cuál será la proporción adecuada del aceite de palma en la nueva mezcla modificada?

✚ ¿Cuánto será el porcentaje de reducción de partículas de CO₂ en el nuevo diseño de mezcla asfáltica?

✚ ¿Mejorará los parámetros de diseño de la mezcla de concreto bituminoso con la propuesta de diseño de mezcla asfáltica modificada?

1.3 FORMULACIÓN DEL OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

✚ Reducir los gases contaminantes generados en la construcción de los pavimentos asfálticos convencionales mediante el diseño volumétrico de mezcla asfáltica modificado con aceite de palma.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

✚ Determinar la proporción adecuada del aceite de palma en la nueva mezcla modificada.

- ✚ Estimar la reducción de partículas de CO₂ en el nuevo diseño de mezcla asfáltica.
- ✚ Analizar si la propuesta de diseño modifica los parámetros de diseño de la mezcla de concreto bituminoso con la propuesta de diseño de mezcla asfáltica modificada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La construcción de pavimentos de asfalto tiene un impacto ambiental considerable. Las emisiones de GEI son elevadas en las etapas de producción de materias primas, mezcla, transporte, colocación, compactación y la fase de curado. Donde las emisiones de gases de efecto invernadero son más altos en la fase de producción, y representan aproximadamente el 54% de la cantidad total. Por otro lado, las redes viales constituyen la base de todo el sistema de carreteras del país; asimismo, que contribuyen al desarrollo económico y social. En la actualidad, Lima contribuye al crecimiento urbano con nuevas construcciones de infraestructuras viales. La capital del país cuenta con una extensión de 7523km; el 20% se encuentran pavimentadas y el resto sin afirmar y trocha. La red vial departamental incluye rutas de importancia regional que conectan a las capitales departamentales con cada capital regional. Solo el 20% de las vías departamentales se encuentran asfaltadas y afirmadas, y el resto son vías sin afirmar en condiciones de trocha (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018).

Si se analiza la situación actual de la red vial, las carreteras presentan fisuras tanto longitudinales y transversales; además presentan hundimientos superficiales a lo largo de las pistas de la carretera central. La realidad de esta situación se presencia no solo en las zonas alejadas de la ciudad, sino también en las zonas céntricas. El deterioro de las carreteras, es debido a la calidad de los materiales, el diseño de la

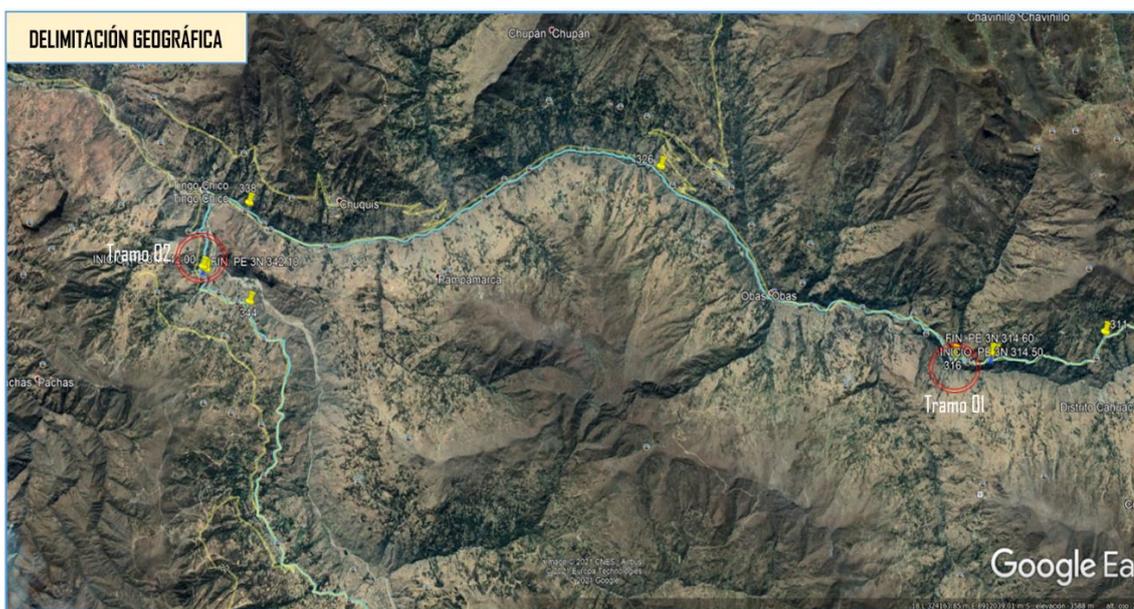
infraestructura y las condiciones en que se encuentra, estas ocurren en varias etapas, desde daños lentos que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se manifiestan como una degradación total de la vía que acompaña una nueva construcción o rehabilitación de la vía, que en efecto demanda una mayor inversión en las construcciones viales.

La capital es el centro económico y financiero del país, ya que la gran parte de las industrias y empresas están instaladas en la ciudad. Según los estudios de Oxford Economics, Lima tiene un crecimiento de 3.5% anual en el PBI del país. Uno de los sectores que promueve el desarrollo son las industrias alimentarias, según el Ministerio del Ambiente creció a 17.5% en el año 2018, el cual está estrechamente vinculado con las actividades comerciales de restaurantes, hoteles y residencias que en efecto desechan en gran mayoría el aceite de cocina en los sistemas de alcantarillados.

1.5 LIMITACIONES

✚ La delimitación geográfica de la zona de estudio se puede apreciar a través de la siguiente imagen y el periodo de tiempo de la investigación será de nueve (09) meses.

Imagen 1. Delimitación geográfica



Nota: Se puede apreciar los tramos críticos. Fuente: Elaboración Propia.

✚ Por la pandemia que se está atravesando, los ensayos en laboratorio serán difícil de realizarlo porque las pruebas se darán a cabo en instalaciones de la ciudad de Huancayo. Lo cual implica seguir todos los protocolos de seguridad y limitaciones del distanciamiento.

✚ Para la medición de gases contaminantes actualmente existen equipos muy sofisticados pero debido a su alto costo no se podrán usar ellos; sin embargo, usaremos un equipo más accesible que nos permitirá medir uno de los gases contaminantes como lo es el dióxido de carbono (CO₂).

✚ En la actualidad no existe investigaciones realizadas en el Perú sobre pavimentos modificados con aceite de palma, la información recopilada e investigada son de artículos científicos realizados en el extranjero, como de Colombia. Por consecuencia, no se tendría un estudio en apoyo del país; debido a ello no se tiene un especialista o conocedor sobre pavimentos modificados con aceite de palma.

✚ Se tiene diferentes tipos de ensayos que se pueden realizar en la ciudad de Huancayo, la cuales cada una de ellas tiene un costo considerable, debido a ello se realizara las pruebas necesarias para la investigación.

✚ Se realizó los trámites necesarios; sin embargo, debido al Estado de Emergencia Nacional declarado mediante Decreto Supremo 184-2020-PCM, y a la intervención en los tramos críticos de la carretera Huánuco – La Unión, por la Empresa Ejecutora China Railway 20 Bureau Group Corporation, no va ser factible la obtención de agregados de la zona ni realizar los ensayos en los tramos críticos in situ.

1.6 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECIFICOS

1.6.1 HIPOTESIS GENERAL

✚ La propuesta de la mezcla asfáltica modificada con aceite de palma disminuye las emisiones de gases contaminantes generados en la construcción de los pavimentos asfálticos del tramo de la carretera Huánuco- La Unión.

1.6.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

✚ La proporción adecuada del aceite de palma como aditivo es de 0.5% de asfalto, de los agregados es 94% y del asfalto es de 6% en la nueva mezcla modificada.

✚ La reducción de partículas de CO₂ en el nuevo diseño de mezcla asfáltica es de 50% a comparación del diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo.

✚ La propuesta de la mezcla asfáltica modificado con aceite de palma mejorará algunos parámetros de diseño según la norma EG 2013 frente al diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo.

1.7 VARIABLES

1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

✚ Mezcla asfáltica modificado con aceite de palma.

1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

✚ Emisiones de gases contaminantes.

1.8 DEFINICIÓN TEÓRICA Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Mezcla asfáltica con aceite de palma.

La mezcla asfáltica modificado por aceite de palma consiste en la propuesta de una alternativa el cual incluye la utilización de recursos que son amigables con el medio ambiente y que permite darle otro uso frente al uso común que es la alimentación de las personas; en tal sentido nos referimos al aceite de palma. De manera que se usará el aceite como un aditivo en la mezcla, que tendrá un porcentaje de 0.5% a 1.5%. Que brindará a los pavimentos asfálticos un alto rendimiento de forma directa e indirecta, actuará como rejuvenecedor en cuanto al envejecimiento de la resistencia de la mezcla a distintos porcentajes de grados de agregación (Azahar et al, 2016).

Emisiones de gases contaminantes.

La emisión de gases causados por la producción hasta la puesta en obra contiene más del 75% del peso de las partículas Pm están presentes en el aire; que algunos de ellos tienen la capacidad de adentrar a los órganos respiratorios, provocando de esta manera enfermedades (Lin, Hung y Leng, 2016).

Tabla 2

Matriz de operacionalización

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V. Independiente (x)	Mezcla asfáltica modificado con aceite de Palma	La palabra aceite es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que ésta. Son considerados menos complejos que las proteínas, ya que están formadas por triacilceroles, los cuales son compuestos relativamente simples (Juárez, 2007).	La mezcla asfáltica modificado por aceite de palma consiste que el aceite usará como un aditivo en la mezcla, que tendrá un porcentaje de 1 a 10% que brindará a los pavimentos asfálticos un alto rendimiento de forma directa e indirecta, actuará como rejuvenecedor de la resistencia de la mezcla a distintos porcentajes de grados de agregación. (Azahar et al. 2016)	Contenido aceite de palma en la mezcla asfáltica	Porcentaje de aceite de palma como aditivo modificado
				Contenido de la mezcla asfáltica modificada	Porcentaje de agregados y asfalto en la nueva mezcla asfáltica
V. Dependiente (y)	Emisiones de gases	Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provienen de la	Las emisiones de gases causados por la producción hasta la	Proporción de gases	Reducción de partículas de gases contaminantes (CO2) mediante un monitor de

contaminantes	producción de la materia prima, transporte de mezcla de pavimentación, y la rodadura de mezcla de asfalto. Las emisiones de gases en la elaboración del asfalto están compuestas por moléculas de dióxido de carbono, benceno, tolueno y etilbenceno que aumenta a temperatura de 150°C a 200°C. (Lin, Hung, y Leng 2016)	puesta en obra contienen más del 75% del peso de las partículas Pm están presentes en el aire; que algunos de ellos tienen la capacidad de adentrar a los órganos respiratorios, provocando de esta manera enfermedades. (Lin, Hung, y Leng 2016)	contaminantes	calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L
---------------	---	---	---------------	---

Nota: En la tabla se puede observar la Matriz de operacionalización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolla con la finalidad de utilizar el aceite crudo de palma del tipo industrial aplicado en pavimento asfálticos, de manera que se pueda reducir la emisión de gases altamente contaminantes y reducir pasivos ambientales en el sector de infraestructura vial, a su vez fomentar el uso en construcciones sostenibles, esencialmente en la ciudad de Huánuco. Por ello, primero se identificó la problemática; alta emisión de gases contaminantes durante el ciclo de vida del pavimento asfáltico. Segundo, para apoyar la investigación se basó en trabajos de investigación, artículos científicos, tesis que hayan tenido un alto impacto a nivel mundial, internacional y nacional relacionadas al tema en investigación.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

“Emisiones de gases de efecto invernadero en pavimentos de construcción: Un estudio de caso en China”.

En este artículo, los autores tienen como motivación la aparición de nuevos métodos para poder medir el CO₂ o la sostenibilidad, tales como Leeds y Green Road en los EE.UU. y CEEQUAL y el aspecto en el Reino Unido, y otras herramientas en Australia y Alemania. Asimismo, hay muchos estudios sobre evaluaciones de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la construcción de infraestructura vial.

La investigación del autor tiene el objetivo de definir los límites del sistema para las emisiones (GEI) producidos por pavimento asfálticos, mediante el uso del método de evaluación del ciclo de vida basada en el proceso de construcción de obras viales. Según, Amethod, para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero debe ser a partir de la construcción

de pavimentos de asfalto. El autor investiga y evalúa un estudio de caso de las emisiones de GEI de un proyecto de construcción de pavimentos de asfalto típico en China. El proceso de construcción se da en las fases de; la producción de materias primas, la mezcla, transporte mezcla, pavimentación, y la rodadura de la mezcla de asfalto, también evalúa las temperaturas de los materiales en cada procedimiento de la construcción.

En conclusión, la construcción de pavimentos de asfalto tiene impactos ambientales considerables. Sus emisiones de GEI se evaluaron y calcularon en todas las etapas incluyendo la producción de materias primas, mezcla, transporte, colocación, compactación y la fase de curado. Se obtuvo que el total CO₂ de emisión del proyecto de construcción de pavimentos de asfalto larga 20 kilómetros fue de 52,264,916.06 kg. Donde las emisiones de gases de efecto invernadero de la fase de mezcla son los más altos, y representan aproximadamente el 54% de la cantidad total (Ma eat, 2016).

“Emisiones en el aire de mezclas de asfalto / cera para la producción de asfalto de mezcla caliente”

La motivación que tuvieron los autores fue la contaminación ambiental que se produce en el proceso de calentamiento de asfalto en las diversas etapas de mezcla de asfalto en caliente (HMA) en las diferentes operaciones de producción y pavimentación genera una mezcla compleja de aerosoles de hidrocarburos, vapores y gases, generalmente compuestas de productos de la combustión, compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), se emite a la atmósfera.

La reducción de estas emisiones en el aire de asfalto es un problema continuo y desafío para la industria del asfalto y los organismos viales. Por lo

tanto, una serie de nuevas tecnologías sostenibles y más limpias que reduzcan significativamente las temperaturas de fabricación y de aplicación.

Esta investigación experimental se basa en ensayos y pruebas tales como; cromatografía-espectrometría de masas (HS-GC / MS) y la detección de fotoionización (PID), con el fin de reducciones de las emisiones nocivas a la atmósfera. Los resultados indican que en el proceso de calentamiento de asfalto en las diversas etapas de la construcción de pavimentos de carreteras se emiten a la atmósfera diferentes mezclas complejas de hidrocarburos aerosoles, vapores y gases. La caracterización de la composición de asfalto de humos realizado por medio de la espectrometría de masas-cromatografía de gas ha permitido la identificación de más de 200 compuestos volátiles, incluyendo compuestos heterocíclicos que contienen principalmente azufre hidrocarburos lineales y ramificados, alcanos cíclicos, hidrocarburos aromáticos y, destacando al mismo tiempo una jerarquía de su aparición en relación al incremento de temperatura.

De acuerdo al estudio de las mezclas se afirma que sería una buena opción adicionarles ceras ya que permiten la disminución hasta de 30°C menos y con ello se podría reducir la emisión de humos contaminantes (Autelitano et al, 2017).

“Mezclas de asfalto y consumo de energía: una revisión”

Los investigadores realizaron un estudio de las mezclas del asfalto y consumo de energía esta investigación se llevó a cabo para minimizar consumo de energía que se da en el procedimiento del asfalto en el cual se puede ahorrar del 20% al 70% haciendo uso de la mezcla asfáltica en caliente evitando la emisión de gases de efecto invernadero y a la vez reduciendo la

temperatura de la producción de mezclas asfálticas reduciendo la huella de carbono generada por la industria del asfalto. El autor evalúa mediante investigaciones recientes las emisiones de dióxido de carbono y la energía para la producción de pavimentos con materiales de asfaltos. Analizó el consumo de energía y las emisiones de gases en las producciones de cemento Portland; Analizó la energía de las estructuras de los pavimentos de mezcla en caliente, y comparó la energía utilizada en pavimentos flexibles y rígidos.

Llegando a la conclusión de que es importante controlar el parámetro de contenido de humedad de los agregados para el rendimiento de una planta de asfalto, ya que en las plantas discontinuas emiten más contaminantes volátiles. El cemento Portland consume más energía y energía industrial que el asfalto de mezcla caliente. Los pavimentos flexibles tienen una huella de carbono baja en comparación con los pavimentos rígidos. Se conoce que emite una cierta cantidad de CO₂ en la producción de materias primas y en la producción de mezclas, sin embargo, es mucho menor que la cantidad generada en la producción de concreto de cemento Portland (Thives eat al, 2017).

El presente artículo titula: Rendimiento del aceite de cocina usado en la modificación de la carpeta de asfalto.

El autor para determinar las diferentes propiedades y la calidad del aceite reciclado (OMA) en el rendimiento del aglutinante de asfalto, realizó pruebas de ensayo de hidrólisis durante tres periodos diferentes para determinar la cantidad de ácido graso libre (FFA) y agua existente en el aceite.

Asimismo, estimó mediante pruebas de penetración según ASTM D5-86 para determinar la consistencia de la mezcla, punto de reblandecimiento,

viscosidad y reómetro dinámico de corte (DSR) para evaluar el comportamiento físico y reológico de la calidad del OMA en la adición del aglutinante de asfalto modificado con la OMA. Primero, se recogió el aceite de cocina de un restaurante en tres momentos diferentes durante un año, el aceite de cocina usado es filtrado para poder eliminar cualquier partícula de alimentos, suciedad e impurezas. Luego, se realizó la prueba de índice de acidez y luego se neutralizó el ácido y determinó la existencia de agua en el aceite. Segundo, preparó el aglutinante asfáltico de control en grado de penetración 60/70, el aglomerante de asfalto modificado lo prepara agregando una muestra de WCO a tres porcentajes diferentes, 3%, 4% y 5% de peso de betún de 500 gramos a 60/70 grado de penetración. Luego, se mezclaron en un mezclador de cizallamiento a una velocidad constante. Tercero, realizó la prueba de penetración, cuando alcanza la temperatura de 250 ° C, la muestra es penetrada por una aguja de 100 g durante 5 segundos, el cual se registró como penetración 0.1 milímetros. Por último, efectuó la Prueba del reómetro de corte dinámico (DSR).

En conclusión, la cantidad de presencia de ácido en WCO depende del número de frituras que puedan producirse durante este proceso, del proceso de hidrólisis resultó un incremento en la cantidad de ácido graso libre (FFA). La calidad alta y buena de la OMA se registra en la muestra del mes de diciembre con el valor ácido más bajo 1,66 ml / g y el contenido de agua de 0,01 ml. Asimismo, la alta calidad de la OMA influencia a un buen desempeño de las propiedades reológicas, donde la resistencia a la formación de grietas más alta y la falla de temperatura a 64 ° C se logran con el aglomerante de asfalto modificado con la muestra del mes de diciembre (Wang eat al, 2018).

El presente artículo titula: “Propiedades físico-químicas de asfalto envejecido rejuvenecido por bio-aceite derivado de residuo biodiesel”

El autor propuso un material alternativo que se puede reemplazar como aditivo rejuvenecedor del asfalto de petróleo crudo, el cual, promoverá a la aplicación de recursos sostenibles producidos a partir de aceite de cocina usado.

Determinó el contenido óptimo de bio-aceite a través de pruebas de viscosidad, pruebas reológicas a alta temperatura y resistencias de craqueo a baja temperatura de los asfaltos virgen, edad y bio-aceite rejuvenecidos (al contenido óptimo). Asimismo, analizó las características de la composición química de bio-aceite y las transformaciones que podrían derivarse de las composiciones vírgenes, envejecidas y bio-aceite asfaltos rejuvenecido. Sometió muestras de asfaltos vírgenes en Pen 50, el otro en asfalto modificado con estireno-butadieno-estireno (SBS) con el método (TFOT), el cual es un ensayo en horno de esterificación usando un catalizador que se obtiene biodiesel. Se usó viscosímetro de rotación (RV) y reómetro de corte dinámico (DSR) para determinar las propiedades reológicas a alta temperatura relacionados con la mezcla de la trabajabilidad en 135 C, y la resistencia a la formación de surcos. Los resultados demuestran que añadiendo un 2% de bio-aceite como aditivo a la mezcla podría ser una buena opción para mejorar las propiedades del asfalto ya que, suaviza la edad del asfalto, mejora su resistencia al agrietamiento a baja temperatura, mejora la trabajabilidad debido a la reducción de la viscosidad y las propiedades reológicas del asfalto de edad, reduciendo así la emisión de dióxido de carbono (Gong eat al, 2016).

“Propiedades del ligante asfáltico modificado por bio-aceite derivado de aceite de cocina usado”

El análisis mediante métodos experimentales como, la prueba de separación de componentes y pruebas de FT-IR del AMB y asfalto convencional que se realizó para analizar las diferencias entre ambos. La prueba de penetración y punto de ablandamiento, la ductilidad con la penetración está correlacionadas con el rendimiento del aglutinante. El procedimiento que se menciona de los distintos métodos experimentales son los siguientes: La prueba de la separación de componentes; en primera instancia se disolvió 0,5 a 1 g de n-heptano a la muestra.

Por lo que se observó que las moléculas de asfaltenos se separaron primero; por consiguiente, las fracciones solubles de n-heptano se vertieron en una columna de absorción vítrea rellena con alúmina; que dieron como resultado la separación de los aceites saturados, acrílicos y resinas usando el n-heptano, tolueno/etanol.

En la prueba de penetración se llenó la muestra asfáltica en un contenedor y se almacenó en un baño a 25° C durante 90 minutos; posteriormente se adentró a una profundidad de 0,1 mm; que sirvió para identificar que la temperatura estaba en la mezcla.

En conclusión, el comportamiento del bio-aceite adicionado reduce la viscosidad del aglutinante asfalto producido por el efecto de dilución; asimismo, reduce las temperaturas de construcción de la mezcla AMB (Asfalto Modificado por Bio-aceites y por ende no tienen un alto impacto ambiental. Debido a la disminución de viscosidad, el bio-aceite mejora su rendimiento a bajas temperaturas como en regiones frías. Las pruebas de fluencia indican que

la adición del aglomerante en un periodo de tiempo más significativo incrementa su deformación por fluencia; es decir, una menor deformación ante tensiones térmicas más altas. También, disminuye la rigidez y aumenta el valor del aglomerante de asfaltos en bajas temperaturas; lo que resulta que tendrán buenas propiedades de relajación de la tensión y también mejorarán la resistencia a la fisuración térmica del aditivo (Sun et al, 2017).

“Desempeño a alta temperatura del bio-asfalto modificado por SBS”

Los autores se motivaron a realizar los estudios porque últimamente por la excesiva demanda y aumento del precio del asfalto, se ha dado paso a la búsqueda de nuevas alternativas y al uso de los recursos de aglomerantes renovables, como el bio-asfalto, que se han convertido fuente de investigación de muchas personas por el gran valor que ha tomado en los últimos años. Entre una variedad de energías renovables, se encuentra la energía a través de biomasa. Esta energía tiene muchas ventajas, como una amplia gama de fuentes y más investigadores han centrado su atención en el bio-aceite, y ha convertido en una nueva tendencia el aceite biológico como modificador del aglutinante base tradicional.

Determinaron mediante ensayos y pruebas el mejoramiento del rendimiento a altas temperaturas del bio-asfalto agregando SBS a la mezcla de asfalto, por esta razón, se seleccionó una baja dosis de SBS y una alta dosis de bio-aceite para preparar el bio-asfalto modificado con SBS.

Asimismo, los estudios incluyeron determinar la viscosidad, el rendimiento anti ruido y la sensibilidad a la temperatura a través del viscosímetro rotacional (RV) y dinámica reómetro de cizallamiento (DSR).

En conclusión, el bio-asfalto tiene una viscosidad superior que uno convencional debido a la adición del SBS; además, la adición de SBS aumentó las temperaturas de mezclado y compactación del bio-asfalto modificado. Antes del envejecimiento de RTFO, el rendimiento antiarrugas del bio-asfalto modificado con SBS era ligeramente más débil que el del aglutinante base 50 y disminuyó con el aumento en el contenido de bio-aceite, pero fue casi estable cuando el contenido de bio-aceite fue más del 10% (Zhang et al, 2017).

Usos del aceite de palma y sus derivados oleo químicos en la industria de los pavimentos.

El aceite de palma es una de las industrias más grande de Colombia, con amplias oportunidades para diversificar las aplicaciones de sus productos y residuos industriales para mejorar la rentabilidad. Actualmente, se han propuesto varias opciones para aumentar la sostenibilidad del sector de la palma aceitera y la producción de bioproductos. La industria de la palma aceitera de Colombia tiene una excelente oportunidad para ingresar al sector de los pavimentos flexibles, tanto con los productos básicos que ya produce, como desarrollando nuevos productos para aprovechar el auge de la inversión en infraestructura proveniente del país. Actualmente se impulsa en Colombia la construcción de una planta para la producción de emulsionantes y aditivos multifuncionales para la industria de los pavimentos, la cual requerirá aceite de palma y de palmiste o sus derivados oleo químicos para su producción. Además, Fedepalma, Pavimentar S.A. y Corasfaltos adelantan un proyecto de pavimentación de un tramo de 100 metros de largo con mezcla tibia aditivada con aceite de palma crudo. Sin embargo, en el Perú no existen incentivos, ni información de las nuevas técnicas constructivas que son más eficientes y

menos contaminantes y prefieren usar el asfalto convencional (Enrique y Grajales, 2016).

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

“Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS.

El autor realizó un análisis de comportamiento mecánico y desempeño, con ambos tipos de mezclas asfálticas teniendo como patrón de estudio a la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus. Se tomó como mezcla patrón la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100, en este trabajo se presenta una propuesta de mejora a través de una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70 -28, la misma que toma en consideración el uso de un ligante asfáltico modificado con polímero y clasificado según la clase de desempeño (PG) recomendada por la metodología Superpave para ser utilizada en climas fríos, como es el caso de la ciudad del Cusco. Para efectos de investigación los diseños para ambos tipos de mezclas asfálticas, se realizó teniendo en cuenta las mismas consideraciones, utilizando los mismos agregados y la misma gradación para ambas mezclas asfálticas. Los ensayos de desempeño tiene como objetivo determinar el comportamiento de las mezclas asfálticas para dos de los problemas más frecuentes que se presentan en las mezclas asfálticas como son la resistencia a la deformación permanente y la resistencia a la fatiga, los cuales se realizaron ensayos de Hamburg Wheel Tracker con la finalidad de determinar la susceptibilidad a la deformación permanente o ahuellamiento y ensayos de fatiga de viga en flexión en 4 puntos (Estrada et al, 2017).

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

No se encontraron antecedentes a nivel local.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA:

En la presente investigación la variable independiente es causal debido a que la mezcla asfáltica modificado por aceite crudo de palma de tipo industrial consiste que se usará el aceite como un aditivo en la mezcla, de tal manera que, produzcamos un aglutinante alternativo para minimizar la dependencia del asfalto a base de petróleo. (Azahar et al, 2016).

2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE: EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES.

La investigación presenta una variable dependiente causal porque al reemplazar parcialmente el componente principal que es el petróleo por aceite de palma. Esto lo convierte en una alternativa respetuosa con el medio ambiente a los aditivos modificadores de asfalto industriales convencionales, que producen grandes emisiones de CO₂ durante su producción y, por lo tanto, contribuyen a la contaminación ambiental. (Ortega V. 2021).

2.3 BASES CONCEPTUALES O DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Mezcla Asfáltica Caliente: Las mezclas asfálticas en caliente se define como una combinación entre agregados pétreos, polvo mineral (filler), ligante asfáltico y aditivos en los casos requeridos, aproximadamente por un 90% de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico, los cuales son importantes para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto,

siendo el ligante asfáltico y el polvo mineral los que más influyen en la calidad y costo total. (Padilla, A. 2004).

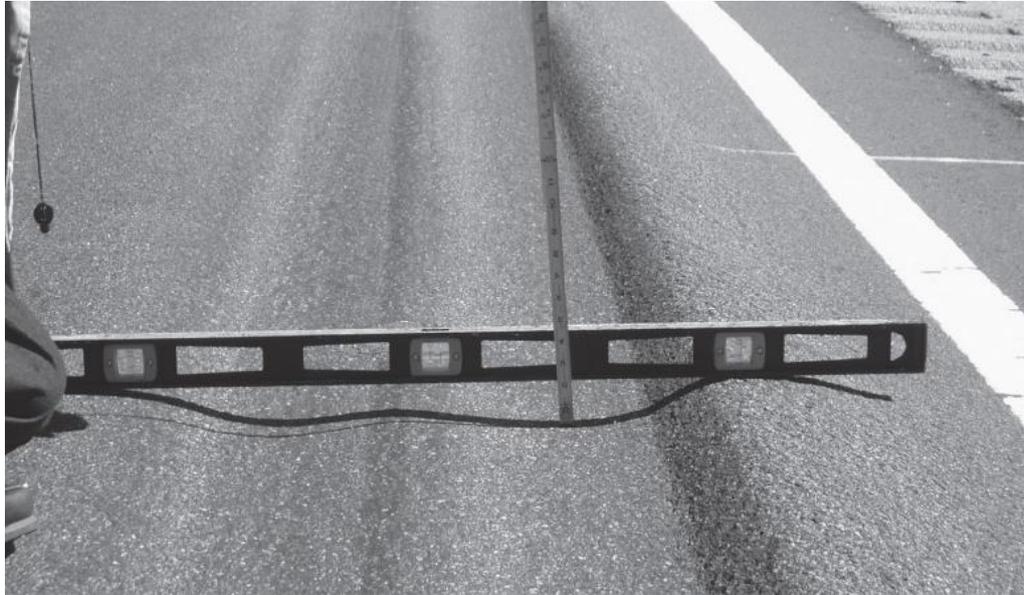
2.3.1.1. Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente: La mezcla asfáltica en caliente tiene diferentes propiedades, pero mencionaremos aquellas propiedades deseadas consideradas para el diseño de mezcla:

- **Resistencia a la deformación permanente-Estabilidad:** La deformación permanente resulta de la acumulación de cantidades pequeñas de tensión irre recuperable de las cargas repetidas aplicadas al pavimento. La formación de surcos en la trayectoria de las ruedas es la forma más común de la deformación. La resistencia a la deformación permanente se proporciona mediante el diseño y la construcción de un pavimento HMA estable que resistirá los empujes y los surcos bajo el tráfico, además mantendrá su forma y suavidad bajo cargas repetidas. Un pavimento inestable desarrolla surcos y muestra otros signos de cambios de la mezcla.

La resistencia a la deformación permanente depende principalmente de la fricción interna proporcionada por las partículas de agregado y en menor medida de la cohesión proporcionada por el ligante asfáltico, donde la fricción está relacionada con la forma y la textura de la superficie del agregado fino y grueso y las características de la gradación del agregado ya que el uso de partículas de agregado más angulares con una textura superficial más rugosa aumentara la estabilidad de la mezcla, y la cohesión está relacionado con la capacidad de unión y las características de rigidez del ligante asfáltico ya que la cohesión aumenta a medida que aumenta la rigidez del ligante asfáltico o cuando disminuye la temperatura del pavimento. Un grado adecuado tanto de fricción como de cohesión evita

que las partículas del agregado se muevan entre sí por las fuerzas ejercidas por el tráfico. (Asphalt Institute. 2014).

Imagen 2. *Ahuellamiento de mezcla débil*



Nota: Se puede apreciar las huellas de las ruedas del carro. Fuente: Asphalt Institute.

- **Resistencia a la fatiga:** Es la resistencia del pavimento a la flexión repetida bajo las cargas de las ruedas (tráfico). El resultado de una falla por fatiga, a menudo llamado agrietamiento de cocodrilo, como puede apreciar en la imagen 3, aunque el agrietamiento por fatiga se relaciona principalmente con un espesor insuficiente del pavimento, los valores de aire y las propiedades del aglomerante asfáltico tienen un efecto significativo en la resistencia a la fatiga. A medida que aumenta el porcentaje de vacíos de aire en el pavimento, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento se reduce drásticamente. (Asphalt Institute. 2014).

Imagen 3. Agrietamiento por fatiga (cocodrilo)



Nota: Se puede apreciar el agrietamiento debido a la fatiga. Fuente: Asphalt Institute.

- **Agrietamiento a baja temperatura:** Ocurre cuando la temperatura en la superficie del pavimento desciende lo suficiente como para producir tensión térmicamente inducida en la capa HMA que exceda la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica como puede apreciar en la imagen 4. El resultado son grietas transversales que son perpendiculares a la línea central del camino, y a menudo, están igualmente espaciadas. Estas grietas comienzan en la superficie y se abren camino hacia abajo. La magnitud, la velocidad de enfriamiento, la frecuencia de ocurrencias de bajas temperaturas y la rigidez del ligante asfáltico son los principales factores que afectan la severidad del agrietamiento. En general la solución a este problema es la elección adecuada del ligante. El uso de agregados altamente

absorbentes o agregados con alto contenido de polvo puede agravar el agrietamiento a baja temperatura. (Asphalt Institute. 2014).

Imagen 4. *Agrietamiento a baja temperatura*



Nota: Se puede apreciar las grietas transversales, perpendiculares a la línea central del camino que por lo general están espaciadas igualmente. Fuente: Asphalt Institute.

- **Resistencia a la humedad-Impermeabilidad:** Un problema importante de durabilidad está asociado con el daño por humedad, comúnmente conocido como “desprendimiento”. Por lo general, esto es el resultado del agua en combinación con cargas de tránsito repetidas, lo que provoca un efecto de socavación a medida que el agua es empujada hacia adentro y hacia afuera de los vacíos en el pavimento. El decapado implica que el agua o el vapor de agua se interponga entre la película de asfalto y los agregados, rompiendo así la unión adhesiva entre el agregado y la película de ligante asfáltico. Esto “pelará” el asfalto del agregado, donde la mejor línea de

defensa contra el pelado es tener suficiente aglutinante en la mezcla y construir una estera impermeable al lograr una compactación suficiente. (Asphalt Institute. 2014).

- **Durabilidad:** Es la capacidad de resistir factores como el envejecimiento del asfalto, la desintegración del agregado y el desprendimiento de la película asfáltica del agregado. Estos factores resultan del clima, el tráfico o una combinación de ambos. (Asphalt Institute. 2014).
- **Resistencia al deslizamiento:** Es la capacidad de una superficie de asfalto para minimizar el derrape o el deslizamiento de las llantas de los vehículos, particularmente cuando la superficie de la carretera esta mojada. Para una buena resistencia al deslizamiento, la banda de rodadura del neumático debe poder mantener el contacto con las partículas de agregado y no viajar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). (Asphalt Institute. 2014).
- **Trabajabilidad:** Describe la facilidad con la que se puede colocar y compactar una mezcla de pavimentación. Las mezclas con buena trabajabilidad son relativamente fáciles de colocar y compactar, los de mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. Cambiar los parámetros de diseño de la mezcla, la fuente del agregado y/o la gradación pueden mejorar la trabajabilidad. Sin embargo, las mezclas que son más trabajables son generalmente más propensas a la deformación permanente. Se debe tener precaución para garantizar un equilibrio adecuado para el uso previsto de un pavimento. Las mezclas duras (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso y/o bajo contenido de asfalto) tienen tendencia a segregarse durante el manejo y pueden ser difíciles de

compactar. Para hacer que una mezcla sea más trabajable, la granulometría de los agregados se puede ajustar aumentando la proporción de arena natural versus finos triturados o aumentando el contenido de asfalto de la mezcla. Se debe tener cuidado para garantizar que la resistencia a la formación de surcos de la mezcla no se vea comprometida para proporcionar una mezcla viable. (Asphalt Institute. 2014).

2.3.2. Diseño de mezcla asfáltica: En el presente estudio de investigación se propone utilizar el aceite de palma como aglutinante en la mezcla asfáltica para ello primero se elaborará una muestra patrón de la cual obtendremos el porcentaje de asfalto optimo y a partir de ello se elaborará la muestra modificada con aceite de palma.

En una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas y en el proceso de evaluación de un diseño para una mezcla, es necesario preparar varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios del método de diseño que se está usando. El diseño de mezclas asfálticas de pavimentación consiste, en gran parte, en seleccionar y proporcionar materiales para obtener las propiedades deseadas en el pavimento terminado. (Asphalt Institute. 2001).

2.3.3. Método de Diseño Marshall: En el presente estudio de investigación se propone utilizar el Diseño Marshall, ya que si bien existen diversos métodos que se utilizan, el Método Marshall es uno de los más usados.

Comúnmente se utilizan dos métodos de diseño para determinar las proporciones adecuadas de asfalto y agregado en una mezcla. Son el Método Marshall y el Método Hveem. Ambos métodos de diseño son ampliamente utilizados en el diseño de mezclas de pavimentos asfálticos. La selección y el

uso de estos métodos de diseño de mezclas es primordialmente una cuestión de gustos en ingeniería, ya que cada método contiene características y ventajas únicas. Ambos métodos pueden utilizarse con resultados satisfactorios. El concepto del Método Marshall de diseño de mezclas de pavimentación fue desarrollado por Bruce Marshall, ex-Ingeniero de Bitúmenes del Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi. El ensayo Marshall, en su forma actual, surgió de una investigación iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. El propósito del Método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. Además, provee información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, y establece densidades y contenidos óptimos de vacío que deben ser cumplidos durante la construcción del pavimento. El Método Marshall, solo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación que usan cemento asfáltico clasificado con viscosidad o penetración, y que contienen agregados con tamaños de 25.0 mm (1 pulgada) o menos. (Asphalt Institute. 2001).

2.3.3.1. Preparación para Efectuar los Procedimientos Marshall: El siguiente procedimiento es en base al Instituto de Asfalto.

El primer paso en el método de diseño, es determinar las cualidades que debe tener la mezcla de pavimentación (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento, etcétera) que debe tener la mezcla de pavimentación, y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades. (Asphalt Institute. 2001).

- **Selección de las Muestras de Material:** Para los ensayos se debe tener las muestras del asfalto y del agregado a ser usados en la mezcla de pavimentación. Es importante que estas muestras tengan las características idénticas a la que va ser usado en la mezcla o producto final, debido a que los datos extraídos de los procedimientos de diseño de mezcla determinan la formula o receta para la mezcla de pavimentación. Una amplia variedad de problemas graves que van desde una mala trabajabilidad de la mezcla hasta una falla prematura del pavimento, son el resultado histórico de variaciones ocurridas entre los materiales ensayados en el laboratorio y los materiales usados en la realidad. (Asphalt Institute. 2001).
- **Preparación del agregado:** Los procedimientos iniciales se enfocan en el agregado con el objetivo de poder identificar con precisión sus características. Estos procedimientos incluyen el secado del agregado, la determinación de su peso específico, y la realización de un análisis granulométrico por lavado. (Asphalt Institute. 2001).

Secando el Agregado

El Método Marshall requiere que los agregados a ensayar estén libres de humedad para no afectar los resultados de los ensayos. Una muestra de cada agregado a ser ensayado se coloca en una bandeja, por separado, y se calienta en un horno a una temperatura de 110°C (230°F), como se muestra en la imagen 5. Después de cierto tiempo, la muestra caliente se pesa, y se registra su valor. La muestra se calienta completamente una segunda vez, y se vuelve a pesar y a registrar su valor. Este procedimiento se repite hasta que el peso de la muestra permanezca constante después de dos

calentamientos consecutivos, lo cual indica que la mayor cantidad posible de humedad se ha evaporado de la muestra. (Asphalt Institute. 2001).

Imagen 5. *Secando la Muestra de Agregado*



Nota: Se puede apreciar el retiro del horno de la bandeja con el agregado.

Fuente: Asphalt Institute.

Análisis Granulométrico por Vía Húmeda

Asphalt Institute, 2001. Es un procedimiento usado para identificar las proporciones de partículas diferentes en las muestras del agregado, que es importante porque las especificaciones de la mezcla deben estipular las proporciones necesarias de partículas de agregado de tamaño diferente, para producir una mezcla caliente final con las características deseadas.

El análisis granulométrico por vía húmeda consta de los siguientes pasos:

1. Cada muestra de agregado es secada y pesada.
2. Luego cada muestra es lavada a través de un tamiz de 0.075 mm (No. 200), para remover cualquier polvo mineral que este cubriendo el agregado.

3. Las muestras lavadas son secadas siguiendo el procedimiento de calentado y pesado descrito anteriormente.
4. El peso seco de cada muestra es registrado. La cantidad de polvo mineral puede ser determinada si se comparan los pesos registrados de las muestras antes y después del lavado.
5. Para obtener pasos detallados del procedimiento referirse a la norma AASHTO T 11.

Determinación del Peso Específico

Es la proporción peso-volumen de una unidad de esa sustancia comparada con la proporción peso-volumen de una unidad igual de agua. Se determina al comparar el peso de un volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual de agua, a la misma temperatura como se puede apreciar en la imagen 6. El peso específico del agregado se expresa como múltiplo del peso específico del agua (que siempre tiene un valor de 1). Por ejemplo, una muestra de agregado que pese dos y media veces más que un volumen igual de agua tiene un peso específico de 2.5. (Asphalt Institute. 2001).

Imagen 6. *Determinando el Peso Específico de una Muestra de Agregado*



Nota: Se puede apreciar el retiro del horno de la bandeja con el agregado.

Fuente: Asphalt Institute.

Preparación de las Muestras (Probetas) de Ensayo

Asphalt Institute, 2001. Son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. El margen de contenidos de asfalto usado en las briquetas de ensayo está determinado con base en experiencia previa con los agregados de la mezcla. Este margen le da al laboratorio un punto de partida para determinar el contenido exacto de asfalto en la mezcla final. La proporción de agregado en las mezclas esta formulada por los resultados del análisis granulométrico.

Las muestras son preparadas de la siguiente manera:

1. El asfalto y el agregado se calientan y mezclan completamente hasta que todas las partículas de agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en planta.
2. Las mezclas asfálticas calientes se colocan en los moldes pre-calentados Marshall como se puede ver en la imagen 7, como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfrié la superficie de la mezcla al golpearla.
3. Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación, como se puede apreciar en la imagen 8. El número de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende de la cantidad de tránsito para la cual la mezcla está siendo diseñada. Ambas caras de cada biqueta reciben el mismo número de golpes. Así, una probeta Marshall de 35 golpes recibe, realmente, un total de 70 goles. Una probeta de 50 golpes recibe 100 impactos. Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.

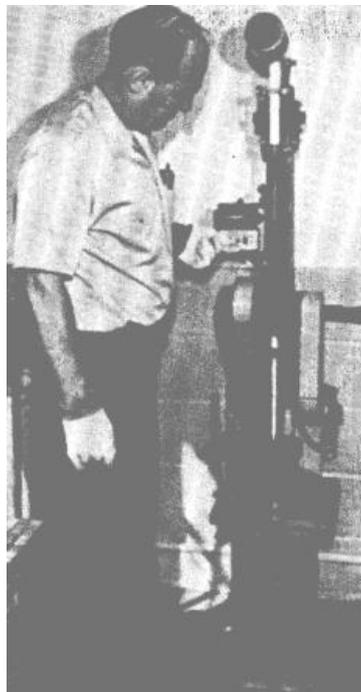
Imagen 7. *Preparando probetas de Ensayo en Moldes Marshall.*



Nota: Se puede apreciar la colocación de la mezcla asfáltica en los moldes.

Fuente: Asphalt Institute.

Imagen 8. *Martillo Marshall de Caída Compactando una Probeta*



Nota: Se puede apreciar la compactación de la briqueta con el martillo

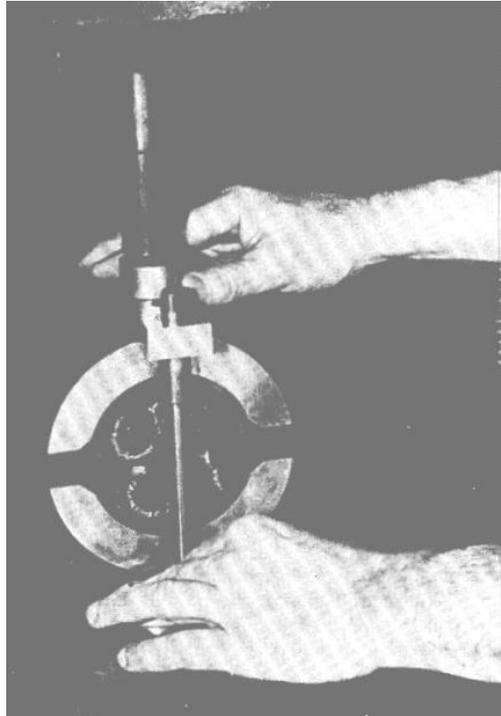
Marshall. Fuente: Asphalt Institute.

2.3.3.2. Procedimiento del Ensayo Marshall: Existen tres procedimientos en el método del ensayo Marshall. Estos son: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad y la fluencia Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas. (Asphalt Institute. 2001).

- **Determinación del Peso Específico Total:** Se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos. El peso específico total se determina usando el procedimiento descrito en la norma AASHTO T 166. (Asphalt Institute. 2001).
- **Ensayos de Estabilidad y Fluencia:** Asphalt Institute, 2001. El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla. El procedimiento de los ensayos es el siguiente:
 1. Las probetas son calentadas en un baño de agua a 60°C (140°F). Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
 2. La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall, como se puede apreciar en la imagen 9. El aparato consiste de un dispositivo que aplica una carga sobre la probeta, y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
 3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.

4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

Imagen 9. *Probetas en el Aparato Marshall*



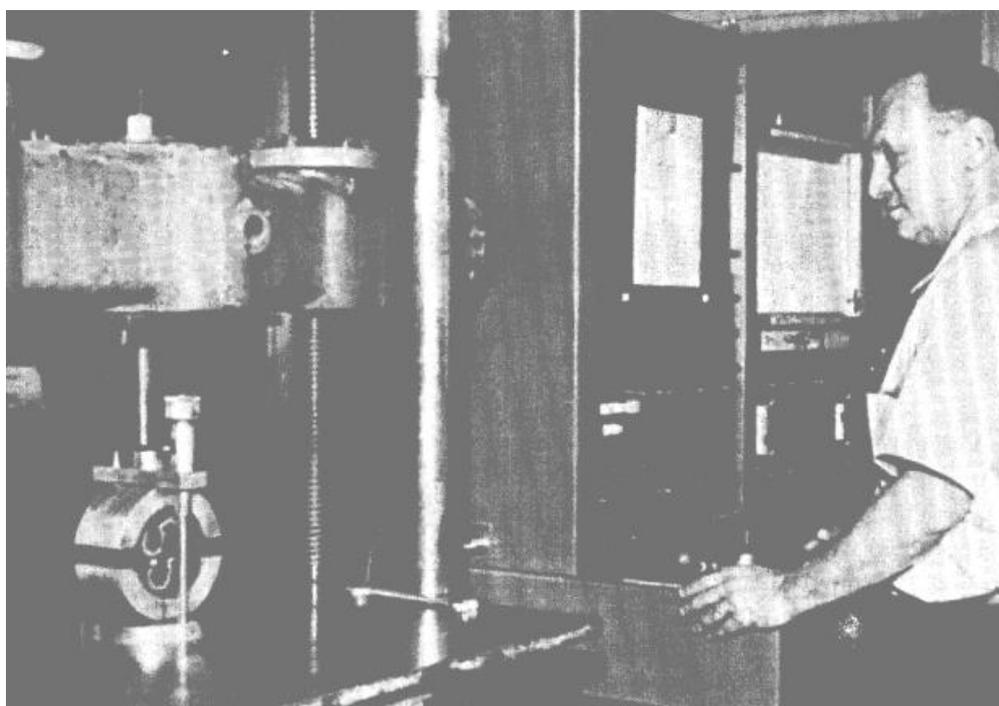
Nota: Se puede apreciar la colocación de la briqueta en el Aparato Marshall.

Fuente: Asphalt Institute.

- **Valor de Estabilidad Marshall:** El resultado de estabilidad Marshall es una medida de la carga a la que la muestra cederá o fallará por completo. En la imagen 10 vemos el medidor de lectura de estabilidad. Durante la prueba, cuando se aplica una carga lenta, los extremos superior e inferior del dispositivo se acercan entre sí y aumentan la carga sobre la briqueta al igual que la lectura en el indicador de cuadrante. A continuación, la carga se interrumpe cuando se alcanza la carga máxima. El valor máximo indicado por el medidor es el Valor de Estabilidad. Dado que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación, se tiende a pensar que

si el valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto es mucho mejor. Para muchos materiales de ingeniería, la resistencia del material ser generalmente una medida de calidad; sin embargo, este no se aplica necesariamente a las mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades extremadamente altas se obtienen a costa de durabilidad. (Asphalt Institute. 2001).

Imagen 10. *Lecturas del Calibrador, Prueba Marshall de Estabilidad*



Nota: Se puede apreciar el funcionamiento del Aparato Marshall. Fuente: Asphalt Institute.

- **Valor de Fluencia Marshall:** El flujo Marshall, medido en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta. En la imagen 11 muestra un medidor típico de fluencia para medir la deformación que ocurre durante la prueba Marshall. La deformación indica una disminución en el diámetro vertical de la briqueta. Las mezclas con valores de fluencia bajo y valores

de estabilidad Marshall muy alto son considerados demasiado frágiles y rígidas para el pavimento utilizado. Aquellos que tienen valores altos de fluencia son considerados demasiado plásticos, y tienen tendencia a deformarse fácilmente bajo las cargas de tráfico. (Asphalt Institute. 2001).

Imagen 11. *Probeta Marshall y Lectura del medidor de Fluencia*



Nota: Se puede apreciar el medidor para las lecturas en el Aparato Marshall.

Fuente: Asphalt Institute.

- **Análisis de Densidad y Vacíos:** Una vez se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. (Asphalt Institute. 2001).

Análisis de Vacíos

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos). Este último puede ser calculado a partir de los pesos específicos del asfalto y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado, o directamente mediante un ensayo normalizado (AASHTO T 209) efectuado sobre la muestra de mezcla sin compactar. El peso específico total de las probetas compactadas se determina pesando las probetas en aire y en agua. (Asphalt Institute. 2001).

Análisis de Peso Unitario

El peso unitario promedio de cada muestra se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 kg/m³ (62.4 lb/ft³). (Asphalt Institute. 2001).

Análisis de VMA

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, se definen por los vacíos intergranulares que se encuentra entre las partículas del agregado en una mezcla de pavimento compactado, incluidos los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresan como un porcentaje del volumen total de la mezcla. El VMA se calcula con base en el peso específico total del agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada. Por lo tanto, el VMA se puede calcular restando el volumen de agregado (determinado por el peso específico total

del agregado) del volumen total de la mezcla compactada. (Asphalt Institute. 2001).

Análisis de VFA

Los vacíos rellenos de asfalto, VFA, es el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran rellenos de asfalto. El VMA incluye tanto el asfalto como el aire, y por lo tanto, el VFA se calcula restando los vacíos de aire del VMA, y luego dividiéndolos por VMA, y expresando el valor final como un porcentaje. (Asphalt Institute. 2001).

2.3.4. Parámetros de diseño: Son los requisitos establecidos en la norma EG 2013, como se puede apreciar en la Tabla 3 y 4, con la finalidad de obtener mezclas asfálticas de calidad de acuerdo al tipo de mezcla que se produzca, según el diseño del proyecto. Donde la mezcla A es Tráfico Pesado que se considera cuando el número de aplicaciones es mayor o igual a 10^6 , la mezcla B es Tráfico Medio cuando el número de aplicaciones es mayor o igual a 10^4 y menor de 10^6 y la mezcla C es Tráfico Ligero cuando el número de aplicaciones es menor de 10^4 .

El diseño de mezcla elegido para el pavimento que va ser utilizado, generalmente, suele ser el que cumple de forma económica, con todos los criterios especificados como se muestra en la Tabla 5 y 6. Sin embargo, las mezclas no deben diseñarse para optimizar ciertas propiedades de forma individual. Por ejemplo, las mezclas con valores de estabilidad muy altos generalmente no son deseables, ya que los pavimentos que contienen este tipo de mezclas tienden a ser menos duraderos y pueden agrietarse prematuramente en condiciones de tráfico intenso. Se permite cualquier cambio en los criterios

de diseño solo en casos excepcionales, a menos que el desempeño del servicio de una combinación particular indique que una combinación alternativa es satisfactoria. (Asphalt Institute. 2001).

Tabla 3

Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

- (1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.
- (2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.
- (3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.
- (4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.
El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Fuente: Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG-2013).

Tabla 4

Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (1/2")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 1/2")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c). Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Fuente: Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG-2013).

Tabla 5

Criterios del Instituto del Asfalto (U.S.A.) para el Diseño Marshall

Criterios para Mezcla del Metodo Marshall	Transito Liviano Carpeta y Base		Transito Mediano Carpeta y Base		Transito Pesado Carpeta y Base	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compactacion, numero de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75	
Estabilidad, N (lb.)	3336 (750)	—	5338 (1200)	—	8006 (1800)	—
Flujo, 0.25 mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de Vacios	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacios en el Agregado Mineral (VMA)	Ver Figura 3.20					
Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

NOTAS

- 1 Todos los criterios y no solo estabilidad, deben ser considerados al diseñar una mezcla asfáltica de pavimentación. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60°C, se consideraran satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayen a 38°C, y si se colocan a 100 mm o mas por debajo de la superficie. Esta recomendación se aplica solamente a las regiones que tengan una variedad de condiciones climáticas similar a la que prevalece en casi todas las regiones de Estados Unidos. En las regiones que tengan condiciones climáticas mas extremas puede ser necesario usar temperaturas mas bajas de ensayo.
- 2 Clasificaciones del Transito
 Liviano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño < 104
 Mediano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño entre 104 y 106
 Pesado Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño > 106
- 3 Los esfuerzos de compactación en el laboratorio deberán aproximarse a la densidad máxima obtenida en el pavimento bajo el transito.
- 4 Los valores de fluencia se refieren al punto en donde la carga comienza a disminuir.
- 5 Cuando se este calculando el porcentaje de vacíos, deberá permitirse cierta tolerancia en la porción de cemento asfáltico perdida por absorción en las partículas de agregado
- 6 El porcentaje de vacíos en el agregado mineral debe ser calculado con base en el peso específico total ASTM del agregado.

Fuente: Instituto de Asfalto (2001).

Tabla 6

Porcentaje Mínimo de VMA

Tamaño Máximo en mm Porcentaje		VMA mínimo, por ciento		
		Vacíos de Diseño, por ciento ³		
mm	in.	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19.0	3/4	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

¹ Especificacion Normal para Tamaños de Tamices usados en Pruebas, ASTM E 11 (AASHTO M 92)

² El tamaño máximo nominal de partícula es un tamaño mas grande que el primer tamiz que retiene mas de 10 por ciento del material.

³ Interpole el VMA mínimo para los valores de vacíos de diseño que se encuentren entre los que estn citados.

Fuente: Instituto de Asfalto (2001).

2.3.5. Aceite de Palma: Es el aceite sometido a un proceso llamado pre-esterificacion, el cual consiste que el líquido aceitoso de apariencia oscura se convierta en un derivado de biodiesel. Por la accion de un catalizador de ácido sulfúrico los ácidos grasos del aceite se conviertan primero en metil éster de ácido graso por metanol (Sun et al., 2016).

Se obtiene de la palma aceitera que es una planta monocotiledónea, pertenece a la familia Palmaceas, del orden palmales, especie y genero *Elaeis Guineensis* (del griego *Elion*=aceite, *Guineensis*=De Nueva Guinea). La palma aceitera presenta la apariencia de un árbol esbelto, parecido a una palmera, ya que en condiciones naturales el tallo llega a medir 25 metros de altura y está coronado por hojas arqueadas y largas. (Alvarado & Ballarte, 2020).

Para la presente investigación se ha comprado el aceite de palma industrial, lo cual es también recomendado para el uso de mezclas asfálticas Tibias. También hemos determinado que el tipo de aceite crudo de palma más adecuado para el uso en MAT es el del tipo industrial. (Usquiano T.& Villarreal G. 2016).

2.3.5.1. La viscosidad en el aceite de Palma: La viscosidad como sabemos consiste en la resistencia que tiene una sustancia a fluir; esto quiere decir, que mientras mayor sea el valor de la viscosidad, mayor será la resistencia de la sustancia a que fluya. La viscosidad, que vienen hacer una de las propiedades del aceite de palma, es menor frente a otros aceites, lo cual indica que necesitaría menor energía o potencia durante el transporte.

La viscosidad a 40°C para el aceite de palma es de cerca de 39.35 cP, para el de soya es de 45.95 cP y de 297.67 cP para el aceite de higuierilla o castor. Por lo tanto, el sistema de bombeo requiere menos energía para suministrar aceite de palma, ya que la viscosidad es una medida de la resistencia del material a fluir.(Martínez & Rincón. 2009).

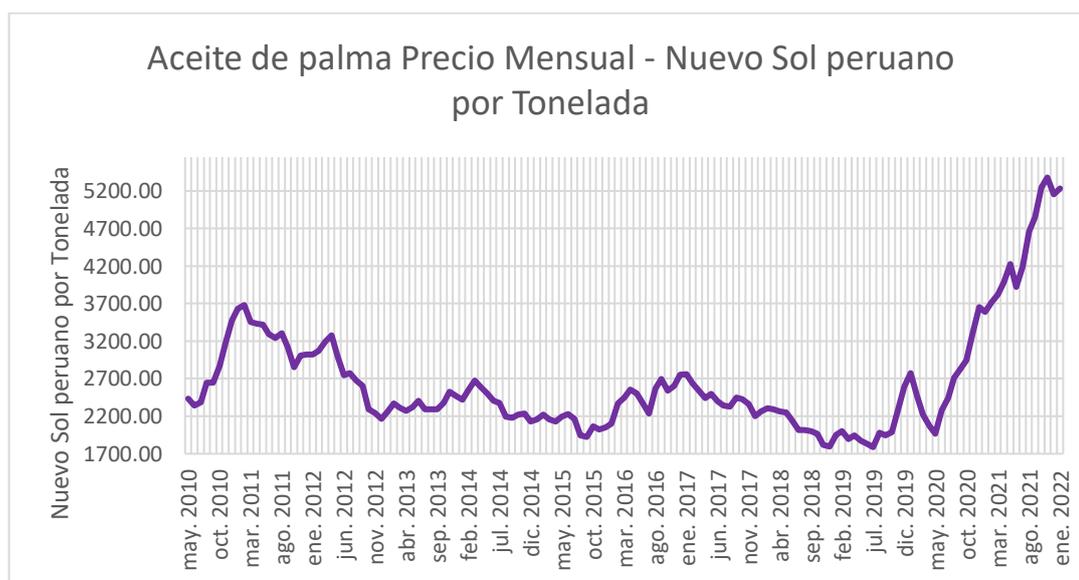
2.3.5.2. Temperatura de ebullición en el aceite de Palma: Se necesita someter al aceite de palma a temperaturas mayores de 371°C, para que pueda evaporarse, lo que conlleva a que pueda utilizarse con normalidad sin tener la preocupación de que se evapore.

Respecto a la temperatura de ebullición de los aceites, el aceite de palma presenta un valor de 371°C, superior a otros aceites como el de soya (257 °C), maíz (246°C) y oliva (191°C), lo que le permite resistir mayores temperaturas de tratamiento y uso antes de evaporarse, como es en el caso de frituras en la industria de los alimentos. Tal propiedad está directamente relacionada con la

presión de vapor de la sustancia. Sin embargo, con los equipos que se tiene en la actualidad no es posible poder evaporar el aceite a una temperatura ambiente, debido a que la presión necesaria sería muy baja (-2765MPa). (Martínez & Rincón. 2009).

2.3.5.3. Precio del Aceite de Palma: El precio se maneja a nivel internacional y va depender de la oferta y demanda, Su precio es bajo a diferencia del precio que se tiene del asfalto u otros aditivos que actualmente se encuentra en el mercado para la construcción de carreteras de pavimento flexible. El precio máximo que alcanzó fue en febrero del 2011, 1248.55 dólares por tonelada y su precio más bajo se registró en el mes de noviembre del 2008, 433.10 dólares por tonelada del aceite crudo de palma. En el Gráfico 1 se puede observar la variación del precio durante los últimos años. (Dongo V. J. 2014).

Gráfico 1. Precio a nivel Internacional del Aceite de Palma



Nota: Se muestra los precios por tonelada del aceite de palma. Fuente: Índice Mundi

2.3.5.4. Usos del Aceite de Palma: En la actualidad en el Perú, no se usado como aditivo el aceite de palma en la construcción de carreteras, el uso del aceite de palma y sus derivados se ha dado mayormente en la industria agroalimentaria, industria química, cosmética, alimentación animal, biocombustibles. El aceite de palma refinado, se usa principalmente en todo el mundo para alimentación humana, es decir, para freír, cocinar, en panadería, en pastelería, confitería y entre otros. (Dongo V. J. 2014).

2.3.6. Agregados: Son partículas con propiedades como gravedad específica (SG), la absorción de agua (WA), el valor de impacto agregado (AIV) y el análisis de tamices. Se dividen para dos tipos de agregados: grueso (14, 10 y 5 mm) y fino; 3.35, 1.18, 0.425, 0.15 y 0.075 mm (JKR, 2008).

2.3.7. Emulsión asfáltica: Es un material en polvo o líquido a base de petróleo que se adiciona a la carpeta asfáltica en de proporciones al 0%, 2%, 4%, 6% y 8% a temperatura de 110° C (Sun et al., 2016). Para la presente investigación el cemento asfáltico que se usará para el diseño de las mezclas asfálticas será el asfalto PEN 85/100, teniendo en cuenta la tabla 7 del Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) y la altitud de los subtramos como se aprecia en la imagen 12.

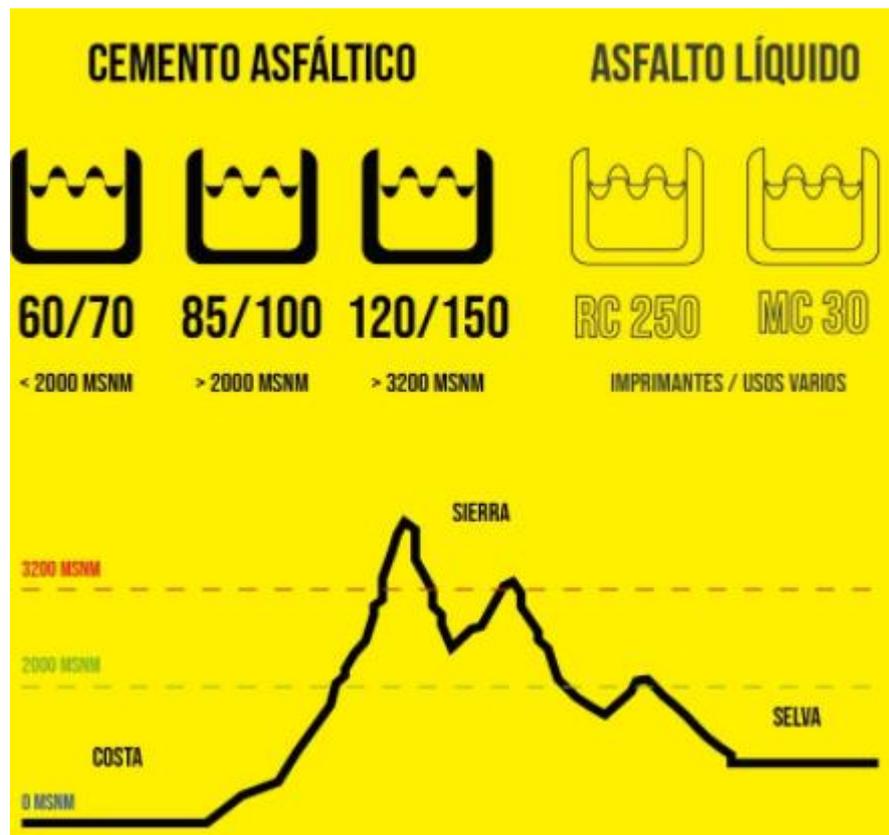
Tabla 7

Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

Imagen 12. Tipos de asfalto que más se utilizan y su uso según la altura



Nota: Se puede apreciar los tipos de asfalto y el uso. Fuente: Asfaltoperú.

2.4 BASES EPISTEMOLÓGICAS, BASES FILOSÓFICAS Y/O BASES ANTROPOLÓGICAS.

La presente investigación origina un conocimiento de tipo científico que va de lo particular y es generalizable; es decir, tiene un enfoque inductivo.

El enfoque racionalista o positivista, o lo que otros denominan enfoque empírico-analista, sobre otros enfoques en el mundo de la ciencia, significa una tendencia homogeneizadora y un punto de vista unificado de la ciencia, que se entiende bajo las condiciones de la verificabilidad de los conceptos y la construcción de teorías de corte hipotético-deductivo. Durante mucho tiempo esta concepción positivista, basada principalmente en el empirismo y en el formalismo, ha dominado a esta racionalidad a la hora de entender e interpretar la realidad y de someter la misma a reglas técnicas o normas prescriptivas para actuar sobre ella (Martínez, 1998).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 ÁMBITO

Para la presente investigación el ámbito estará conformado por la mezcla asfáltica con aceite de palma, como una solución para disminuir el impacto ambiental que produce la mezcla asfáltica convencional en la carretera Huánuco – La Unión.

3.2 POBLACIÓN

La población que se considerará en esta investigación corresponde las 27 briquetas en total elaboradas con asfalto PEN 85/100 y asfalto PEN 85/100 modificado con aceite de palma.

3.3 MUESTRA

Siendo nuestra población finita mediante la fórmula para determinar muestras con poblaciones finitas, ratificamos estadísticamente nuestra muestra $n=27$.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población = 27

Z_{α} = 1.96 al cuadrado (la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1- p (en este caso 1 - 0.05 = 0.95)

d = precisión (para la presente investigación 5%)

Reemplazando:

$$n = \frac{27 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (27 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95} = 27$$

3.4 NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO

3.4.1 NIVEL DE ESTUDIO

Según Sánchez Carlessi y Reyes Meza, la investigación por su nivel característico es explicativo causal porque se tiene previsto demostrar mediante ensayos y pruebas de laboratorio la reducción de las partículas de Dióxido de Carbono. Asimismo, se expondrá las características y ventajas a comparación del pavimento modificado con el convencional. Por ello la investigación es CUANTITATIVA.

3.4.2 TIPO DE ESTUDIO

Según Balderas Reyes, diferentes tipos de investigación que se pueden clasificar según la naturaleza del objeto de investigación, sus objetivos o el nivel de conocimiento a alcanzar. A continuación, identificamos nuestro tipo de investigación en base a los siguientes parámetros:

3.4.2.1 En función del Propósito:

Aplicada. Porque tiene como propósito la innovación, ya que no solo se va a obtener conocimientos sino también se va aplicar en el campo con la finalidad de mejorar la calidad de vida y aprovechar otros recursos como es el aceite de palma.

3.4.2.2 Por su nivel de profundidad:

Explicativa. Porque se ha usado el método experimental para poder verificar nuestras hipótesis, y no únicamente a describirlo.

3.4.2.3 Por la naturaleza de los datos y la información:

Cuantitativa. Porque se ha estudiado y analizado a través de varios ensayos cuantitativos o medibles, para obtener explicaciones y contrastarlas con nuestras hipótesis.

3.4.2.4 Por los medios para obtener los datos:

Laboratorio. Porque es de tipo experimental a que se ha llevado a cabo en un laboratorio. Además, comprende la observación y análisis minucioso del suceso para explicar en base a los resultados o datos numéricos.

3.4.2.5 Por la mayor o menor manipulación de variables:

Experimental. Porque se ha manipulado las variables en circunstancias reguladas, repitiendo el suceso o evento y observando el grado en que las variables involucradas producen un resultado determinado. Permitiendo de esta manera la contrastación con nuestras hipótesis

3.4.2.6 Según el tipo de inferencia:

Método hipotético-deductivo. Porque nuestra investigación previo análisis, deben ser verificadas o corrompidas mediante los ensayos correspondientes en el laboratorio; es decir se forman teorías a partir de hechos observados.

3.4.2.7 Según el periodo temporal en que se realiza:

Transversal. Porque es un estudio observacional donde se recolecta los datos y se analiza las variables en un periodo específico de tiempo.

3.4.2.8 De acuerdo al tiempo en que se efectúan:

Sincrónicas. Porque como su nombre hace referencia a sin tiempo (crono), es decir, analiza los sucesos en un periodo breve de tiempo. Además, la presente investigación no es un estudio netamente descriptivo

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según Marroquin Peña, el diseño de la investigación es cuasi-experimental y pre-experimental porque la aplicación del material alternativo a las infraestructuras viales, el aditivo a base de aceite de palma brindará indicadores que medirán la temperatura, el Co₂ y los parámetros de diseño, del cual, se manipulará la variable independiente; pavimentos asfálticos modificados con aceite de palma, que por ende su aplicación servirá para reducir los gases contaminantes en el desarrollo de proyectos viales. Por ello la investigación es CUANTITATIVA.

3.6 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.6.1 TÉCNICAS

La técnica consistirá primero en dar al laboratorio el agregado, asfalto y aceite de palma, seguido de ello se realizara los ensayos para los agregados con la finalidad de caracterizarlos y verificar que son excelentes para el diseño de mezcla, posteriormente se realiza el diseño de mezcla de la muestra patrón con asfalto PEN 85/100, de ello obtendremos el porcentaje optimo del asfalto y agregados los cuales utilizaremos para el diseño de mezcla modificado de asfalto PEN 85/100 con aceite de palma, con el objetivo de determinar la variación de dióxido de carbono que se produce durante el proceso de mezcla convencional y el modificado, además de determinar el porcentaje optimo del aceite de palma y analizar su comportamiento frente a los parámetros de diseño.

3.6.2 INSTRUMENTOS

Fichas para los ensayos: Viene a ser los formatos del laboratorio acreditado, donde se muestran los resultados de los ensayos cumpliendo con las Normas

Técnicas Peruanas, ASTM, Manual de carreteras y Manual de ensayos del Ministerio de Transporte.

Formatos de Observación: Viene a ser los formatos de registro, necesarios para la obtención de los resultados. Ello permitirá la recolección de datos e información necesaria para el diagnóstico de la realidad que se realizará con los respectivos equipos.

3.7 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

a) Validación de los instrumentos

La validación se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. Para ello, se adjunta en los Anexos 3, 4 y 5 formatos para el cuestionario de validación donde se tienen preguntas relacionadas a las variables, con la finalidad de que los expertos o jueces consideren la validez de nuestro procedimiento.

b) Confiabilidad de los instrumentos

Con respecto a la confiabilidad de los instrumentos de esta investigación son confiables ya que tenemos una población finita y es real, además los ensayos se realizaron en un laboratorio de Huancayo, que a su vez se encuentra acreditada por Instituto Nacional de Calidad (INACAL), en el Anexo 6 se adjunta dicho certificado. El cual nos brinda una mayor seguridad en la veracidad de los resultados; sin embargo teniendo en cuenta que la confiabilidad, consiste en que la aplicación repetida al mismo sujeto u objeto de estudio produce resultados similares, se realizaron reiteradas pruebas como se puede apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 8

Resultados de los parámetros de diseño en las diferentes muestras de patrón al 6.4%.

Parámetro de Diseño	Muestra Patrón al 6.4%	Muestra Adicional 01	Muestra Adicional 02	Muestra Adicional 03	Muestra Adicional 04
Estabilidad (mínimo)	14.13	14.05	14.01	13.99	14.11
Flujo 0.01" (0.25 mm)	13.84	13.88	13.78	13.92	13.64
Porcentaje de vacíos con aire	4.28	3.98	4.38	4.19	4.22
Vacíos en el agregado mineral (mínimo)	17.78	17.64	17.70	17.69	17.73
Relación Polvo - Asfalto	0.78	0.68	0.72	0.79	0.75
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm)	4181.98	4180.82	4179.34	4181.06	4180.51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9

Resultados de los parámetros de diseño en las diferentes muestras modificadas al 0.8%.

Parámetro de Diseño	Muestra modificada al 0.8%	Muestra Adicional 01	Muestra Adicional 02	Muestra Adicional 03	Muestra Adicional 04
Estabilidad (mínimo)	11.08	11.01	11.12	11.05	11.10
Flujo 0.01" (0.25 mm)	22.32	22.25	22.37	22.31	22.29
Porcentaje de vacíos con aire	3.64	3.59	3.61	3.68	3.65
Vacíos en el agregado mineral (mínimo)	16.55	16.48	16.53	16.50	16.57
Relación Polvo - Asfalto	0.78	0.72	0.75	0.73	0.80
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm)	2101.68	2101.73	2101.62	2101.70	2101.66

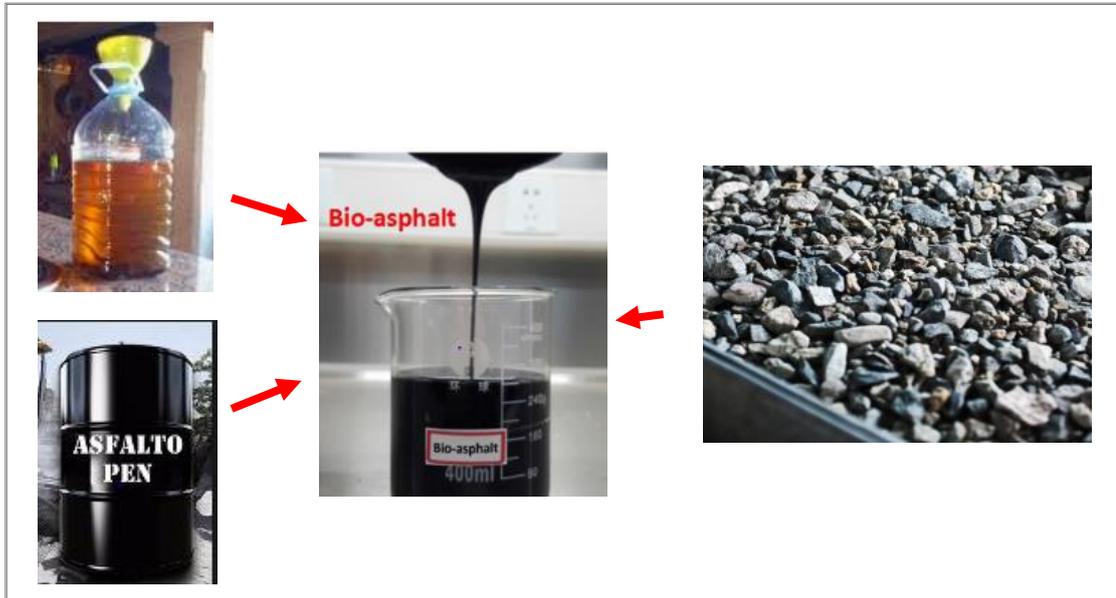
Fuente: Elaboración Propia

3.8 PROCEDIMIENTO

La investigación consistirá en analizar los resultados que proyectó el procedimiento de la adición de aceite de palma al diseño de mezcla convencional, donde generalmente, el 95% la componen los agregados y un 5% el cemento asfáltico caliente (derivados del petróleo). Donde la adición del aceite de palma reemplazará un

porcentaje del asfalto. Con la finalidad de determinar el porcentaje de partículas de CO₂, el porcentaje óptimo de aceite de palma y los parámetros que mejoraran.

Imagen 13. *Materiales a usar en la mezcla asfáltica modificada*



Nota: La imagen muestra los materiales a usar en la mezcla asfáltica.

Fuente: Construction and Building Materials-Elsevier BV (2015).

3.8.1 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

La mezcla asfáltica con aceite de palma, estará compuesto cierto porcentaje de agregado grueso y fino según el diseño Marshall de la muestra patrón, el cual estará ajustado a cualquier huso granulométrico de la tabla 8, en nuestro caso se ha optado por la MAC – 2, debido a que no existe una regla que nos diga cual se debe usar ya que cualquier lo puedes utilizar, pero es muy importante tener en consideración las canteras que vamos a tener a nuestra disposición.

Además, del diseño Marshall de la muestra patrón obtendremos el porcentaje óptimo de asfalto en base al análisis de los parámetros de diseño que demanda el Manual de Carreteras (EG-2013), donde respecto al asfalto se ha

seleccionado el asfalto PEN 85/100 teniendo en cuenta la altura de los tramos críticos y lo que recomienda el manual de carreteras.

Respecto a la clase de mezcla para la evaluación de los parámetros de diseño, en nuestro caso se ha optado la clase de mezcla A ya que ello depende del tipo de tráfico que los tramos críticos van a tener por ello, teniendo en cuenta que para los tramos más críticos de la carretera de Huánuco y La Unión, siendo este el Subtramo 1 que se desarrollará desde la Ciudad de Huánuco de la progresiva PE 3N Km 314+500 hasta Km 314+600 y el Subtramo 2 que comprenderá entre la progresiva del PE 3N Km.342+000 al Km.342+100, son críticos por la presencia de un deterioro superficial que vienen desestabilizando los taludes, trayendo como consecuencia el desmoronamiento y asentamiento de la plataforma de la vía; lo que produce fisuras, agrietamientos y asentamientos en la calzada. Las filtraciones de agua y fallas geológicas afectan la carretera Huánuco – La Unión, según reporto la Empresa ICCGSA, encargada del mantenimiento de esa ruta, que afirma que está trabajando para recuperar los tramos 311-338 y 341-343, considerados críticos (“Filtraciones y fallas geológicas afectan ruta Hco La Unión”, 2014).

Por ello, se ha evaluado el estudio definitivo del proyecto: “Mejoramiento de la Carretera Huánuco – Conococha, Sector: Huánuco – La Unión – Huallanca”, donde para ambos tramos críticos se tiene que el número de aplicaciones es mayor a 10^6 ; por lo tanto, se ha considera como tráfico pesado en base al manual de carreteras. Por último, el porcentaje de aceite de palma se ha tomado del asfalto óptimo del diseño Marshal de la muestra patrón, donde primero se ha mezclado el aceite de palma con el asfalto; es decir, se ha optado

por la técnica de mezcla por vía húmeda para modificar asfaltos, para luego ser mezclado con los agregados.

La mezcla por vía húmeda, es una de las técnicas para modificar asfaltos, donde el aditivo es adicionado al ligante y mezclado a una temperatura que va de los 110°C a 140°C con ayuda de un rotor por un periodo de 30 minutos, al finalizar este procedimiento se procede a mezclar con los áridos. (Peña, 2021).

Tabla 10

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

3.8.2 ADQUISICION DE LOS AGREGADOS

Debido a que el tramo de la carretera Huánuco – La Unión donde se tienen los subtramos críticos, se encuentra actualmente en ejecución, y en base al estudio definitivo del proyecto: “Mejoramiento de la Carretera Huánuco – Conococha, Sector: Huánuco – la Unión - Huallanca”. La Cantera Rio Higueras, el cual se encuentra a lo largo de la vía, presenta agregados que corresponde a un depósito fluvial, proveniente del Río Higueras, tales como hormigón de forma redondeada y subredondeada, textura lisa y de color gris, los cuales pueden ser utilizados previo tratamiento.

Por ello, se ha optado en tomar como muestra del agregado fino y grueso de la cantera Pilcomayo, debido a su accesibilidad y disponibilidad por encontrarse en Huancayo, lugar donde se encuentra ubicado el laboratorio “Centauro Ingenieros” el cual se encuentra acreditado por la Instituto Nacional de Calidad y permite una mayor confiabilidad en los resultados.

La cantera se encuentra ubicada exactamente, como se puede observar en la imagen 14, en el distrito de Pilcomayo - Huancayo, en el sector Puente de la Breña (Pilcomayo) con coordenadas UTM: 18L 473360.99 m E 8668135.34 m S. Donde se obtuvo una masa de 90 kilos para el agregado fino y de la misma manera para el agregado grueso.

Imagen 14. *Ubicación de la Cantera Pilcomayo*



Nota: Se puede apreciar la ubicación de la cantera. Fuente: Google Earth.

3.8.3 DETERMINACIÓN TIPO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO

En el presente estudio de investigación el tipo de mezcla que se va a producir será el tipo A, debido a que se tiene un tránsito Pesado o alto ya que el número de aplicaciones de carga equivalente de eje simple de 80 KN (18000

lb) (EAL) es mayor de 10^6 de acuerdo al análisis realizado en los dos tramos críticos de la carretera Huánuco – La Unión según los estudios definitivos del Mejoramiento de la Carretera Huánuco – Conococha. Sector: Huánuco – La Unión – Huallanca, como se puede apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 11

Número de Ejes Equivalentes de Diseño (ESAL) para el Subtramo 1

Estación	0-20años	0-10años	10-20años
E3	2.446 E+06	1.010 E+06	1.436 E+06
E4	1.999 E+06	8.264 E+05	1.172E+06
E5	4.072 E+06	1.682 E+06	2.390 E+06

Fuente: Estudio definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Huánuco-Conococha, Sector Huánuco – La Unión – Huallanca Ruta PE-3N (2017).

Tabla 12

Número de Ejes Equivalentes de Diseño (ESAL) para el Subtramo 2

Estación	0-20años	0-10años	10-20años
E6	2.384 E+06	9.875 E+05	1.397 E+06
E7	3.186 E+06	1.330 E+06	1.855 E+06
C1	3.232 E+06	1.347 E+06	1.886 E+06

Fuente: Estudio definitivo para el Mejoramiento de la Carretera Huánuco-Conococha, Sector Huánuco – La Unión – Huallanca Ruta PE-3N (2017).

3.8.4 MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO₂) EN LA MUESTRA PATRON

Durante la mezcla de los agregados con el asfalto se procedió a realizar la medición de CO₂, con ayuda del equipo Medidor de CO₂ – YEM 40L, el cual genera almacena los resultados en un archivo en formato .txt, .csv, y xls sin la necesidad de algún software o controlador. En la siguiente imagen podemos observar el uso del equipo.

Imagen 15. *Medición del CO2 en la muestra patrón*



Fuente: Elaboración Propia

3.8.5 ENSAYOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA PATRON

En las siguientes imágenes se podrá ver la preparación de las briquetas y los ensayos para el cálculo de la prueba de Marshall, ello correspondiente a la muestra patrón. Con ello se realizará el análisis para lograr la proporción del porcentaje óptimo de asfalto, y a partir de ello se procederá a la elaboración de las briquetas modificadas con aceite de palma.

Imagen 16. *Compactación con el martillo operado manualmente en muestra patrón*



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 17. Mediciones a las briquetas para el cálculo del ensayo Marshall



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 18. Determinación del peso específico bulk de cada espécimen



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 19. Inmersión en agua por 30 minutos en el horno a 60°C



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 20. Ensayo de Estabilidad y Flujo



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 21. *Resultados de Ensayo Marshall*



Fuente: Elaboración Propia

3.8.6 MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO₂) EN LA MUESTRA MODIFICADA

Durante la mezcla de los agregados con el asfalto modificado con aceite de palma se procedió a realizar la medición de CO₂, con ayuda del equipo Medidor de CO₂ – YEM 40L, el cual genera y almacena los resultados en un archivo en formato .txt, .csv, y xls sin la necesidad de algún software o controlador. En la siguiente imagen podemos observar el uso del equipo.

Imagen 22. *Medición del CO2 en la muestra modificada*



Fuente: Elaboración Propia

3.8.7 ENSAYOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA

En las siguientes imágenes se podrá ver la elaboración de las briquetas con aceite de palma y los ensayos para el cálculo del ensayo Marshall, ello correspondiente a la muestra modificada con aceite de palma. Donde además se realizó la medición de CO₂, análisis del porcentaje de aceite de palma óptimo y los parámetros según la normativa peruana del MTC.

Imagen 23. *Elaboración de Briquetas con asfalto modificado (aceite de palma) y medición de CO2*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 24. *Compactación con el martillo operado manualmente en muestra modificada*



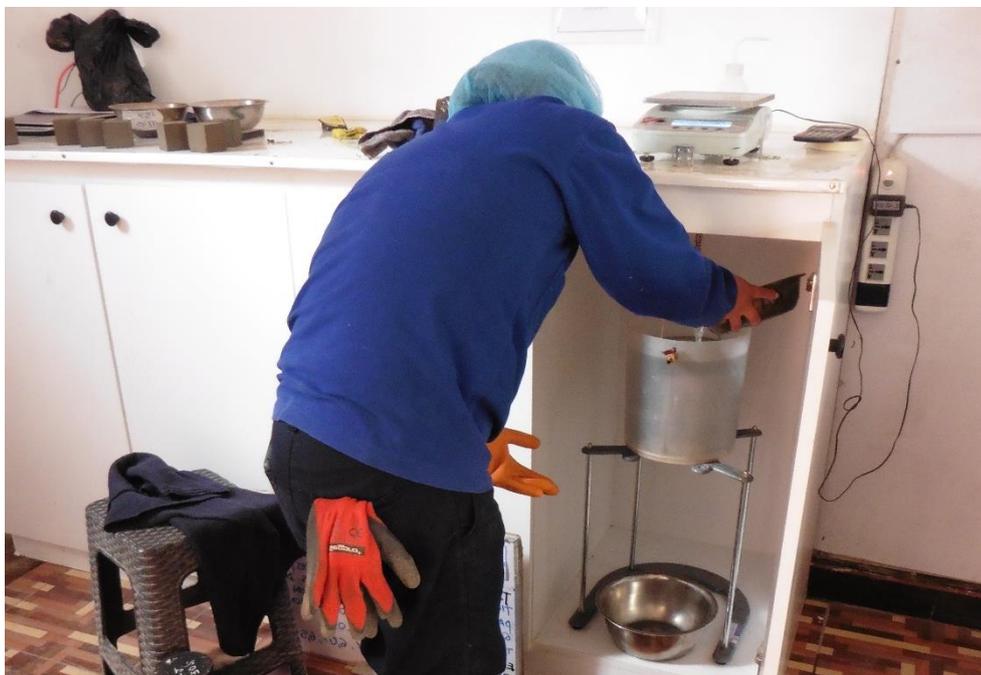
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 25. *Briquetas con aceite de palma al 0.5%, 1% y 1.5%*



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 26. *Determinación del peso específico bulk de cada espécimen*



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 27. *Inmersión en agua por 30 minutos en el horno a 60°C*



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 28. *Máquina de carga para el Ensayo de Estabilidad y Flujo en muestra modificada*



Fuente: Elaboración Propia

3.9 TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.9.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

- **Peso específico y absorción de agregado fino (MTC E-205)**

Resultados:

Tabla 13

Gravedad Especifico y Absorción del Agregado Fino

PROMEDIO DE GRAVEDAD ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2,58	2,58	2,58
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,63	2,63	2,63
PESO ESPECIFICO APARENTE	2,72	2,72	2,72
PORCENTAJE DE ABSORCION	1,98%	2,00%	1,99%

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Impurezas Orgánicas de Agregado Fino (MTC E-213 - 2016)**

Resultados:

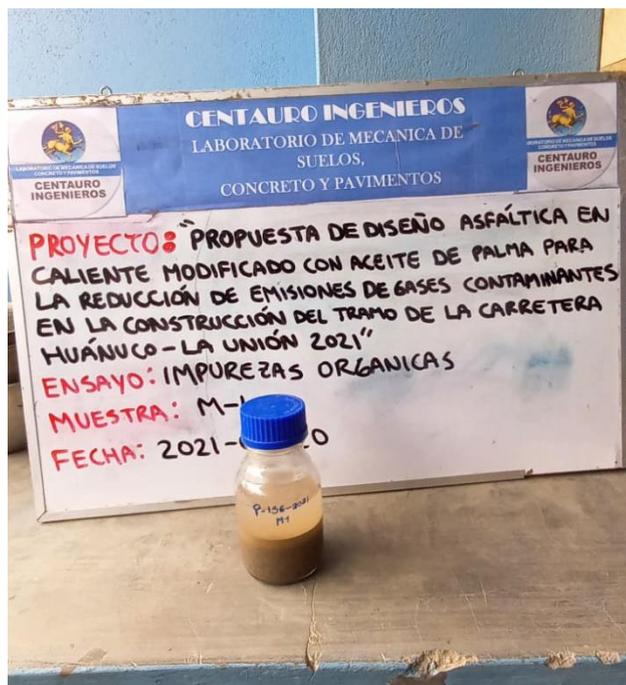
Tabla 14

Impurezas Orgánicas de agregado fino

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 29. *Impurezas Orgánicas de Agregado Fino*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Ensayo de Adhesividad de los Ligantes Bituminosos a los Áridos Finos (Procedimiento Riedel - Weber) MTC E 220 - 2012**

Resultados:

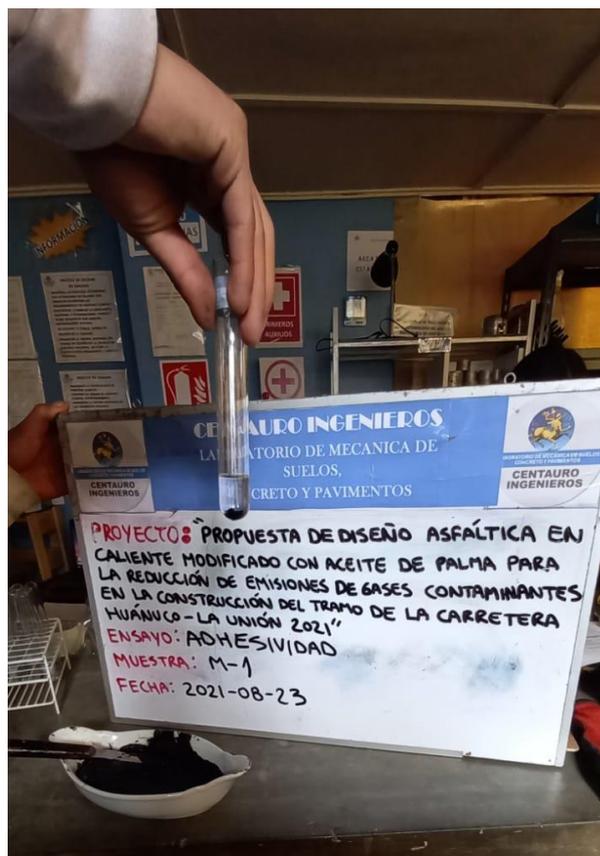
Tabla 15

Ensayo Riedel Weber al Agregado Fino

Molaridad	G de Na ₂ CO ₃ /1 disolución
M/256	0,414
M/128	0,828
M/64	1,656
M/32	3,312
M/16	6,625
M/8	13,25
M/4	26,5
M/2	53,0
M/1	106,0

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 30. *Ensayo Riedel Weber al Agregado Fino*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Equivalente de Arena (MTC E-114)**

Resultados:

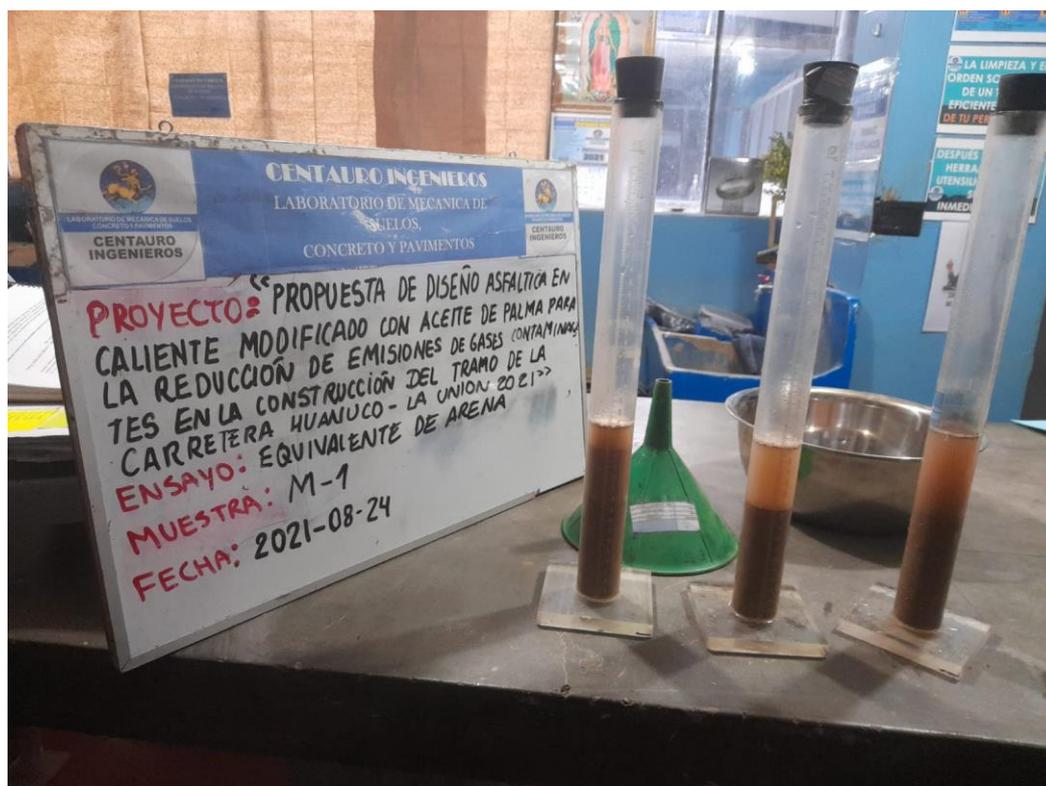
Imagen 31. *Ensayo Equivalente de Arena*

EQUIVALENTE DE ARENA : 41 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 32. Ensayo Equivalente de Arena



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Inalterabilidad del Agregado Fino: Análisis Cuantitativo MTC E-209 – 2016 Sulfato de Magnesio**

Resultados:

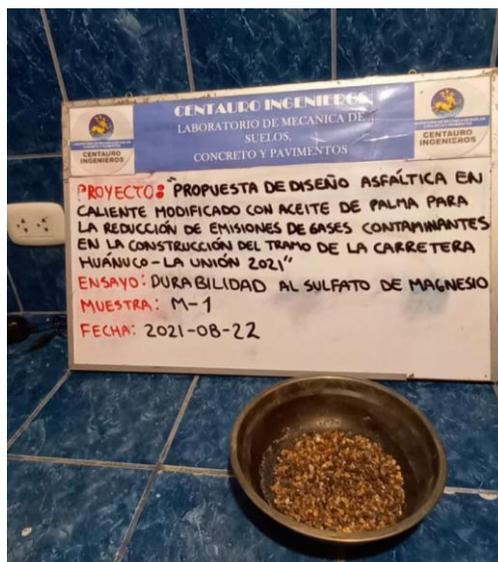
Tabla 16

Ensayo de Durabilidad (Sulfato de Magnesio)

FRACCIÓN					PERDIDAS (%):	
PASA	RETIENE	1	2	3	4	5
		GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fracción Ensayada (g)	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	23.94	100	95.71	4.29	1.027
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8")	23.29	100	95.20	4.80	1.118
2.36 mm (N° 8")	1.18mm (N° 16")	6.63	100	94.51	5.49	0.364
1.18mm (N° 16")	600 um (N° 30")	12.65	100	90.34	9.66	1.221
600 um (N° 30")	300 um (N° 50")	33.49	100	88.83	11.17	3.739
300 um (N° 50")	150 um (N° 100)	0.00	-	-	-	-
150 um (N° 100)		0.00	-	-	-	-
TOTALES		100				7.469

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

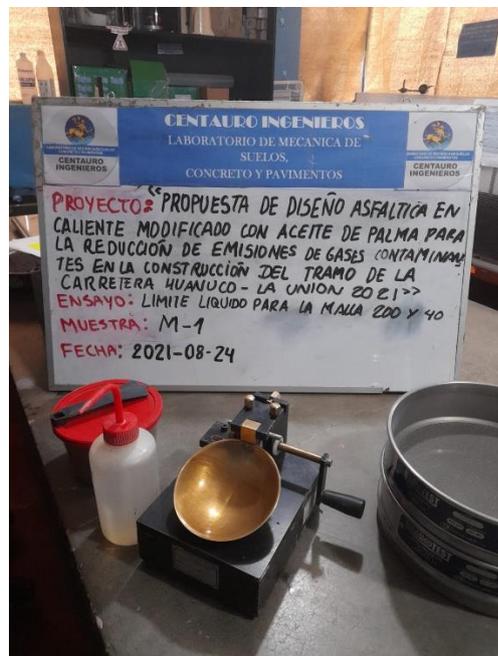
Imagen 33. *Ensayo Durabilidad (Sulfato de Magnesio)*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Límite de Attemberg Pasante por la Malla 200 y 40 – Método Multipuntos (MTC E-110 Y MTC E-111)**

Imagen 34. *Ensayo Limites de Consistencia de Agregado Fino*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Sales Solubles de Agregado Fino (MTC E-219)**

Resultados:

Imagen 35. Resultados del Ensayo Sales Solubles

CONTENIDO	:	0.22%	
CONTENIDO	:	2178	ppm

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Análisis Granulométrico de Agregado Fino (MTC E-1301)**

Resultados:

Tabla 17

Granulometría de Agregado Fino

PESO INICIAL SECO:		790,00					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA MÍNIMO	% QUE PASA MÁXIMO	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO (G)	% ACUMULADO	
						RETENIDO	QUE PASA
1"	25,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	80	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	70	88	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	51	68	150,00	18,99	18,99	81,01
N° 10	2,000	38	52	130,00	16,46	35,44	64,56
N° 40	0,425	17	28	290,00	36,71	72,15	27,85
N° 80	0,177	8	17	120,00	15,19	87,34	12,66
N° 200	0,075	4	8	70,00	8,86	96,20	3,80
FONDO				30,00	3,80	100,00	0,00
TOTAL				790,00	100,00		

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 36. Ensayo de Análisis Granulométrico Agregado Fino



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Peso específico y absorción de agregado grueso (MTC E-206)**

Resultados:

Tabla 18

Gravedad Especifico y Absorción del Agregado Grueso

PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2,64	2,64	2,64
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,66	2,66	2,66
PESO ESPECIFICO APARENTE	2,71	2,71	2,71
PORCENTAJE DE ABSORCION	0,92%	0,92%	0,92%

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 37. Ensayo Peso específico y absorción de agregado grueso



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Impurezas Orgánicas de Agregado Grueso (MTC E-213 - 2016)**

Resultados:

Tabla 19

Impurezas Orgánicas de agregado grueso

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Inalterabilidad del Agregado Grueso: Análisis Cuantitativo MTC E-209 – 2016 NTP 400.016 Sulfato de Magnesio**

Resultados:

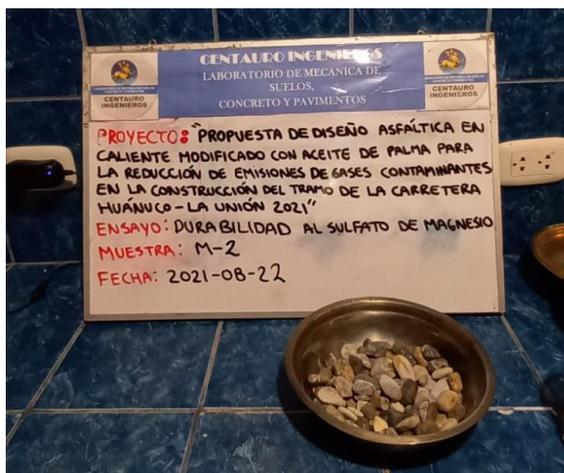
Tabla 20

Ensayo de Durabilidad (Sulfato de Magnesio) de Agregado Grueso

FRACCIÓN						PERDIDAS (%)			2.354
PASA	RETIENE	GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fraccion Ensayada (g)	N° de Particula	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %	N° de Particulas	
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")		-		-	-	-		
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	0.00	-	17	-	-	-		
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	0.00	-	22	-	-	-		
25 mm (1")	19 mm (3/4")	52.86	1501	145	1468.77	2.173	1.149	99	
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	35.77	651	172	632.05	2.896	1.036		
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	11.37	331	677	325.87	1.490	0.169		
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	0.00	-	715	-	-	-		
TOTALES		100	2483		2426.69		2.354		

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 38. *Ensayo Durabilidad (Sulfato de Magnesio) de Agregado Grueso*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Sales Solubles de Agregado Grueso (NTP 339.152 REV. 2015)**

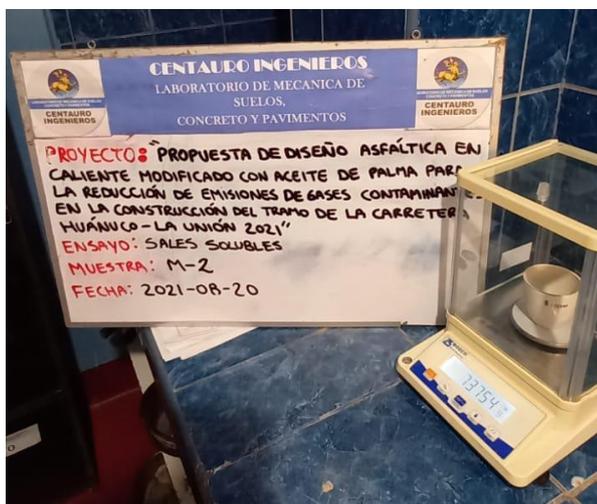
Resultados:

Imagen 39. *Resultados del Ensayo Sales Solubles*

CONTENIDO	:	0,09%	
CONTENIDO	:	921	ppm

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 40. *Ensayo Sales Solubles de Agregado Grueso*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- Abrasión de los Ángeles en Agregado Grueso (MTC E-207)

Resultados:

Tabla 21

Resultado de Ensayo Abrasión de los Angeles

Gradación		B
No. de esferas		11
No. de revoluciones		500
Peso de muestra inicial	(g)	5000
Peso que pasa tamiz N° 12	(g)	865
DESGASTE	%	17.30

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 41. *Ensayo Abrasión de los Angeles*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Análisis Granulométrico de Agregado Grueso (MTC E-1301)**

Resultados:

Tabla 22

Granulometría de Agregado Fino

PESO INICIAL SECO:		3080,00					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA MÍNIMO	% QUE PASA MÁXIMO	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO (G)	% ACUMULADO	
						RETENIDO	QUE PASA
1"	25,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	80	100	1500,00	48,70	48,70	51,30
3/8"	9,500	70	88	500,00	16,23	64,94	35,06
N° 4	4,750	51	68	1080,00	35,06	100,00	0,00
N° 10	2,000	38	52	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 40	0,425	17	28	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 80	0,177	8	17	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	4	8	0,00	0,00	100,00	0,00
FONDO				0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL				3080,00	100,00		

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 42. *Ensayo de Análisis Granulométrico Agregado Grueso*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

3.9.2 RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADO FINO

Tabla 23

Ensayos realizados del agregado fino

ENSAYO	NORMA	VALOR
Peso Especifico	MTC E-205	2.58 gr/cm ³
Absorción	MTC E-205	1.99%
Impurezas Orgánicas	MTC E-213	1
Adhesividad Riedel-Weber	MTC E-220	9
Equivalente de Arena	MTC E-114	41%
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E-209	7.469%
Índice de Plasticidad (malla N. ° 200)	MTC E-111	No presenta
Índice de Plasticidad (malla N. ° 40)	MTC E-111	No presenta
Sales Solubles Totales	MTC E-219	0.22%

Fuente: Elaboración propia

3.9.3 RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO

Tabla 24

Ensayos realizados del agregado grueso

ENSAYO	NORMA	VALOR
Peso Especifico	MTC E-206	2.64 gr/cm ³
Absorción	MTC E-206	0.92%
Impurezas Orgánicas	MTC E-213	1-2
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E-209	2.354%
Sales Solubles Totales	MTC E-219	0.09%
Abrasión Los Ángeles	MTC E-207	17.30%

Fuente: Elaboración propia

3.9.4 DISEÑO MARSHALL MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

- **Mezcla de agregados**

Para mezcla asfáltica en caliente es importante usar agregados con el tamaño de partículas adecuados para poder obtener una mezcla asfáltica de calidad que

permita un correcto funcionamiento de carpeta de rodadura. En la siguiente tabla observaremos la combinación de agregado grueso y fino con la finalidad de cumplir el huso granulométrico, en nuestro caso con el MAC-2

Tabla 25

Ensayos realizados del agregado grueso

Malla	Abertura (mm)	MAC-2		100.0%	30.0%	65.0%	5.0%	CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)	CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO FINO)	FILLER CEMENTO
		% Que pasa Max	% Que pasa Min	COMB.	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	FILLER CEMENTO			
1"	25.000	100	100	100.00	30.00	65.00	5.0	100.00	100.00	100.0
3/4"	19.000	100	100	100.00	30.00	65.00	5.0	100.00	100.00	100.0
1/2"	12.500	80	100	85.39	15.39	65.00	5.0	51.30	100.00	100.0
3/8"	9.500	70	88	80.52	10.52	65.00	5.0	35.06	100.00	100.0
N° 4	4.750	51	68	57.66	-	52.66	5.0	-	81.01	100.0
N° 10	2.000	38	52	48.96	-	41.96	5.0	-	64.56	100.0
N° 40	0.425	17	28	23.10	-	18.10	5.0	-	27.85	100.0
N° 80	0.180	8	17	13.23	-	8.23	5.0	-	12.66	100.0
N° 200	0.075	4	8	7.47	-	2.47	5.0	-	3.80	100.0

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Por ello, para la tabla anterior se utilizó la fórmula de combinación de agregados que consiste:

$$P = A \cdot a + B \cdot b$$

Dónde:

P = Combinación de agregados

A, B = Pasante por tamiz, agregado grueso y fino respectivamente

a, b = Porcentaje de contribución del agregado en la mezcla

A continuación, tenemos las tablas de Granulometría del agregado grueso y fino, donde aplicando la fórmula obtendremos los porcentajes adecuados de agregado grueso y fino que cumpla con la norma MTC E-204.

Tabla 26

Granulometría del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PARCIAL PASANTE	% PASANTE
(1")	25.00	0.00	0.00	3080.00	100.0%
(3/4)	19.00	0.00	0.00	3080.00	100.0%
(1/2)	12.50	1500.00	1500.00	1580.00	51.30%
(3/8)	9.50	500.00	2000.00	1080.00	35.06%
(N.4)	4.75	1080.00	3080.00	0.00	0.00%
(N.10)	2.00	0.00	3080.00	0.00	0.00%
(N.40)	0.425	0.00	3080.00	0.00	0.00%
(N.80)	0.180	0.00	3080.00	0.00	0.00%
(N.200)	0.075	0.00	3080.00	0.00	0.00%
PASA 200		0.00	3080.00	0.00	0.00%
PESO TOTAL		3080.00			

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Tabla 27

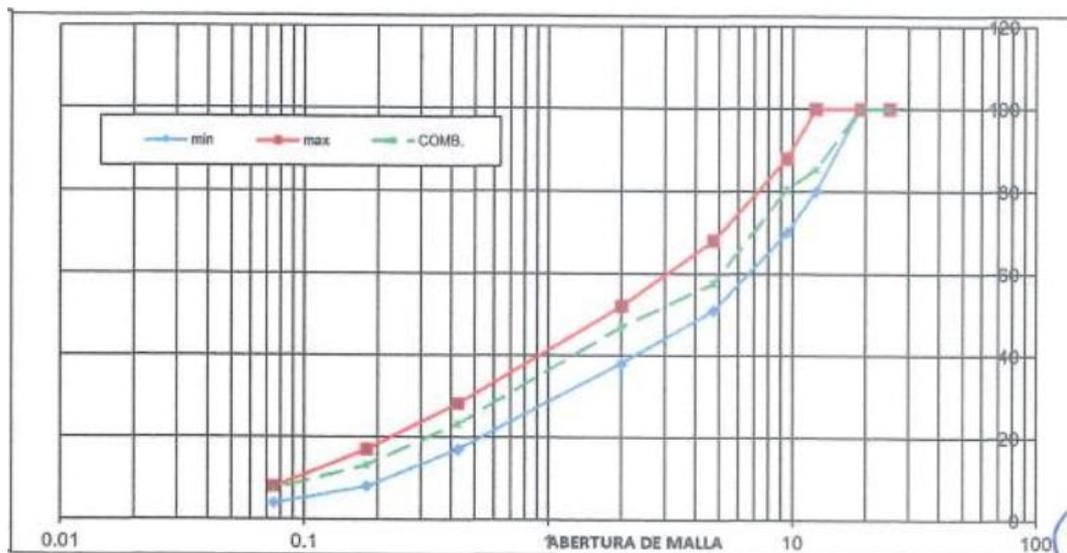
Granulometría del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PARCIAL PASANTE	% PASANTE
(1")	25.00	0.00	0.00	790.00	100.0%
(3/4)	19.00	0.00	0.00	790.00	100.0%
(1/2)	12.50	0.00	0.00	790.00	100.0%
(3/8)	9.50	0.00	0.00	790.00	100.00%
(N.4)	4.75	150.00	150.00	640.00	81.01%
(N.10)	2.00	130.00	280.00	510.00	64.56%
(N.40)	0.425	290.00	570.00	220.00	27.85%
(N.80)	0.180	120.00	690.00	100.00	12.66%
(N.200)	0.075	70.00	760.00	30.00	3.80%
PASA 200		30.00	790.00	0.00	0.00%
PESO TOTAL		790.00			

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

En el siguiente Grafico podemos observar la curva granulométrica, que cumple la norma MTC E-204, y donde el tamaño máximo nominal es de 1/2”:

Gráfico 2. Curva Granulométrica de la combinación del agregado grueso y fino



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **Características de las mezclas asfálticas**

Se utilizó asfalto PEN 85/100 para la elaboración de las briquetas, cada briketa con una masa total de 1200 gramos, el cual tendrá porcentajes de asfalto de 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7y%. En la siguiente tabla podemos ver las proporciones que tendrá cada briketa, donde además se está considerando la elaboración de tres briquetas para cada porcentaje de asfalto, siendo un total de 18 briquetas, que corresponde a la muestra patrón.

Tabla 28*Proporciones para la preparación de las briquetas*

Agregado	Cantera	Formula para laboratorio (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)
AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2"	CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)	30.0%	343.8	342.0	340.2	338.4	336.6	334.8
AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO FINO)	65.0%	744.9	741.0	737.1	733.2	729.3	725.4
Filler - Cal	Filler de aporte	5.0%	57.3	57.0	56.7	56.4	56.1	55.8
Total Aridos		100.0%	1,146.0	1,140.0	1,134.0	1,128.0	1,122.0	1,116.0
% asfalto s/m			4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	7.00%
Masa de asfalto (gr.)			54.0	60.0	66.0	72.0	78.0	84.0

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Imagen 43. Elaboración de la Briquetas

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE DIOXIDO DE CARBONO (CO₂) EN LA MUESTRA PATRON

A continuación, se muestra en la tabla los resultados de la medición del dióxido de carbono en la muestra patrón, con ayuda del Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO₂, temperatura y humedad, modelo YEM-40L.

Tabla 29*Resultados de la Medición de dióxido de carbono en muestra patrón.*

Asfalto	Fecha	Hora	CO2 (ppm)	Temperatura (°C)	Humedad (%RH)
Asfalto al 4.5 %	14/10/2021	12:35:17	877	27.5	22.6
	14/10/2021	12:35:22	1053	28.3	22.6
	14/10/2021	12:35:27	1062	29.7	23
	14/10/2021	12:35:32	1068	29.8	20.4
	14/10/2021	12:35:37	1079	30	19.8
	14/10/2021	12:35:42	1084	30.1	18.6
	14/10/2021	12:35:47	1092	30.2	18.6
	14/10/2021	12:35:52	1103	30.2	18.1
	14/10/2021	12:35:57	1109	30.2	18.4
	14/10/2021	12:36:02	1115	30.2	18
	14/10/2021	12:36:07	1124	30.3	19.5
	14/10/2021	12:36:12	1132	30.3	20.6
	14/10/2021	12:36:17	1138	30.3	20.9
	14/10/2021	12:36:22	1145	30.4	20.2
	14/10/2021	12:36:27	1152	30.4	19
	14/10/2021	12:36:32	1158	30.4	19
	14/10/2021	12:36:37	1163	30.4	19.2
	14/10/2021	12:36:42	1172	30.5	19.2
	14/10/2021	12:36:47	1176	30.5	19.2
	14/10/2021	12:36:52	1184	30.5	20.1
	14/10/2021	12:36:57	1189	30.6	20.4
	14/10/2021	12:37:02	1195	30.7	21.6
	14/10/2021	12:37:07	1190	30.7	22.6
	14/10/2021	12:37:12	1185	30.5	23.3
	14/10/2021	12:37:17	1179	30.5	24
	14/10/2021	12:37:22	1172	30.5	24.2
	14/10/2021	12:37:27	1166	30.4	24.2
	14/10/2021	12:37:32	1154	30.4	25.1
	14/10/2021	12:37:37	1121	30.3	24.3
	14/10/2021	12:37:42	1110	30.2	35.8
	14/10/2021	12:37:47	1102	30.2	35.6
	14/10/2021	12:37:52	1088	30.2	35.6
	14/10/2021	12:37:57	1085	30.1	35.4
	14/10/2021	12:38:02	1073	30	35.2
	14/10/2021	12:38:07	1068	29.8	35.2
	14/10/2021	12:38:12	1065	29.7	36.1
14/10/2021	12:38:17	1052	29.6	37.6	

14/10/2021	12:38:22	1048	29.6	38.3
14/10/2021	12:38:27	1032	29.5	38.5
14/10/2021	12:38:32	1027	29.5	38.5
14/10/2021	12:38:37	1047	29.7	38.5
14/10/2021	12:38:42	1136	30.3	38.1
14/10/2021	12:38:47	1130	30.3	38.1
14/10/2021	12:38:52	1122	30.3	38.1
14/10/2021	12:38:57	1118	30.2	38.1
14/10/2021	12:39:02	1105	30.2	37.8
14/10/2021	12:39:07	1098	30.2	37.6
14/10/2021	12:39:12	1075	30.1	37.2
14/10/2021	12:39:17	1067	29.8	37.4
14/10/2021	12:39:22	1046	29.7	37.1
14/10/2021	12:39:27	1039	29.7	37.4
14/10/2021	12:39:32	1028	29.6	36.6
14/10/2021	12:39:37	1025	29.6	37.3
14/10/2021	12:39:42	1018	29.5	36.4
14/10/2021	12:39:47	1013	29.5	36.7
14/10/2021	12:39:52	1007	29.5	35.9
14/10/2021	12:39:57	998	29.4	35.5
14/10/2021	12:40:02	995	29.3	34.7
14/10/2021	12:40:07	984	29.2	34.3
14/10/2021	12:40:12	976	29.2	33.1
14/10/2021	12:40:17	954	29.1	32.2
14/10/2021	12:40:22	950	29.1	31.8
14/10/2021	12:40:27	948	29.1	31.5
14/10/2021	12:40:32	940	29	30.9
14/10/2021	12:40:37	934	29	30.4
14/10/2021	12:40:42	932	29	30.7
14/10/2021	12:40:47	929	28.9	30.5
14/10/2021	12:40:52	927	28.9	30.1
14/10/2021	12:40:57	918	28.8	29.8
14/10/2021	12:41:02	915	28.8	29.8
14/10/2021	12:41:07	908	28.7	29
14/10/2021	12:41:12	899	28.5	28.5
14/10/2021	12:41:17	895	28.1	28.9
14/10/2021	12:41:22	893	27.9	28.5
14/10/2021	12:41:27	887	27.7	27.7
14/10/2021	12:41:32	881	27.6	27.1
14/10/2021	12:41:37	878	27.5	26.9
14/10/2021	12:41:42	875	27.5	26.9
14/10/2021	12:41:47	872	27.5	27.4

14/10/2021	12:41:52	871	27.5	27.4
14/10/2021	12:41:57	868	27.4	27.1
14/10/2021	12:42:02	866	27.4	26.5
14/10/2021	12:42:07	865	27.4	26
14/10/2021	12:42:12	862	27.4	26.4
14/10/2021	12:42:17	861	27.4	25.4
14/10/2021	12:42:22	860	27.4	25.2
14/10/2021	12:42:27	858	27.3	25.6
14/10/2021	12:42:32	852	27.3	25.6
14/10/2021	12:42:37	849	27.3	25.6
14/10/2021	12:42:42	842	27.3	25.6
14/10/2021	12:42:47	840	27.2	24.4
14/10/2021	12:42:52	839	27.2	24.7
14/10/2021	12:42:57	835	27.2	25.6
14/10/2021	12:43:02	834	27.2	24.9
14/10/2021	12:43:07	831	27.2	24.1
14/10/2021	12:43:12	830	27.1	23.2
14/10/2021	12:43:17	828	27.1	22.7
14/10/2021	12:54:02	996	29.3	21.2
14/10/2021	12:54:07	1005	29.5	21.2
14/10/2021	12:54:12	1013	29.5	20.8
14/10/2021	12:54:17	1021	29.5	21
14/10/2021	12:54:22	1025	29.6	21.6
14/10/2021	12:54:27	1032	29.6	20.7
14/10/2021	12:54:32	1038	29.7	20.7
14/10/2021	12:54:37	1047	29.7	20.7
14/10/2021	12:54:42	1049	29.7	22.3
14/10/2021	12:54:47	1054	29.7	21.3
14/10/2021	12:54:52	1058	29.7	20.6
14/10/2021	12:54:57	1065	29.8	20.2
14/10/2021	12:55:02	1074	30.1	20.7
14/10/2021	12:55:07	1079	30.1	22.5
14/10/2021	12:55:12	1086	30.1	21.8
14/10/2021	12:55:17	1098	30.2	21.3
14/10/2021	12:55:22	1105	30.2	21.3
14/10/2021	12:55:27	1123	30.3	21.7
14/10/2021	12:55:32	1126	30.3	21.2
14/10/2021	12:55:37	1137	30.3	21.2
14/10/2021	12:55:42	1142	30.3	20.7
14/10/2021	12:55:47	1158	30.4	20.4
14/10/2021	12:55:52	1165	30.4	20.7
14/10/2021	12:55:57	1189	30.6	20.3

	14/10/2021	12:56:02	1197	30.7	20.3
	14/10/2021	12:56:07	1215	30.9	20.3
	14/10/2021	12:56:12	1210	30.9	20
	14/10/2021	12:56:17	1207	30.8	20
	14/10/2021	12:56:22	1198	30.7	19.8
	14/10/2021	12:56:27	1185	30.5	19.8
	14/10/2021	12:56:32	1180	30.5	19.8
	14/10/2021	12:56:37	1143	30.4	19.6
	14/10/2021	12:56:42	1126	30.3	19.3
	14/10/2021	12:56:47	1098	30.2	18.9
	14/10/2021	12:56:52	1067	29.8	18.9
	14/10/2021	12:56:57	1014	29.4	18.5
	14/10/2021	12:57:02	1054	29.6	18.5
	14/10/2021	12:57:07	1097	30.2	18.7
	14/10/2021	12:57:12	1165	30.4	18
	14/10/2021	12:57:17	1182	30.5	18
	14/10/2021	12:57:22	1227	31	17.8
	14/10/2021	12:57:27	1255	31.2	17.8
	14/10/2021	12:57:32	1298	31.6	17.8
	14/10/2021	12:57:37	1295	31.6	18
	14/10/2021	12:57:42	1208	30.8	18.5
	14/10/2021	12:57:47	1196	30.7	18.5
	14/10/2021	12:57:52	1145	30.4	19
	14/10/2021	12:57:57	1004	29.5	19
	14/10/2021	12:58:02	998	29.4	19.4
	14/10/2021	12:58:07	993	29.3	18.8
	14/10/2021	12:58:12	925	28.9	19
Asfalto al 5.0 %	14/10/2021	16:24:57	1061	29.7	19
	14/10/2021	16:25:02	1125	30.3	19.7
	14/10/2021	16:25:07	1184	30.5	19.9
	14/10/2021	16:25:12	1235	31.1	19.7
	14/10/2021	16:25:17	1302	31.6	19.5
	14/10/2021	16:25:22	1375	32.3	19.5
	14/10/2021	16:25:27	1438	32.9	19.5
	14/10/2021	16:25:32	1486	33.4	19.5
	14/10/2021	16:25:37	1522	33.8	19.5
	14/10/2021	16:25:42	1516	33.7	19.3
	14/10/2021	16:25:47	1501	33.6	19.3
	14/10/2021	16:25:52	1487	33.4	19.3
	14/10/2021	16:25:57	1464	33.2	19.3
	14/10/2021	16:26:02	1435	32.9	19.3
	14/10/2021	16:26:07	1416	32.7	19.3

14/10/2021	16:26:12	1412	32.7	19.5
14/10/2021	16:26:17	1375	32.3	19.5
14/10/2021	16:26:22	1351	32.1	19.5
14/10/2021	16:26:27	1324	31.8	19.5
14/10/2021	16:26:32	1303	31.6	19.8
14/10/2021	16:26:37	1286	31.6	19.8
14/10/2021	16:26:42	1285	31.6	19.8
14/10/2021	16:26:47	1304	31.6	19.8
14/10/2021	16:26:52	1336	31.9	19.8
14/10/2021	16:26:57	1376	32.3	20
14/10/2021	16:27:02	1387	32.4	20
14/10/2021	16:27:07	1415	32.7	20
14/10/2021	16:27:12	1468	33.2	20.3
14/10/2021	16:27:17	1486	33.4	20.3
14/10/2021	16:27:22	1458	33.1	20.3
14/10/2021	16:27:27	1412	32.7	20.5
14/10/2021	16:27:32	1385	32.4	20.5
14/10/2021	16:27:37	1367	32.2	20.7
14/10/2021	16:27:42	1328	31.8	20.7
14/10/2021	16:27:47	1295	31.6	20.7
14/10/2021	16:27:52	1269	31.3	20.7
14/10/2021	16:27:57	1214	30.9	20.7
14/10/2021	16:28:02	1192	30.7	20.7
14/10/2021	16:28:07	1186	30.5	20.9
14/10/2021	16:28:12	1175	30.4	20.9
14/10/2021	16:28:17	1172	30.4	21.1
14/10/2021	16:28:22	1141	30.3	21.1
14/10/2021	16:28:27	1138	30.3	21.1
14/10/2021	16:28:32	1117	30.3	21.1
14/10/2021	16:28:37	1092	30.2	21.1
14/10/2021	16:28:42	1085	30.1	21.1
14/10/2021	16:28:47	1081	30.1	21.1
14/10/2021	16:28:52	1076	30	21.3
14/10/2021	16:28:57	1045	29.6	21.3
14/10/2021	16:29:02	1023	29.5	21.3
14/10/2021	16:29:07	996	29.4	21.3
14/10/2021	16:29:12	990	29.3	21.3
14/10/2021	16:29:17	985	29.2	21.3
14/10/2021	17:18:42	965	29	21.3
14/10/2021	17:18:47	1025	29.6	21.3
14/10/2021	17:18:52	1075	30.1	21.3
14/10/2021	17:18:57	1118	30.2	21.3

	14/10/2021	17:19:02	1148	30.4	21.3
	14/10/2021	17:19:07	1199	30.7	21.5
	14/10/2021	17:19:12	1226	31	21.5
	14/10/2021	17:19:17	1303	31.7	21.5
	14/10/2021	17:19:22	1325	31.8	21.7
	14/10/2021	17:19:27	1374	32.3	21.7
	14/10/2021	17:19:32	1428	32.7	21.7
	14/10/2021	17:19:37	1517	33.7	21.7
	14/10/2021	17:19:42	1593	34.5	21.7
	14/10/2021	17:19:47	1556	34.1	21.9
	14/10/2021	17:19:52	1498	33.4	21.9
	14/10/2021	17:19:57	1467	33.1	21.9
	14/10/2021	17:20:02	1465	33.1	21.9
	14/10/2021	17:20:07	1425	32.7	21.9
	14/10/2021	17:20:12	1420	32.7	22.2
	14/10/2021	17:20:17	1398	32.5	22.2
	14/10/2021	17:20:22	1366	32.2	22.2
	14/10/2021	17:20:27	1354	32.1	22.2
Asfalto al 5.5 %	14/10/2021	17:20:32	1435	32.7	22.2
	14/10/2021	17:20:37	1466	33.1	22.2
	14/10/2021	17:20:42	1486	33.3	22.2
	14/10/2021	17:20:47	1537	33.9	22.4
	14/10/2021	17:20:52	1586	34.4	22.4
	14/10/2021	17:20:57	1637	34.9	22.4
	14/10/2021	17:21:02	1687	36.8	22.4
	14/10/2021	17:21:07	1747	37.2	22.4
	14/10/2021	17:21:12	1807	37.4	22.4
	14/10/2021	17:21:17	1850	37.4	22.4
	14/10/2021	17:21:22	1798	37.4	22.4
	14/10/2021	17:21:27	1790	37.2	22.4
	14/10/2021	17:21:32	1668	36.9	22.4
	14/10/2021	17:21:37	1607	34.3	22.4
	14/10/2021	17:21:42	1584	34.3	22.4
	14/10/2021	17:21:47	1534	33.7	22.4
	14/10/2021	17:21:52	1512	33.7	22.4
	14/10/2021	17:21:57	1467	33.4	22.4
	14/10/2021	17:22:02	1465	33.4	22.2
	14/10/2021	17:22:07	1412	33.4	22.2
	14/10/2021	17:22:12	1388	32.3	22.5
	14/10/2021	17:22:17	1317	31.7	22.5
	14/10/2021	17:22:22	1296	31.5	22.5
14/10/2021	17:22:27	1236	30.9	22.5	

14/10/2021	17:22:32	1177	30.4	22.5
14/10/2021	17:22:37	1151	30.4	22.5
14/10/2021	17:22:42	1084	30	22.5
14/10/2021	17:22:47	1043	29.5	22.5
14/10/2021	17:22:52	1041	29.5	22.5
14/10/2021	17:22:57	1025	29.5	22.5
14/10/2021	17:23:02	1012	29.5	22.5
14/10/2021	17:23:07	996	29.4	22.5
14/10/2021	17:23:12	982	29.2	22.5
14/10/2021	17:23:17	980	29.2	22.5
14/10/2021	17:23:22	974	29.2	22.5
14/10/2021	18:10:27	839	27.2	22.5
14/10/2021	18:10:32	919	28.8	22.5
14/10/2021	18:10:37	1039	29.7	22.5
14/10/2021	18:10:42	1089	30.1	22.5
14/10/2021	18:10:47	1175	32.2	22.5
14/10/2021	18:10:52	1226	34	22.5
14/10/2021	18:10:57	1345	36.8	22.5
14/10/2021	18:11:02	1398	36.8	22.5
14/10/2021	18:11:07	1437	37	22.5
14/10/2021	18:11:12	1489	37	22.5
14/10/2021	18:11:17	1535	37	22.5
14/10/2021	18:11:22	1593	37	22.5
14/10/2021	18:11:27	1638	37.3	22.5
14/10/2021	18:11:32	1701	37.3	22.5
14/10/2021	18:11:37	1763	37.3	22.7
14/10/2021	18:11:42	1821	37.3	22.7
14/10/2021	18:11:47	1789	37.3	22.7
14/10/2021	18:11:52	1763	37.3	22.9
14/10/2021	18:11:57	1714	37.3	22.9
14/10/2021	18:12:02	1682	37.3	22.9
14/10/2021	18:12:07	1611	37	22.9
14/10/2021	18:12:12	1585	37	22.9
14/10/2021	18:12:17	1498	37	22.9
14/10/2021	18:12:22	1522	37	22.9
14/10/2021	18:12:27	1568	37	23.1
14/10/2021	18:12:32	1623	37.3	23.1
14/10/2021	18:12:37	1678	37.3	23.1
14/10/2021	18:12:42	1720	37.3	23.1
14/10/2021	18:12:47	1786	37.3	23.1
14/10/2021	18:12:52	1836	37.4	23.1
14/10/2021	18:12:57	1915	37.4	23.3

	14/10/2021	18:13:02	1901	37.4	23.3
	14/10/2021	18:13:07	1987	37.4	23.3
	14/10/2021	18:13:12	1956	37.4	23.3
	14/10/2021	18:13:17	1934	37.3	23.3
	14/10/2021	18:13:22	1901	37.3	23.3
	14/10/2021	18:13:27	1858	37.3	23.3
	14/10/2021	18:13:32	1796	37.3	23.3
	14/10/2021	18:13:37	1732	37.2	23.5
	14/10/2021	18:13:42	1689	37.2	23.5
	14/10/2021	18:13:47	1664	37.2	23.5
	14/10/2021	18:13:52	1591	37	23.5
	14/10/2021	18:13:57	1514	37	23.5
	14/10/2021	18:14:02	1433	37	23.5
Asfalto al 6.0 %	15/10/2021	09:44:07	1235	36.8	23.5
	15/10/2021	09:44:12	1313	36.8	23.5
	15/10/2021	09:44:17	1405	37	23.7
	15/10/2021	09:44:22	1468	37	23.7
	15/10/2021	09:44:27	1517	37	23.7
	15/10/2021	09:44:32	1592	37.2	23.7
	15/10/2021	09:44:37	1678	37.2	23.7
	15/10/2021	09:44:42	1737	37.3	23.4
	15/10/2021	09:44:47	1788	37.3	23.4
	15/10/2021	09:44:52	1848	37.3	23.4
	15/10/2021	09:44:57	1901	37.4	23.4
	15/10/2021	09:45:02	1974	37.4	23.4
	15/10/2021	09:45:07	2032	37.4	23.4
	15/10/2021	09:45:12	2103	37.6	23.4
	15/10/2021	09:45:17	2176	37.6	23.4
	15/10/2021	09:45:22	2245	37.7	23.4
	15/10/2021	09:45:27	2326	37.7	23.4
	15/10/2021	09:45:32	2320	37.7	23.4
	15/10/2021	09:45:37	2301	37.7	23.6
	15/10/2021	09:45:42	2288	37.7	23.6
	15/10/2021	09:45:47	2254	37.7	23.6
	15/10/2021	09:45:52	2212	37.7	23.6
	15/10/2021	09:45:57	2215	37.7	23.6
	15/10/2021	09:46:02	2236	37.7	23.6
	15/10/2021	09:46:07	2255	37.7	23.6
	15/10/2021	09:46:12	2274	37.7	23.6
	15/10/2021	09:46:17	2260	37.7	23.6
	15/10/2021	09:46:22	2199	37.6	23.6
15/10/2021	09:46:27	2167	37.6	23.6	

	15/10/2021	09:46:32	2132	37.6	23.6
	15/10/2021	09:46:37	2078	37.6	23.6
	15/10/2021	09:46:42	2056	37.6	23.6
	15/10/2021	09:46:47	2062	37.6	23.6
	15/10/2021	09:46:52	2084	37.6	23.6
	15/10/2021	09:46:57	2109	37.6	23.6
	15/10/2021	09:47:02	2122	37.6	23.8
	15/10/2021	09:47:07	2153	37.6	23.8
	15/10/2021	09:47:12	2165	37.7	23.8
	15/10/2021	09:47:17	2207	37.7	23.8
	15/10/2021	09:47:22	2240	37.7	49.9
	15/10/2021	09:47:27	2213	37.7	51.1
	15/10/2021	09:47:32	2196	37.6	50.9
	15/10/2021	09:47:37	2172	37.6	44.3
	15/10/2021	09:47:42	2154	37.6	42.1
	15/10/2021	09:47:47	2145	37.6	41.2
	15/10/2021	09:47:52	2138	37.6	40.6
	15/10/2021	09:47:57	2086	37.6	40
	15/10/2021	09:48:02	2041	37.4	39.4
	15/10/2021	09:48:07	2003	37.4	38.9
	15/10/2021	09:48:12	1956	37.4	38.4
	15/10/2021	09:48:17	1917	37.4	38.1
	15/10/2021	09:48:22	1888	37.3	37.8
	15/10/2021	09:48:27	1850	37.3	37.5
	15/10/2021	09:48:32	1834	37.3	37.3
	15/10/2021	09:48:37	1809	37.3	37.1
	15/10/2021	09:48:42	1768	37.3	36.9
	15/10/2021	09:48:47	1736	37.3	36.9
	15/10/2021	09:48:52	1704	37.3	36.7
	15/10/2021	09:48:57	1687	37.3	36.7
	15/10/2021	09:49:02	1656	37.3	36.5
Asfalto al 6.5 %	15/10/2021	10:35:07	1235	36.8	36.5
	15/10/2021	10:35:12	1386	37	36.3
	15/10/2021	10:35:17	1442	37	36.3
	15/10/2021	10:35:22	1581	37	36.3
	15/10/2021	10:35:27	1679	37.2	36.3
	15/10/2021	10:35:32	1785	37.2	36.1
	15/10/2021	10:35:37	1839	37.2	36.1
	15/10/2021	10:35:42	1964	37.4	35.8
	15/10/2021	10:35:47	2018	37.4	35.8
	15/10/2021	10:35:52	2096	37.4	35.6
	15/10/2021	10:35:57	2167	37.7	35.6

15/10/2021	10:36:02	2281	37.7	35.4
15/10/2021	10:36:07	2342	37.7	35.2
15/10/2021	10:36:12	2406	37.8	35.2
15/10/2021	10:36:17	2478	37.8	36.1
15/10/2021	10:36:22	2513	37.8	37.6
15/10/2021	10:36:27	2586	38	38.3
15/10/2021	10:36:32	2580	38	38.5
15/10/2021	10:36:37	2517	37.8	38.5
15/10/2021	10:36:42	2436	37.8	38.5
15/10/2021	10:36:47	2414	37.8	38.1
15/10/2021	10:36:52	2350	37.8	38.1
15/10/2021	10:36:57	2368	37.9	38.1
15/10/2021	10:37:02	2387	37.9	38.1
15/10/2021	10:37:07	2399	37.9	37.8
15/10/2021	10:37:12	2411	38.1	37.6
15/10/2021	10:37:17	2456	38.1	37.2
15/10/2021	10:37:22	2498	38.1	37.4
15/10/2021	10:37:27	2490	38.1	37.1
15/10/2021	10:37:32	2485	38	37.4
15/10/2021	10:37:37	2446	38	36.6
15/10/2021	10:37:42	2406	37.9	37.3
15/10/2021	10:37:47	2351	37.9	36.4
15/10/2021	10:37:52	2302	37.7	36.7
15/10/2021	10:37:57	2248	37.7	35.9
15/10/2021	10:38:02	2236	37.7	35.5
15/10/2021	10:38:07	2177	37.7	34.7
15/10/2021	10:38:12	2213	37.7	34.3
15/10/2021	10:38:17	2246	37.7	33.1
15/10/2021	10:38:22	2279	37.7	32.2
15/10/2021	10:38:27	2308	37.8	31.8
15/10/2021	10:38:32	2375	38	31.5
15/10/2021	10:38:37	2451	38.2	30.9
15/10/2021	10:38:42	2503	38.2	37.9
15/10/2021	10:38:47	2560	38.2	37.3
15/10/2021	10:38:52	2558	38.2	36.8
15/10/2021	10:38:57	2536	38.2	35.7
15/10/2021	10:39:02	2501	38.1	33
15/10/2021	10:39:07	2493	38.1	31.9
15/10/2021	10:39:12	2466	38	32.8
15/10/2021	10:39:17	2379	38	33.5
15/10/2021	10:39:22	2324	37.7	33.9
15/10/2021	10:39:27	2286	37.7	32.5

	15/10/2021	10:39:32	2218	37.7	31.8
	15/10/2021	10:39:37	2195	37.6	32.4
	15/10/2021	10:39:42	2139	37.6	32.9
	15/10/2021	10:39:47	2041	37.4	32.9
	15/10/2021	10:39:52	1965	37.4	30.5
	15/10/2021	10:39:57	1898	37.3	29.7
	15/10/2021	10:40:02	1839	37.3	28.8
	15/10/2021	10:40:07	1768	37.3	28.3
	15/10/2021	10:40:12	1657	37.2	28.1
	15/10/2021	10:40:17	1632	37.2	27.9
	15/10/2021	10:40:22	1588	37	27.7
Asfalto al 7.0 %	15/10/2021	11:40:08	1269	36.8	27.5
	15/10/2021	11:40:13	1353	36.8	27.3
	15/10/2021	11:40:18	1438	37	27.3
	15/10/2021	11:40:23	1499	37	27.3
	15/10/2021	11:40:28	1582	37	27.1
	15/10/2021	11:40:33	1661	37.3	27.1
	15/10/2021	11:40:38	1756	37.3	26.8
	15/10/2021	11:40:43	1896	37.3	26.8
	15/10/2021	11:40:48	1975	37.4	26.8
	15/10/2021	11:40:53	2024	37.4	26.8
	15/10/2021	11:40:58	2117	37.7	26.8
	15/10/2021	11:41:03	2201	37.7	26.8
	15/10/2021	11:41:08	2283	37.7	26.8
	15/10/2021	11:41:13	2369	38	26.8
	15/10/2021	11:41:18	2445	38	26.8
	15/10/2021	11:41:23	2536	38.2	26.8
	15/10/2021	11:41:28	2612	38.2	26.8
	15/10/2021	11:41:33	2708	38.4	27.3
	15/10/2021	11:41:38	2781	38.4	27.3
	15/10/2021	11:41:43	2863	38.6	27.3
	15/10/2021	11:41:48	2889	38.6	27.3
	15/10/2021	11:41:53	2875	38.6	27.3
	15/10/2021	11:41:58	2869	38.6	27.3
	15/10/2021	11:42:03	2843	38.6	27.3
	15/10/2021	11:42:08	2804	38.6	27.3
	15/10/2021	11:42:13	2766	38.3	27.3
	15/10/2021	11:42:18	2714	38.3	27.1
	15/10/2021	11:42:23	2698	38.3	27.1
	15/10/2021	11:42:28	2651	38.3	26.8
	15/10/2021	11:42:33	2637	38.2	26.8
	15/10/2021	11:42:38	2641	38.2	26.8

15/10/2021	11:42:43	2664	38.4	26.8
15/10/2021	11:42:48	2712	38.4	26.8
15/10/2021	11:42:53	2789	38.4	26.8
15/10/2021	11:42:58	2836	38.5	26.6
15/10/2021	11:43:03	2899	38.5	26.6
15/10/2021	11:43:08	2950	38.5	26.4
15/10/2021	11:43:13	2913	38.5	25
15/10/2021	11:43:18	2877	38.5	25.3
15/10/2021	11:43:23	2854	38.5	25.3
15/10/2021	11:43:28	2814	38.3	25.3
15/10/2021	11:43:33	2756	38.3	26.2
15/10/2021	11:43:38	2703	38.1	25.9
15/10/2021	11:43:43	2671	38.1	26.9
15/10/2021	11:43:48	2632	38.1	26.5
15/10/2021	11:43:53	2595	37.9	26.5
15/10/2021	11:43:58	2598	37.9	26.3
15/10/2021	11:44:03	2614	37.9	25.9
15/10/2021	11:44:08	2677	38.1	26.8
15/10/2021	11:44:13	2733	38.2	26.5
15/10/2021	11:44:18	2792	38.2	26.2
15/10/2021	11:44:23	2866	38.5	25
15/10/2021	11:44:28	2921	38.5	25
15/10/2021	11:44:33	2985	38.6	25.2
15/10/2021	11:44:38	2979	38.6	25.8
15/10/2021	11:44:43	2965	38.6	26.1
15/10/2021	11:44:48	2943	38.6	26.1
15/10/2021	11:44:53	2912	38.6	25.9
15/10/2021	11:44:58	2896	38.4	25.9
15/10/2021	11:45:03	2857	38.4	25.9
15/10/2021	11:45:08	2836	38.4	25.6
15/10/2021	11:45:13	2784	38.4	25.9
15/10/2021	11:45:18	2713	38.2	26.1
15/10/2021	11:45:23	2665	38.2	26.1
15/10/2021	11:45:28	2602	38	25.8
15/10/2021	11:45:33	2561	38	25.8
15/10/2021	11:45:38	2513	37.8	25.5
15/10/2021	11:45:43	2459	37.8	25.8
15/10/2021	11:45:48	2407	37.8	25.8
15/10/2021	11:45:53	2337	37.5	25.6
15/10/2021	11:45:58	2297	37.5	25.6
15/10/2021	11:46:03	2238	37.5	25.6

Fuente: Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L

3.9.6 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA PATRON

A continuación, se presenta la siguiente tabla don se muestra el cálculo del ensayo Marshall, ello correspondiente a la muestra patrón. Con ello se realizará el análisis para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto, y a partir de ello se procederá a la elaboración de las briquetas modificadas con aceite de palma.

Tabla 30

Cálculo del Ensayo Marshall

Nº DE BIRQUETAS	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3	E-1	E-2	E-3	F-1	F-2	F-3
1) % de C.A. en Pesa de la Muestra Total	4.80			6.00			6.50			6.80			6.90			7.00		
2) % de Agregado grueso (P > 75) en Pesa de la Muestra	35.30			35.30			35.30			35.30			35.30			35.30		
3) % de Arena gruesa en Pesa de la Muestra	60.30			60.30			60.30			60.30			60.30			60.30		
4) % de Hilo C.A. en Pesa de la Muestra	3.80			3.80			3.80			3.80			3.80			3.80		
5) Pesa específica del cemento utilizado - Agregado	1.035			1.035			1.035			1.035			1.035			1.035		
6) Pesa específica del Piedra Chica (gr/cm³)	2.640			2.640			2.640			2.640			2.640			2.640		
7) Pesa específica del Hilo (gr/cm³)	2.580			2.580			2.580			2.580			2.580			2.580		
8) Densidad promedio de la Biqueta (ton)	77.46	78.70	80.94	83.24	85.58	87.92	90.26	92.60	94.94	97.28	99.62	101.96	104.30	106.64	108.98	111.32	113.66	116.00
9) Pesa de la Biqueta al aire (gr) (M)	1786.9	1821.1	1855.3	1889.5	1923.7	1957.9	1992.1	2026.3	2060.5	2094.7	2128.9	2163.1	2197.3	2231.5	2265.7	2300.0	2334.2	2368.4
10) Pesa de la Biqueta en Agua (gr) (N)	1779.4	1813.6	1847.8	1882.0	1916.2	1950.4	1984.6	2018.8	2053.0	2087.2	2121.4	2155.6	2189.8	2224.0	2258.2	2292.4	2326.6	2360.8
11) Pesa de la Biqueta sumergida - agua (gr)	1222.9	1244.3	1265.7	1287.1	1308.5	1329.9	1351.3	1372.7	1394.1	1415.5	1436.9	1458.3	1479.7	1501.1	1522.5	1543.9	1565.3	1586.7
12) Pesa de la muestra sumergida (gr)	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1	224.1
13) Pesa de la Biqueta sumergida en agua (gr) (S)	788.8	820.0	851.2	882.4	913.6	944.8	976.0	1007.2	1038.4	1069.6	1100.8	1132.0	1163.2	1194.4	1225.6	1256.8	1288.0	1319.2
14) Pesa Volumen Agua / Volumen Biqueta (gr) (P-Q)	589.5	620.7	651.9	683.1	714.3	745.5	776.7	807.9	839.1	870.3	901.5	932.7	963.9	995.1	1026.3	1057.5	1088.7	1120.0
15) Pesa de Agua sumergida (gr) (R-Q)	0.9	0.4	2.3	4.2	6.1	8.0	9.9	11.8	13.7	15.6	17.5	19.4	21.3	23.2	25.1	27.0	28.9	30.8
16) Porcentaje de Absorción (%) (R-Q)/P x 100	0.06	0.20	0.36	0.52	0.68	0.84	1.00	1.16	1.32	1.48	1.64	1.80	1.96	2.12	2.28	2.44	2.60	2.76
17) Pesa específica del Hilo de la Biqueta (gr/cm³) - PROMEDIO	2.245	1.93	1.68	1.43	1.18	0.93	0.68	0.43	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
18) Pesa específica del Hilo de la Biqueta (gr/cm³) - PROMEDIO	2.245	1.93	1.68	1.43	1.18	0.93	0.68	0.43	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
19) Pesa específica del Hilo de la Muestra (gr/cm³) - PROMEDIO	2.245	1.93	1.68	1.43	1.18	0.93	0.68	0.43	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
20) Porcentaje de Vacío en Muestra (%) - Promedio	13	10.9	9.1	7.4	5.7	4.0	2.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
21) Porcentaje de Vacío en Muestra (%) - Promedio	8.7			7.4			6.1			4.8			3.5			2.2		
22) Pesa específica del Agregado Total (gr/cm³)	2.576			2.576			2.576			2.576			2.576			2.576		
23) Porcentaje de Vacío en Muestra Agregado compactado - (VMA) (%)	10.9	9.1	7.4	5.7	4.0	2.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
24) Porcentaje de Vacío en Agregado (VMA) - Promedio	10.9	9.1	7.4	5.7	4.0	2.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
25) Porcentaje de Vacío llenado con C.A. (%)	30.2	45.9	61.7	77.5	93.3	109.1	124.9	140.7	156.5	172.3	188.1	203.9	219.7	235.5	251.3	267.1	282.9	298.7
26) Porcentaje de Vacío llenado con C.A. (%) - Promedio	30.2	45.9	61.7	77.5	93.3	109.1	124.9	140.7	156.5	172.3	188.1	203.9	219.7	235.5	251.3	267.1	282.9	298.7
27) Aire libre	2.56	1.9	1.07	0.57	0.07	0.46	1.06	1.66	2.26	2.86	3.46	4.06	4.66	5.26	5.86	6.46	7.06	7.66
28) Aire (0.75 mm)	0.24	0.09	0.48	1.07	1.66	2.26	2.86	3.46	4.06	4.66	5.26	5.86	6.46	7.06	7.66	8.26	8.86	9.46
29) Aire (0.75 mm) - Promedio	0.4			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		
30) Estabilidad En Longitud (mm)	301.1	293.3	285.5	277.7	270.0	262.2	254.4	246.6	238.8	231.0	223.2	215.4	207.6	199.8	192.0	184.2	176.4	168.6
31) Factor de Estabilidad	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80
32) Estabilidad Corregida (mm)	294.70	288.54	282.38	276.22	270.06	263.90	257.74	251.58	245.42	239.26	233.10	226.94	220.78	214.62	208.46	202.30	196.14	190.00
33) Estabilidad Corregida (mm) - promedio	273.38			273.38			273.38			273.38			273.38			273.38		
34) Índice de Estabilidad / Resumen (mm)	10225.9	8740.74	7255.58	5770.42	4285.26	2799.10	1313.94	828.78	343.62	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46
35) Índice de Estabilidad / Resumen (mm) - PROMEDIO	10225.9	8740.74	7255.58	5770.42	4285.26	2799.10	1313.94	828.78	343.62	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

3.9.7 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL DIOXIDO DE CARBONO (CO2) EN LA MUESTRA MODIFICADA

A continuación, se muestra en la siguiente tabla los resultados de la medición del dióxido de carbono en la muestra con aceite de palma, con ayuda del Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad,

YEM-40L

Tabla 31

Resultados de la Medición de dióxido de carbono en muestra con aceite de palma.

Aceite de Palma	Fecha	Hora	CO2 (ppm)	Temperatura (°C)	Humedad (%RH)
	26/10/2021	09:40:07	1074	30.8	33.4
	26/10/2021	09:40:12	1074	30.8	35.9
	26/10/2021	09:40:17	1074	30.8	37.9
	26/10/2021	09:40:22	1081	31.0	37.3
	26/10/2021	09:40:27	1088	31.0	36.8
	26/10/2021	09:40:32	1090	31.3	35.7
	26/10/2021	09:40:37	1105	31.5	33.0
	26/10/2021	09:40:42	1139	31.7	31.9
	26/10/2021	09:40:47	1150	31.9	32.8
	26/10/2021	09:40:52	1178	32.1	33.5
	26/10/2021	09:40:57	1202	32.4	33.9
	26/10/2021	09:41:02	1242	32.7	32.5
	26/10/2021	09:41:07	1274	33.0	31.8
	26/10/2021	09:41:12	1350	33.3	32.4
	26/10/2021	09:41:17	1383	33.6	32.9
	26/10/2021	09:41:22	1415	33.9	32.9
	26/10/2021	09:41:27	1485	34.2	30.5
Aceite de Palma al 1.5%	26/10/2021	09:41:32	1598	34.4	29.7
	26/10/2021	09:41:37	1593	34.4	28.8
	26/10/2021	09:41:42	1552	34.7	28.3
	26/10/2021	09:41:47	1468	34.7	28.1
	26/10/2021	09:41:52	1346	34.9	27.9
	26/10/2021	09:41:57	1305	34.9	27.7
	26/10/2021	09:42:02	1269	34.9	27.5
	26/10/2021	09:42:07	1237	35.1	27.3
	26/10/2021	09:42:12	1195	35.1	27.3
	26/10/2021	09:42:17	1173	35.1	27.3
	26/10/2021	09:42:22	1161	35.1	27.1
	26/10/2021	09:42:27	1160	35.1	27.1
	26/10/2021	09:42:32	1160	35.1	26.8
	26/10/2021	09:42:37	1162	35.1	26.8
	26/10/2021	09:42:42	1163	35.1	26.8
	26/10/2021	09:42:47	1156	35.1	26.8
	26/10/2021	09:42:52	1149	35.1	26.8
	26/10/2021	09:42:57	1144	35.1	26.8
	26/10/2021	09:43:02	1134	35.1	26.6
	26/10/2021	09:43:07	1131	35.1	26.6

	26/10/2021	09:43:12	1115	34.9	26.4
	26/10/2021	09:43:17	1099	34.9	25.0
	26/10/2021	09:43:22	1089	34.9	25.3
	26/10/2021	09:43:27	1081	34.9	25.3
	26/10/2021	09:43:32	1068	34.9	25.3
	26/10/2021	09:43:37	1025	34.9	26.2
	26/10/2021	09:43:42	988	34.9	25.9
	26/10/2021	09:43:47	950	34.9	26.9
	26/10/2021	09:43:52	925	34.8	26.5
	26/10/2021	09:43:57	901	34.7	26.5
	26/10/2021	09:44:02	901	34.7	26.3
	26/10/2021	09:44:07	901	34.7	25.9
	26/10/2021	09:44:12	901	34.7	26.8
Aceite de Palma al 1.0 %	26/10/2021	11:09:17	797	34.9	27.4
	26/10/2021	11:09:22	921	34.9	27.8
	26/10/2021	11:09:27	902	34.9	27.4
	26/10/2021	11:09:32	872	34.9	27.1
	26/10/2021	11:09:37	864	34.9	27.6
	26/10/2021	11:09:42	950	34.9	27.4
	26/10/2021	11:09:47	1288	34.9	28.8
	26/10/2021	11:09:52	1347	34.9	28.6
	26/10/2021	11:09:57	1428	34.9	28.0
	26/10/2021	11:10:02	1485	34.9	28.0
	26/10/2021	11:10:07	1553	34.9	27.8
	26/10/2021	11:10:12	1568	34.9	27.8
	26/10/2021	11:10:17	1574	34.9	27.8
	26/10/2021	11:10:22	1573	34.9	28.3
	26/10/2021	11:10:27	1564	35.1	28.3
	26/10/2021	11:10:32	1550	35.1	27.9
	26/10/2021	11:10:37	1559	35.1	27.9
	26/10/2021	11:10:42	1567	35.1	27.0
	26/10/2021	11:10:47	1564	35.3	27.5
	26/10/2021	11:10:52	1565	35.3	27.1
	26/10/2021	11:10:57	1570	35.3	26.7
	26/10/2021	11:11:02	1578	35.5	27.1
	26/10/2021	11:11:07	1588	35.5	26.9
	26/10/2021	11:11:12	1575	35.5	25.5
	26/10/2021	11:11:17	1555	35.5	25.8
	26/10/2021	11:11:22	1494	35.7	26.3
	26/10/2021	11:11:27	1351	35.7	27.1
	26/10/2021	11:11:32	1283	35.7	27.4
26/10/2021	11:11:37	1227	35.7	28.2	

	26/10/2021	11:11:42	1177	35.7	28.4
	26/10/2021	11:11:47	1154	35.7	28.1
	26/10/2021	11:11:52	1209	35.7	27.4
	26/10/2021	11:11:57	1311	35.7	27.4
	26/10/2021	11:12:02	1470	35.7	27.4
	26/10/2021	11:12:07	1693	35.7	26.5
	26/10/2021	11:12:12	1763	35.9	25.7
	26/10/2021	11:12:17	1701	35.9	25.9
	26/10/2021	11:12:22	1682	35.9	25.0
	26/10/2021	11:12:27	1538	35.9	25.0
	26/10/2021	11:12:32	1459	35.9	25.0
	26/10/2021	11:12:37	1371	35.9	25.5
	26/10/2021	11:12:42	1299	36.1	26.3
	26/10/2021	11:12:47	1227	36.1	26.9
	26/10/2021	11:12:52	1121	36.1	27.2
	26/10/2021	11:12:57	1081	36.1	27.4
	26/10/2021	11:13:02	1052	36.1	26.4
	26/10/2021	11:13:07	1033	36.1	26.4
	26/10/2021	11:13:12	1007	36.1	27.0
	26/10/2021	11:13:17	993	36.1	26.1
Aceite de Palma al 0.5%	26/10/2021	15:09:22	995	36.1	25.9
	26/10/2021	15:09:27	1031	36.1	25.4
	26/10/2021	15:09:32	1153	36.3	25.2
	26/10/2021	15:09:37	1228	36.3	25.0
	26/10/2021	15:09:42	1278	36.3	25.0
	26/10/2021	15:09:47	1277	36.3	24.4
	26/10/2021	15:09:52	1260	36.3	24.0
	26/10/2021	15:09:57	1252	36.3	22.9
	26/10/2021	15:10:02	1231	36.1	22.9
	26/10/2021	15:10:07	1250	36.1	24.9
	26/10/2021	15:10:12	1407	36.1	25.4
	26/10/2021	15:10:17	1412	36.1	23.8
	26/10/2021	15:10:22	1419	36.1	24.3
	26/10/2021	15:10:27	1413	36.1	25.0
	26/10/2021	15:10:32	1400	36.1	25.2
	26/10/2021	15:10:37	1425	36.1	25.8
	26/10/2021	15:10:42	1502	36.1	26.1
	26/10/2021	15:10:47	1547	36.1	26.1
	26/10/2021	15:10:52	1580	36.1	25.9
	26/10/2021	15:10:57	1616	36.1	25.9
	26/10/2021	15:11:02	1667	36.1	25.9
	26/10/2021	15:11:07	1710	36.1	25.6

26/10/2021	15:11:12	1763	36.1	25.9
26/10/2021	15:11:17	1820	36.1	26.1
26/10/2021	15:11:22	1860	36.1	26.1
26/10/2021	15:11:27	1835	36.1	25.8
26/10/2021	15:11:32	1831	36.1	25.8
26/10/2021	15:11:37	1826	36.4	25.5
26/10/2021	15:11:42	1844	36.4	25.8
26/10/2021	15:11:47	1872	36.6	25.8
26/10/2021	15:11:52	1929	36.6	25.6
26/10/2021	15:11:57	1937	36.8	25.6
26/10/2021	15:12:02	2007	36.8	25.6
26/10/2021	15:12:07	2031	36.8	25.4
26/10/2021	15:12:12	2024	36.8	25.0
26/10/2021	15:12:17	2028	37.0	25.0
26/10/2021	15:12:22	2013	37.0	25.0
26/10/2021	15:12:27	1983	37.0	24.7
26/10/2021	15:12:32	1928	37.0	24.2
26/10/2021	15:12:37	1832	37.2	24.0
26/10/2021	15:12:42	1745	37.2	24.3
26/10/2021	15:12:47	1655	37.2	24.3
26/10/2021	15:12:52	1477	37.2	24.5
26/10/2021	15:12:57	1398	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:02	1339	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:07	1287	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:12	1198	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:17	1164	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:22	1131	37.2	24.5
26/10/2021	15:13:27	1108	37.0	24.5
26/10/2021	15:13:32	1065	37.0	24.5
26/10/2021	15:13:37	1043	37.0	24.5
26/10/2021	15:13:42	1026	37.0	24.5
26/10/2021	15:13:47	1018	36.8	24.5
26/10/2021	15:13:52	1024	36.8	24.7
26/10/2021	15:13:57	1035	36.8	24.7
26/10/2021	15:14:02	1036	36.6	24.7
26/10/2021	15:14:07	1036	36.6	24.7
26/10/2021	15:14:12	1018	36.6	24.7
26/10/2021	15:14:17	1019	36.4	24.9
26/10/2021	15:14:22	1015	36.4	24.9
26/10/2021	15:14:27	1013	36.4	25.1
26/10/2021	15:14:32	1005	36.2	25.1
26/10/2021	15:14:37	1003	36.2	25.1

26/10/2021	15:14:42	1002	36.2	25.1
26/10/2021	15:14:47	1004	36.2	25.1
26/10/2021	15:14:52	1009	36.0	25.4
26/10/2021	15:14:57	1019	36.0	25.4
26/10/2021	15:15:02	1019	36.0	25.4
26/10/2021	15:15:07	1017	35.8	25.2
26/10/2021	15:15:12	1010	35.8	25.2
26/10/2021	15:15:17	994	35.8	25.2
26/10/2021	15:15:22	982	35.8	25.2
26/10/2021	15:15:27	968	35.6	24.9
26/10/2021	15:15:32	956	35.6	24.9
26/10/2021	15:15:37	932	35.6	25.1
26/10/2021	15:15:42	910	35.6	25.1
26/10/2021	15:15:47	895	35.4	25.1
26/10/2021	15:15:52	878	35.4	25.1
26/10/2021	15:15:57	858	35.4	25.1

Fuente: Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad,
YEM-40L

3.9.8 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHAL – MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA

A continuación, se muestra la siguiente tabla donde se muestra el cálculo del ensayo Marshall, ello correspondiente a la muestra modificada con aceite de palma.

Tabla 32

Cálculo del Ensayo Marshall en muestra modificada

Nº DE BRQUETAS	AA-1	AA-2	AA-3	BB-1	BB-2	BB-3	CC-1	CC-2	CC-3
1 % de C.A. en Peso de la Mezcla Total		0.50%			1.00%			1.50%	
2 % de Agregado Grueso (3/4), en Peso de la Mezcla		35.00			35.00			35.00	
3 % de Arena Gruesa, en Peso de la Mezcla		60.00			60.00			60.00	
4 % de Filler Cal, en Peso de la Mezcla		5.00			5.00			5.00	
5 Peso específico del cemento asfáltico - Aparato		1.065			1.065			1.065	
6 Peso específico del Piedra Direccionada (g/cm ³)		2.640			2.640			2.640	
7 Peso específico de arena gruesa (g/cm ³)		2.580			2.580			2.580	
8 Peso específico del Filler (g/cm ³)		2.210			2.210			2.210	
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	63.53	63.57	62.80	62.30	63.10	62.20	101.90	62.20	57.00
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1179.0	1177.9	1166.7	1184.4	1176.6	1180.6	1068.0	1185.5	1068.0
11 Peso de la Briqueta Sat. Seco (gr) (B)	1180.3	1178.9	1169.0	1187.2	1181.9	1183.1	1069.2	1185.1	1059.4
12 Peso de la Briqueta sumergida - canastilla (gr)	944.5	938.7	951.1	961.7	962.3	961.6	885.0	953.3	885.0
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1	324.1
14 Peso de la Briqueta sumergida en el agua (gr) (C)	620.4	614.7	627.1	637.6	638.3	637.5	560.9	629.3	560.9
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	559.8	565.3	541.9	548.6	543.7	545.6	508.3	556.8	508.5
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	1.3	2.0	2.3	2.8	2.1	2.5	1.2	0.5	1.4
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.23	0.35	0.41	0.51	0.39	0.46	0.23	0.10	0.27
18 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm ³) (A/(B-C))	2.106	2.094	2.112	2.155	2.170	2.164	2.101	2.129	2.100
19 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm ³) - PROMEDIO		2.101			2.163			2.110	
20 Peso Especifico Máximo de la Mezcla - RICE- ASTM D 2041		2.174			2.247			2.203	
21 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%)	3.1	4.1	2.8	4.1	3.4	3.7	4.6	3.4	4.7
22 Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%) - Promedio		3.4			3.6			4.2	
23 Peso específico Bulk del Agregado Total (gr/cm ³)		2.579			2.579			2.579	
24 Porcentaje de Vacíos de Material Agregado compacto - V.M.A. (%)	18.3	19.2	18.1	16.4	15.9	16.1	18.5	17.5	18.6
25 Porcentaje de Vacíos en Agregado (%) - V.M.A. promedio		18.6			16.1			18.2	
26 Porcentaje de Vacíos llenados con C.A. (%)	82.9	78.4	84.2	75.0	78.3	77.0	75.1	80.8	74.9
27 Porcentaje de Vacíos llenados con C.A. (%) - Promedio		81.0			76.8			76.9	
28 Flujo (mm)	4.58	3.99	5.42	5.26	4.81	7.61	5.06	4.77	6.06
29 Flujo (0.25 mm)	18.32	15.95	21.68	21.04	19.24	30.44	24.24	18.08	24.24
29 Flujo (0.25 mm) - Promedio		16.7			21.6			22.5	
30 Estabilidad Sin Corriente (KN)	11.3	14.5	12.1	11.2	12.5	11.9	10.5	10.8	10.5
31 Factor de Estabilidad	0.82	0.84	0.92	0.96	0.82	0.95	0.83	0.82	0.82
32 Estabilidad Corriente (KN)	9.30	12.17	11.15	10.70	10.27	11.29	8.68	8.82	8.58
33 Estabilidad Corriente (KN) - promedio		10.87			10.75			8.69	
34 Relación de Estabilidad / Fluencia (kg/cm)	2070.30	3110.62	2097.80	2075.07	2176.43	1512.26	1460.86	1384.41	1443.26
35 Relación de Estabilidad / Fluencia (kg/cm) - PROMEDIO		2426.24			1921.26			1596.18	

Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

3.9.9. ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO EN EL ENSAYO MARSHALL PATRON (ASTM-D-1559)

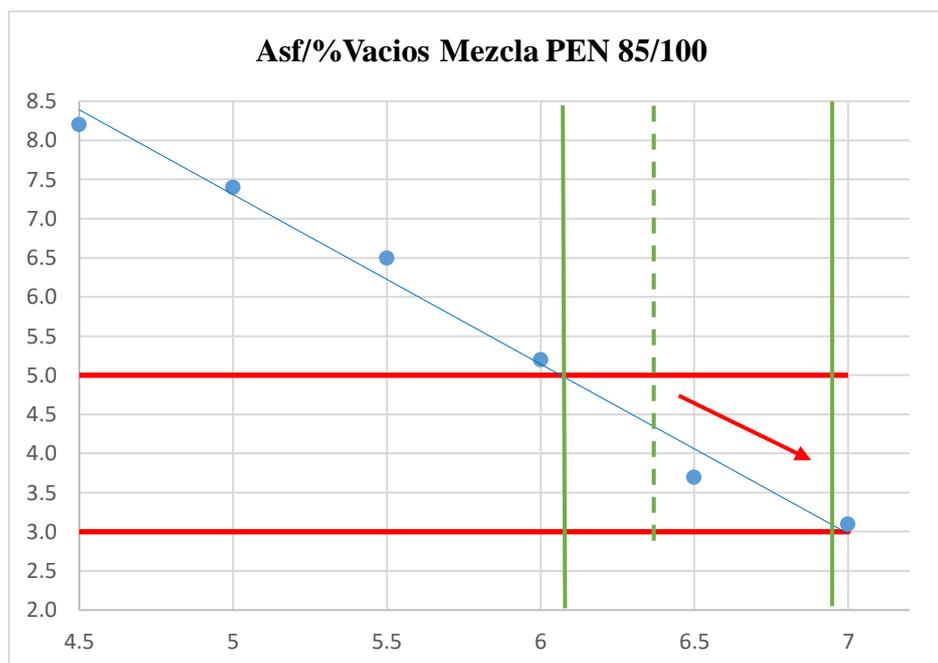
La finalidad de este análisis es determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la muestra patrón, lo cual nos servirá para realizar la muestra modificada.

- **PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS**

En el siguiente gráfico se observa la tendencia de la disminución del porcentaje de vacíos a medida que aumenta el contenido de asfalto, analizando el gráfico y en base al manual de carreteras EG-2013, donde nos indican los parámetros que se debe cumplir para obtener mezclas asfálticas de calidad,

siendo uno de ellos el porcentaje de vacíos con aire que debe estar en el rango de 3 – 5 para la clase de mezcla A. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto óptimo estará dentro del rango de 6.1% y 7%. Tomaremos 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto.

Gráfico 3. *Porcentaje de asfalto versus porcentaje de vacíos*

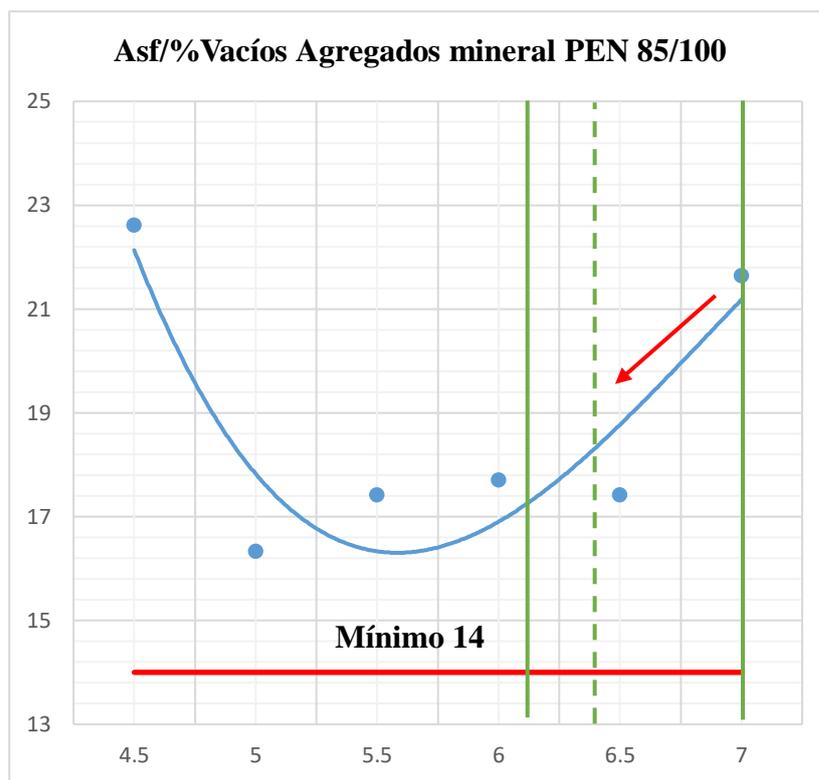


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL VMA**

En siguiente gráfico se puede apreciar que los resultados son satisfactorios al valor mínimo que demanda el Manual de Carreteras EG-2013, por lo tanto, continuamos analizando los demás parámetros teniendo en consideración que nuestro porcentaje de asfalto óptimo se encuentra dentro del rango de 6.1% y 7%. Además, hemos tomado a 6.4% como porcentaje de asfalto óptimo.

Gráfico 4. Porcentaje de asfalto versus porcentaje de vacíos en el agregado mineral



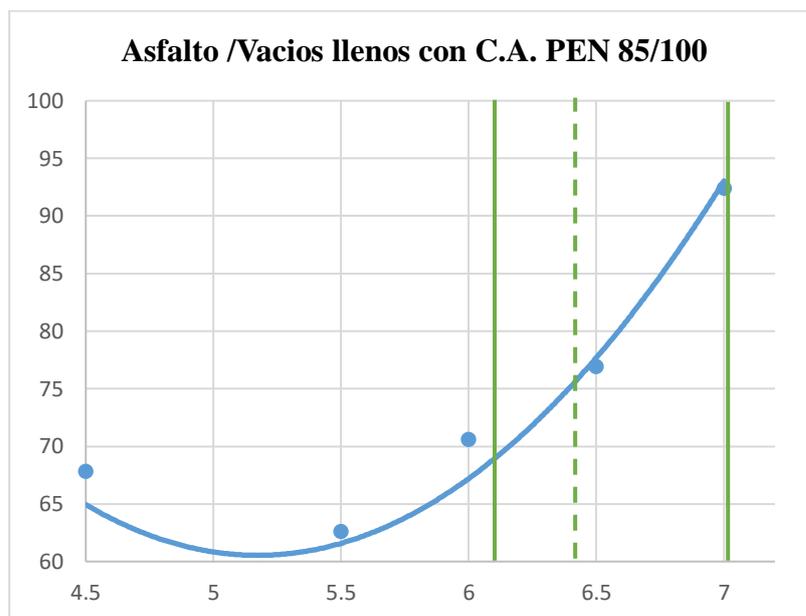
Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE ASFALTO VFA**

En siguiente gráfico se puede apreciar que el contenido de asfalto aumenta; así como, el porcentaje de vacíos llenos de asfalto, por lo tanto, continuamos analizando los demás parámetros teniendo en consideración que nuestro porcentaje de asfalto óptimo se encuentra dentro del rango de 6.1% y 7%.

Además, hemos tomado a 6.4% como porcentaje de asfalto óptimo.

Gráfico 5. *Porcentaje de asfalto versus Vacíos llenos con Cemento Asfáltico*

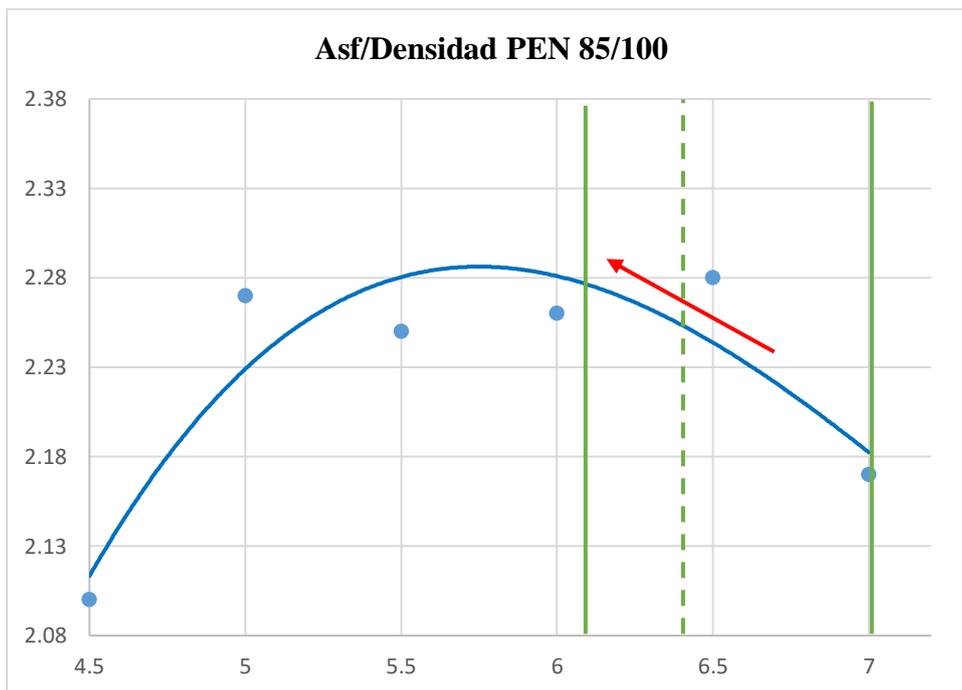


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS DENSIDAD**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que a medida que se incorpora mayor contenido de asfalto, este ocupa huecos que había entre los agregados y a medida en que el peso específico del asfalto es mayor al del vacío, la densidad aumenta, pero llega a un punto en que el asfalto comienza a separar las partículas del agregado y a medida en que el peso específico del asfalto es muy inferior al peso específico del agregado, la densidad empieza a caer. Por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros según el Manual de Carreteras EG-2013 y seguiremos tomando el valor de 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto.

Gráfico 6. Porcentaje de asfalto versus densidad

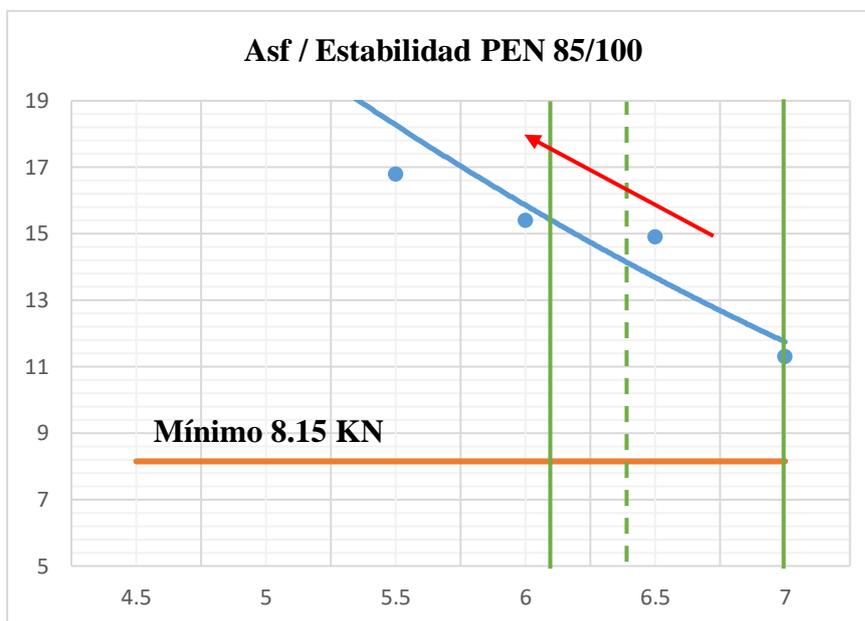


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS ESTABILIDAD**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que hasta cierto punto los valores de estabilidad aumentan y que luego disminuye a medida que el contenido de asfalto aumenta. Por lo tanto, evaluando el parámetro de estabilidad del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 8.15 KN para la clase de mezcla A, efectivamente cumple ya que tenemos resultados superiores, por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y seguiremos tomando el valor de 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto.

Gráfico 7. Porcentaje de asfalto versus Estabilidad

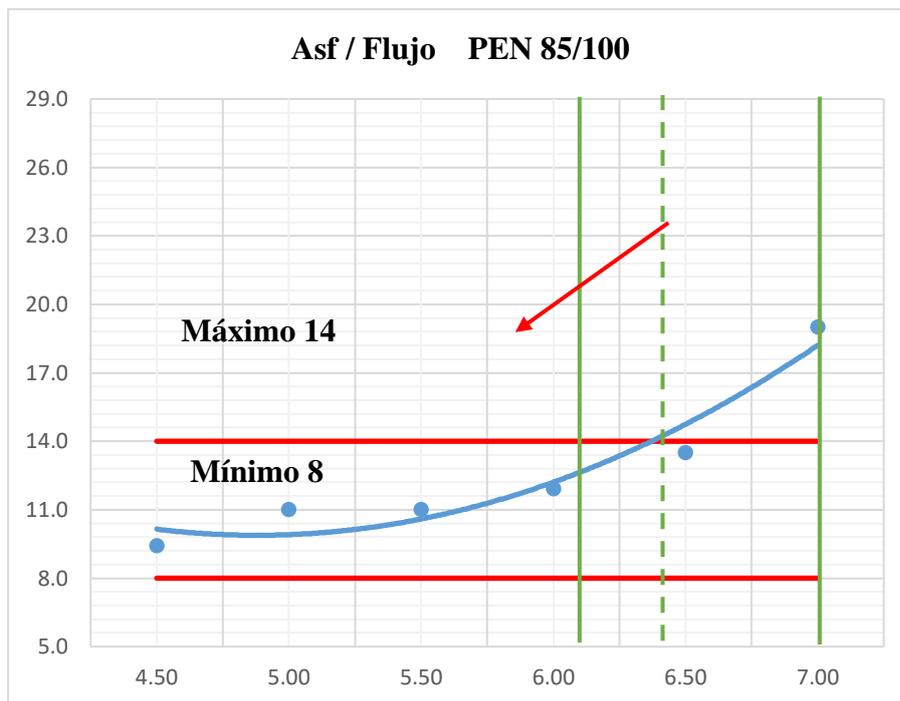


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ASFALTO VERSUS FLUJO**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que el valor de la fluencia aumenta a medida que aumenta el contenido de asfalto. Por lo tanto, evaluando el parámetro de Flujo del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 8 y como máximo 14 para la clase de mezcla A, efectivamente cumple hasta un contenido de asfalto de 6.4% ya que valores superiores a ello superan el valor de la fluencia y no es recomendable ya que tendremos problemas con la mezcla asfáltica debido a que tendremos un pavimento muy flexible y no muy resistente a las cargas de tráfico, por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y seguiremos tomando el valor de 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto, ya que este sigue cumpliendo los parámetros que demanda la norma.

Gráfico 8. Porcentaje de asfalto versus Flujo



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **RELACION POLVO - ASFALTO**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la relación polvo – asfalto disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto. Por lo tanto, evaluando el parámetro de Polvo – Asfalto del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 0.6 y como máximo 1.3 para la clase de mezcla A, efectivamente cumple para un porcentaje de asfalto de 6.4% ya que los resultados se encuentran dentro del rango que estipula la norma, por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y seguiremos tomando el valor de 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto, ya que este sigue cumpliendo los parámetros que demanda la norma.

Gráfico 9. *Relación Polvo Asfalto*

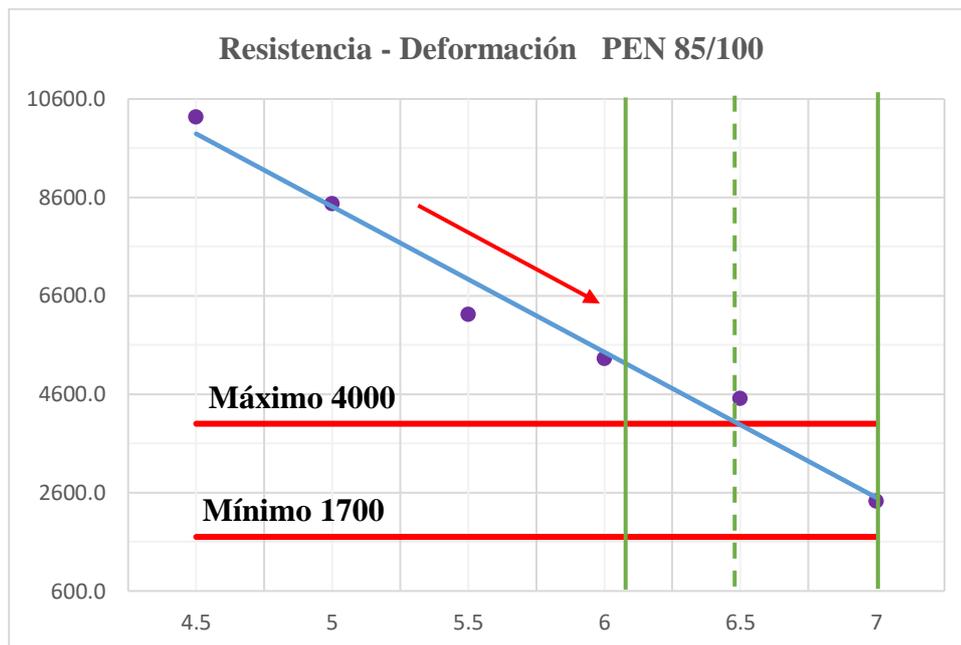


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **RELACION ESTABILIDAD/ FLUJO**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la relación Estabilidad / Flujo disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto. Por lo tanto, evaluando el parámetro de Estabilidad / Flujo del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 1700 Kg/cm y como máximo 4000 kg/cm para la clase de mezcla A, efectivamente cumple para un porcentaje de asfalto de 6.4%, por lo tanto, tomaremos el valor de 6.4% como porcentaje óptimo de asfalto, ya que este cumple con los parámetros que demanda la norma.

Gráfico 10. *Relación Estabilidad / Flujo*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

3.9.10 ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO EN EL ENSAYO MARSHALL CON ACEITE DE PALMA (ASTM-D-1559)

La finalidad de este análisis es determinar el porcentaje óptimo de aceite de palma y que parámetros de diseño mejoran con este aditivo.

- **PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS**

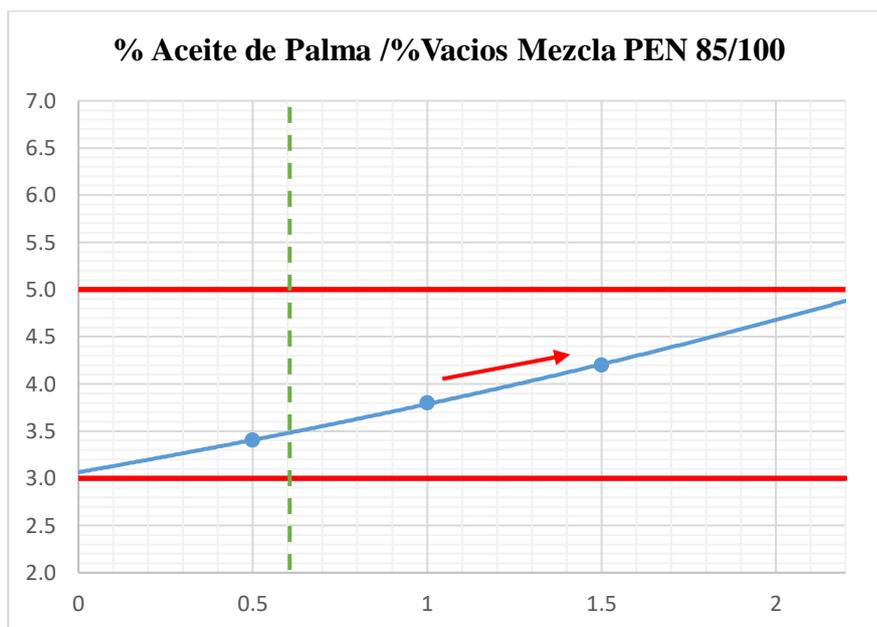
En el siguiente gráfico se observa la tendencia de la disminución del porcentaje de vacíos a medida que disminuye el porcentaje de aceite de palma, analizando el gráfico y en base al manual de carreteras EG-2013, donde nos indican los parámetros que se debe cumplir para obtener mezclas asfálticas de calidad, siendo uno de ellos el porcentaje de vacíos con aire que debe estar en el rango de 3 – 5 para la clase de mezcla A, que es para tráfico pesado.

Se recomienda se opte por un valor no menor del 3.5% cuando es tránsito pesado ya que, aunque se encuentre dentro del rango aceptado bajo normativa,

puede ser crítico ya que se pueden producir ahuellamientos ante un tránsito alto porque como sabemos pueden existir cambios entre la etapa de diseño y la construcción. Además, tener en cuenta que un valor alto en vacíos permite que en la mezcla se formen pasajes donde el agua y el aire puedan ingresar y a la vez causar deterioro, ahora un valor bajo en vacíos produce exudación de asfalto ya que debido a la poca cantidad de vacíos el asfalto buscara salir hacia la superficie.

Por lo tanto, teniendo en cuenta ello nuestro porcentaje óptimo de aceite de palma será mayor de 0.6%

Gráfico 11. *Porcentaje de aceite de palma versus porcentaje de vacíos*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL VMA**

En siguiente gráfico se puede apreciar que los resultados son satisfactorios al valor mínimo que demanda el Manual de Carreteras EG-2013, además se puede apreciar una forma de “U” alargada, donde decrece hasta un valor

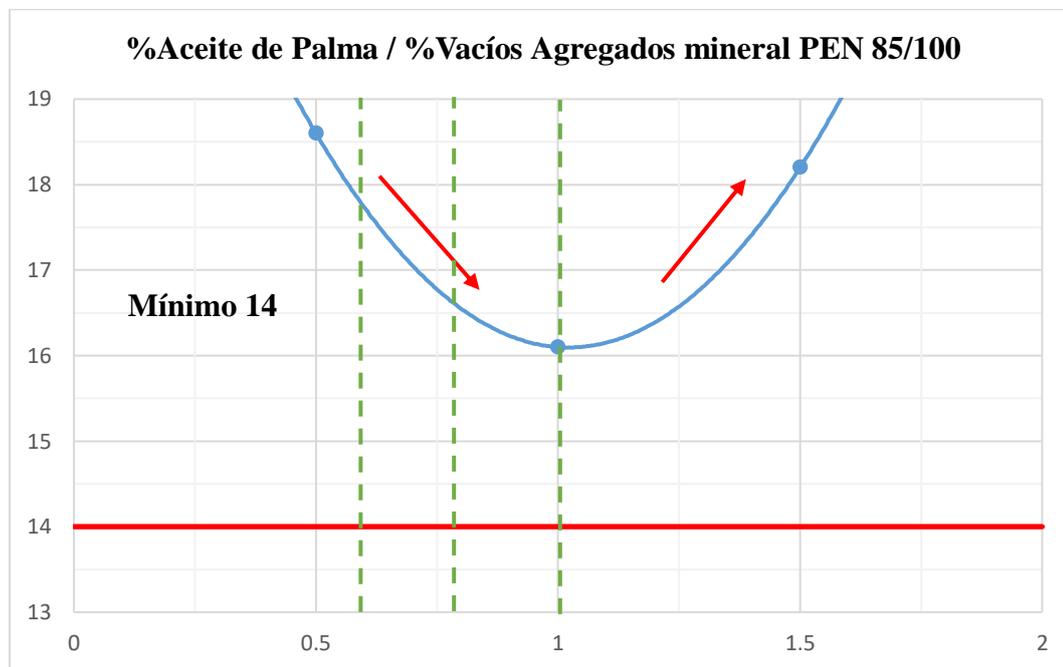
mínimo para luego incrementar a medida que aumenta el contenido de asfalto modificado con aceite de palma.

Si analizamos lo que uno supondría es que el valor de vacíos en el agregado mineral sea uniforme con la variación de asfalto modificado con aceite de palma, ya que los vacíos de aire serían desplazados por el asfalto modificado con aceite de palma, pero en realidad con el incremento de asfalto modificado con aceite de palma, lo que sucede con la mezcla es que se vuelve más fácil tanto en el manejo como en la compactación; es decir, la densidad aumenta cuando el vacío en el agregado mineral disminuye.

Ahora cuando el vacío en el agregado mineral empieza a incrementarse en si el agregado es más denso y empieza a ser desplazado y empujado separadamente por el material menos denso que en este caso es el asfalto modificado con aceite de palma. Por ello, es mejor no considerar los valores de asfalto modificado con aceite de palma cuando los valores en la curva de vacíos de agregado mineral aumenten ya que la compactación adicional debido al tráfico conllevará a una expansión inadecuada del asfalto modificado con aceite de palma, disminución en el contacto agregado-agregado y de vez en cuando al desgaste en las áreas de alto tráfico.

Por lo tanto, nuestro porcentaje óptimo de aceite de palma se encontrará dentro del rango de 0.6 al 1% y tomaremos el valor de 0.8% como nuestro porcentaje óptimo de aceite de palma.

Gráfico 12. *Porcentaje de aceite de palma versus porcentaje de vacíos en el agregado mineral*



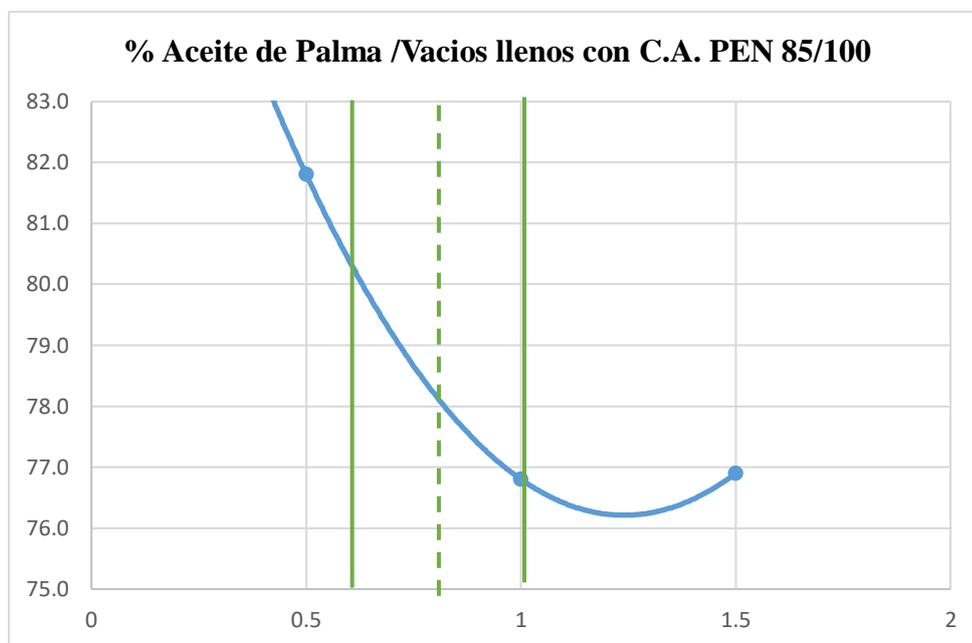
Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS PORCENTAJE DE VACIOS LLENOS DE ASFALTO VFA**

En siguiente gráfico se puede apreciar que a medida que el aceite de palma aumenta, el porcentaje de vacíos llenos de asfalto disminuye. Ello tiene concordancia ya que, el aceite de palma reemplaza un porcentaje del porcentaje total del asfalto; por ejemplo, para un 0.5% de aceite de palma, si se tiene una masa de asfalto lo cual representaba el 100% ello será, modificado siendo el asfalto el 99.5% asfalto y el 0.5% aceite de palma, cuanto mayor sea el porcentaje de aceite de palma menor será el porcentaje de vacíos llenos de asfalto. Por lo tanto, continuamos analizando los demás parámetros teniendo en consideración que nuestro porcentaje de aceite de palma se encuentra

dentro del rango de 0.6% y 1%. Además, hemos tomado a 0.8% como porcentaje de aceite de palma óptimo.

Gráfico 13. *Porcentaje de aceite de palma versus Vacíos llenos con Cemento Asfáltico*

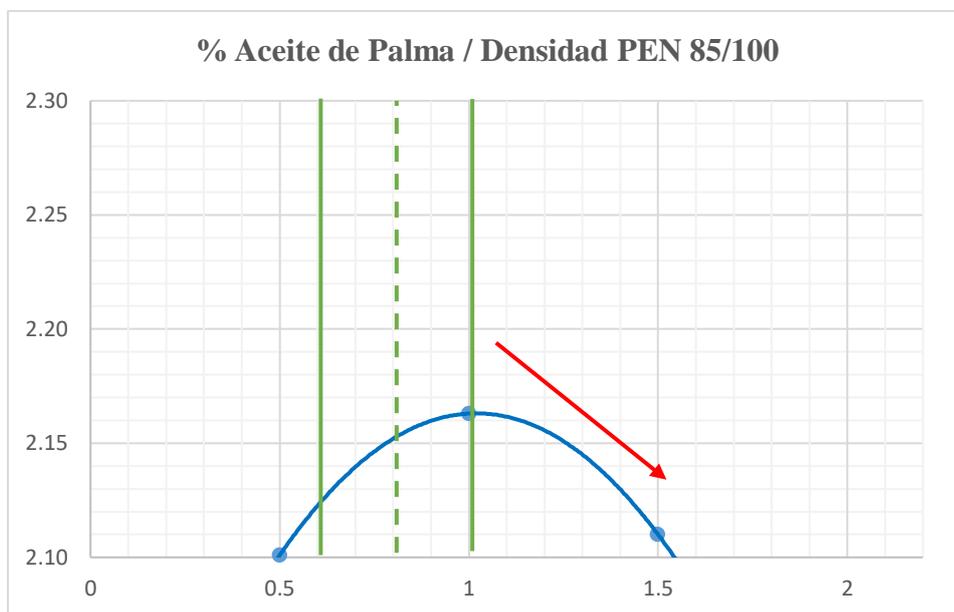


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS DENSIDAD**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que a medida que se incorpora mayor porcentaje de aceite de palma, este ocupa huecos que había entre los agregados y a medida en que el peso específico del asfalto modificado con aceite de palma es mayor al del vacío, la densidad aumenta, pero llega a un punto en que el porcentaje de aceite de palma comienza a separar las partículas del agregado y a medida en que el peso específico del asfalto modificado con aceite de palma es muy inferior al peso específico del agregado, la densidad empieza a caer. Por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros según el Manual de Carreteras EG-2013 y seguiremos tomando el valor de 0.8% como porcentaje óptimo de aceite de palma.

Gráfico 14. *Porcentaje de aceite de palma o versus densidad*

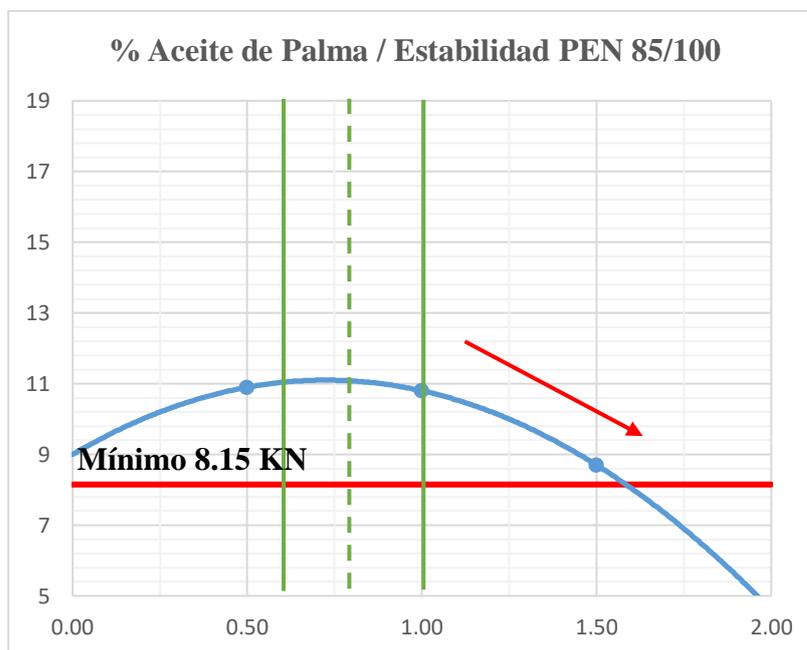


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS LA ESTABILIDAD**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que hasta cierto punto los valores de estabilidad aumentan y que luego disminuye a medida que el porcentaje de aceite de palma aumenta. Por lo tanto, evaluando el parámetro de estabilidad del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 8.15 KN para la clase de mezcla A, efectivamente cumple ya que tenemos resultados superiores, por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y seguiremos tomando el valor de 0.8% como porcentaje óptimo de aceite de palma.

Gráfico 15. *Porcentaje de aceite de palma versus Estabilidad*

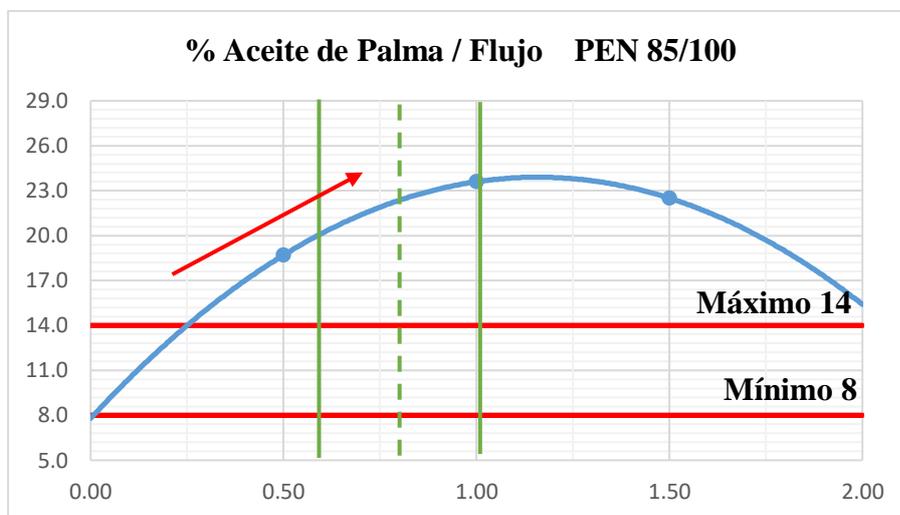


Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **PORCENTAJE DE ACEITE DE PALMA VERSUS FLUJO**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que el valor de la fluencia aumenta a medida que aumenta el porcentaje de aceite de palma. Por lo tanto, evaluando el parámetro de Flujo del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 8 y como máximo 14 para la clase de mezcla A, efectivamente no cumple para un porcentaje de aceite de palma 0.8% ya que valores superiores a ello superan el valor de la fluencia y no es recomendable ya que tendremos problemas con la mezcla asfáltica debido a que tendremos un pavimento muy flexible y no muy resistente a las cargas de tráfico, por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y tomando el valor de 0.8% como porcentaje óptimo de aceite de palma.

Gráfico 16. *Porcentaje de aceite de palma versus Flujo*



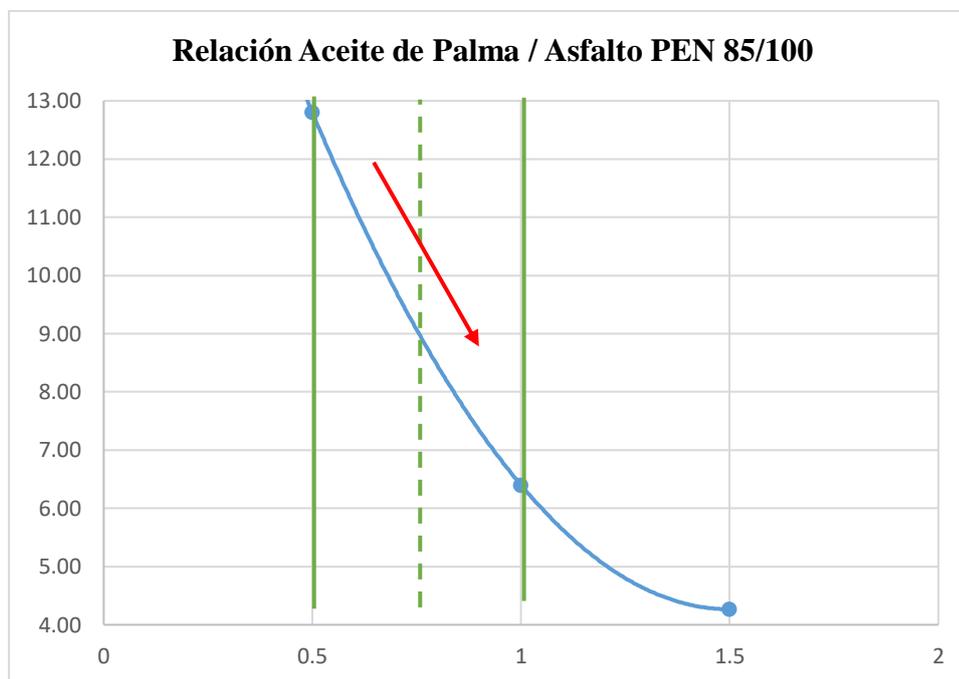
Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **RELACION ACEITE DE PALMA - ASFALTO**

Evaluando el parámetro de Polvo – Asfalto del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 0.6 y como máximo 1.3 para la clase de mezcla A, efectivamente cumple para un porcentaje de asfalto de 6.4% donde se tiene un peso de 78 y el valor de filler es de 60, dividiendo tenemos 0.77 el cual se encuentran dentro del rango que estipula la norma.

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la relación aceite de palma – asfalto disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto. Por lo tanto, evaluando el parámetro de Aceite de Palma – Asfalto existe congruencia ya que mientras mayor sea el porcentaje de asfalto la relación aceite de palma – asfalto será menor; por lo tanto, continuaremos evaluando los demás parámetros y seguiremos tomando el valor de 0.8% como porcentaje óptimo de aceite de palma.

Gráfico 17. *Relación Aceite de Palma - Asfalto*



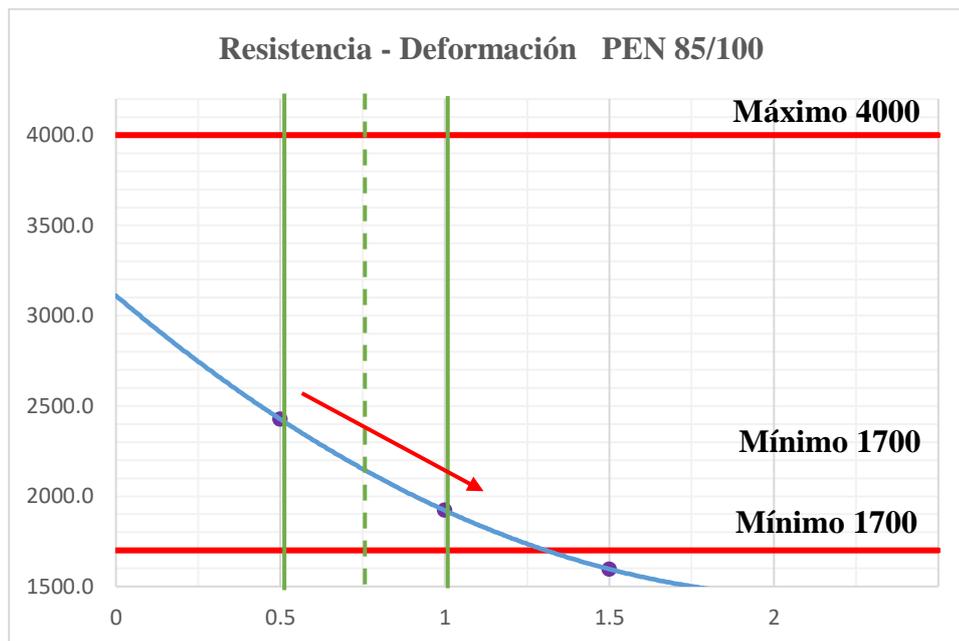
Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

- **RELACION ESTABILIDAD/ FLUJO**

En el siguiente gráfico se puede apreciar que la relación Estabilidad / Flujo disminuye a medida que aumenta el porcentaje de aceite de palma. Ello quiere decir que la adición de aceite palma permite tener pavimentos más flexibles, pero no con demasiada resistencia.

Por lo tanto, evaluando el parámetro de Estabilidad / Flujo del Manual de Carreteras EG-2013, el cual exige como mínimo 1700 Kg/cm y como máximo 4000 kg/cm para la clase de mezcla A, efectivamente cumple para un porcentaje de aceite de palma de 0.8%, por lo tanto, tomaremos el valor de 0.8% como porcentaje óptimo de aceite de palma, ya que este cumple con los parámetros que demanda la norma.

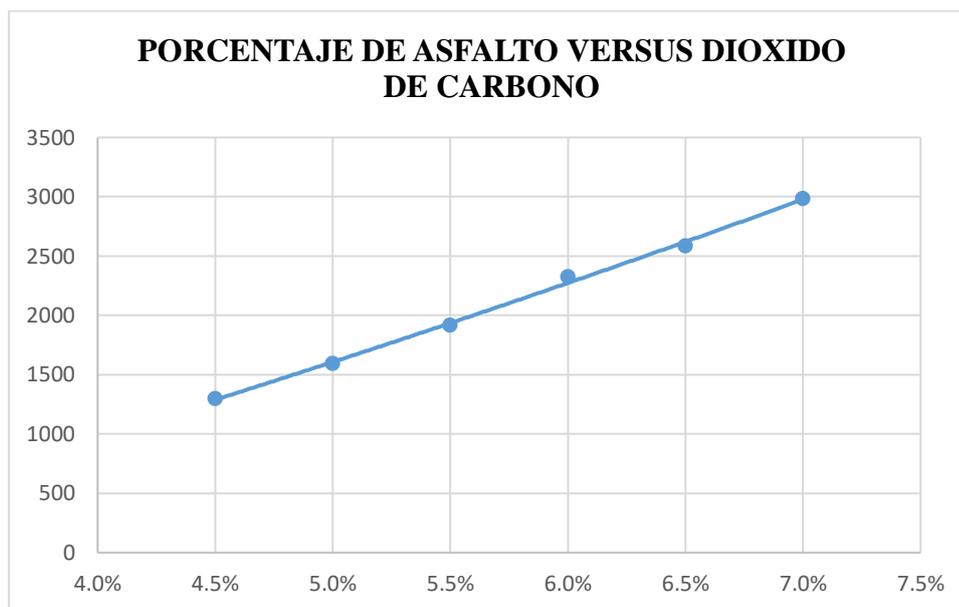
Gráfico 18. *Relación Estabilidad / Flujo*



Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

3.9.11 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CO2 EN LA MUESTRA PATRON

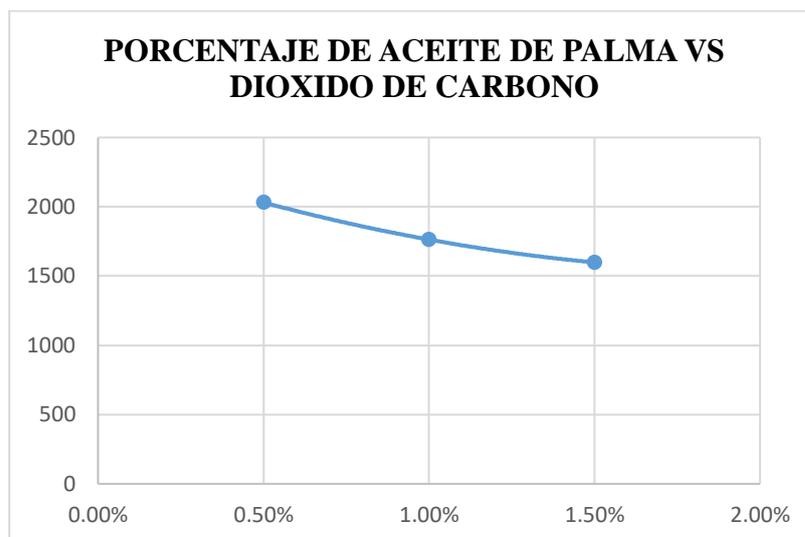
En el siguiente gráfico podemos observar en resumen los resultados del dióxido de carbono versus el porcentaje de aceite de palma, donde se ha tomado los máximos valores de la tabla anterior, debido a que es importante considerar la cantidad máxima de partículas por millón que serán emitidas al medio ambiente. En el gráfico además se puede observar que a medida que el porcentaje de asfalto aumenta la cantidad de dióxido que se emite es mayor, ello quiere decir que mientras mayor sea el contenido de asfalto en la mezcla mayor será el dióxido de carbono que se emite.

Gráfico 19. *Porcentaje de Asfalto versus Dióxido de Carbono*

Fuente: Elaboración Propia

3.9.12 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CO2 EN LA MUESTRA CON ACEITE DE PALMA

En el siguiente gráfico podemos observar en resumen los resultados del dióxido de carbono versus el porcentaje de aceite de palma, donde se ha tomado los máximos valores de la tabla anterior, debido a que es importante considerar la cantidad máxima de partículas por millón que serán emitidas al medio ambiente. En el gráfico además se puede observar que a medida que el porcentaje de aceite aumenta la cantidad de dióxido que se emite es menor, ello no quiere decir que vamos optar por el mayor valor como porcentaje óptimo de aceite de palma, ya que tenemos que tener en consideración los parámetros de diseño.

Gráfico 20. *Porcentaje de Aceite de Palma versus Dióxido de Carbono*

Fuente: Elaboración Propia

3.10 CONSIDERACIONES ÉTICAS

La investigación cumplirá con todos los estándares de calidad mencionados en la normativa del MTC y cumplirá con los requisitos técnicos de la normativa ISO 5000 para el correcto funcionamiento de los equipos e instrumentos. Además, teniendo en cuenta los principios como es el principio de autonomía, por las decisiones tomadas en forma libre y sin ninguna presión como investigadora; el principio de no-maleficencia, ya que los resultados obtenidos en la investigación no dañan, ni perjudican a ninguna persona; el principio de beneficencia y justicia, porque tiene la finalidad de hacer el bien a la población y respecto a la justicia ya que todas las fotografías tomadas en el laboratorio no implican ningún riesgo hacia la población porque fueron tomadas teniendo en cuenta las pautas de protección, privacidad y consentimiento (Anexo 06); es decir, no se considera ningún riesgo a través de los procedimientos realizados que pudieran hacer daño a las personas. Además, toda información existente que se ha tomado en cuenta para esta investigación se ha respetado el derecho de autoría.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este apartado se analizó los resultados que obtuvimos de la adición de aceite de palma al 0.5%, 1.0 % y 1.5% en la mezcla de asfalto caliente donde se determinó la proporción adecuada de asfalto, así como también de aceite de palma y los parámetros que mejoró. También se determinó el porcentaje de reducción de partículas de dióxido de carbono (CO₂).

4.1 DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE PATRÓN POR EL METODO MARSHALL CON CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100

Tabla 33

Resultados de los parámetros de diseño de la muestra patrón

MEZCLA ASFALTICA PATRON CON PEN 85/100								
% Asfalto	% Vacíos - Mezcla	Densidad	% Vacíos en el agregado mineral VMA	% Vacíos llenos de asfalto VFA	Flujo	Estabilidad	Asfalto/ Filler	Estabilidad / Flujo
4.5	8.2	2.1	22.6	67.8	9.4	23.3	1.1	10229.1
5.0	7.4	2.3	16.3	55	11	22.6	1	8464.7
5.5	6.5	2.3	17.4	62.6	11	16.8	0.9	6220.2
6.0	5.2	2.3	17.7	70.6	11.9	15.4	0.8	5321.3
6.5	3.7	2.3	17.4	76.9	13.5	14.9	0.8	4510.2
7.0	3.1	2.2	21.8	92.4	19	11.3	0.7	2428.3

Fuente: Elaboración Propia

De la evaluación realizada en el apartado anterior de la mezcla asfáltica en caliente patrón, utilizando cemento asfáltico PEN 85/100, se obtuvo un contenido óptimo de asfalto de 6.4% el cual cumple con todos los parámetros establecidos en la norma EG 2013 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. A continuación, determinaremos el porcentaje de aceite de palma óptimo, lo cual teniendo como resultado de asfalto de 6.4%, este peso de cemento asfáltico, cierto porcentaje será reemplazado por aceite de palma.

4.2 DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA POR EL METODO MARSHALL CON CEMENTO ASFALTICO PEN 85/100

Tabla 34

Resultados de los parámetros de diseño de la muestra con aceite de palma

MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON PEN 85/100								
% Asfalto	% Vacíos - Mezcla	Densidad	% Vacíos en el agregado mineral VMA	% Vacíos llenos de asfalto VFA	Flujo	Estabilidad	Asfalto / Filler	Estabilidad / Flujo
0.5	3.4	2.101	16.6	81.8	16.7	10.9	0.77	2426.2
1.0	3.8	2.163	16.1	76.8	23.6	10.8	0.77	1921.3
1.5	4.2	2.110	16.2	76.9	22.5	8.7	0.77	1598.2

Fuente: Elaboración Propia

De la evaluación realizada en el apartado anterior de la mezcla asfáltica en caliente modificado con aceite de palma utilizando cemento asfáltico PEN 85/100, se obtuvo un porcentaje óptimo de aceite de palma de 0.8% el cual cumple con casi todos los parámetros establecidos en la norma EG 2013 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

4.3 PORCENTAJE DE REDUCCION DE DIOXIDO DE CARBONO EN EL DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADO

Tabla 35

Resultados del porcentaje de asfalto versus dióxido de carbono

Porcentaje de Asfalto	Dióxido de Carbono (ppm)
4.50%	1298
5.00%	1593
5.50%	1915
6.00%	2326
6.50%	2586
7.00%	2985

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36*Resultados del porcentaje de aceite de palma versus dióxido de carbono*

Porcentaje de Aceite de Palma	Dióxido de Carbono (ppm)
0.50%	2031
1.00%	1763
1.50%	1598

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla de resultados del porcentaje de asfalto versus el dióxido de carbono, realizamos una extrapolación y se tiene que al 6.4% de asfalto, el cual se determinó que es el óptimo, la emisión de dióxido de carbono es de 2534 partículas por millón, comparando con los valores obtenidos en la muestra modificada con aceite de palma, al 0.50% se tiene una reducción de 19.85%, al 1.00% se tiene una reducción de 30.43% y al 1.50% se tiene una reducción de 36.94%. También de la tabla de resultados de porcentaje de aceite de palma versus dióxido de carbono, se puede apreciar que a medida que aumenta el porcentaje de aceite de palma la emisión de dióxido de carbono disminuye, además siendo 0.80% el porcentaje óptimo de aceite de palma, realizamos nuevamente la extrapolación y se tiene que la emisión de dióxido de carbono es de 1870.20 partículas por millón, comparando con 2534 ppm que se obtuvo del porcentaje óptimo de asfalto se tiene una reducción de 26.20%.

4.4 PARAMETROS DE DISEÑO QUE MEJORAN EN LA MUESTRA MODIFICADA CON ACEITE DE PALMA FRENTE A LA MUESTRA PATRON

Los parámetros de diseño en base a los ensayos realizados y según el manual de carreteras EG 2013, son la compactación, estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos con aire, vacíos en el agregado mineral, relación polvo – asfalto y relación estabilidad/flujo. A continuación, en la siguiente tabla se muestra un resumen de los

resultados obtenidos en base al porcentaje óptimo de asfalto y el porcentaje óptimo de aceite de palma

Tabla 37

Resumen de los parámetros de diseño en la muestra patrón y modificada

Parámetro de Diseño	Lo que exige la norma	Muestra Patrón al 6.4%	Muestra modificada al 0.8%	Verificación
Compactación, número de golpes por lado	75	75	75	Cumple en ambas
Estabilidad (mínimo)	8.15 KN	14.13	11.08	Cumple en ambas
Flujo 0.01" (0.25 mm)	8-14	13.84	22.32	Cumple en muestra patrón
Porcentaje de vacíos con aire	3-5	4.28	3.64	Cumple en ambas
Vacíos en el agregado mineral (mínimo)	14	17.78	16.55	Cumple en ambas
Relación Polvo - Asfalto	0.6-1.3	0.78	0.78	Cumple en ambas
Relación Estabilidad/flujo (Kg/cm)	1700-4000	4181.98	2101.68	Cumple en muestra modificada

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla, respecto a la compactación, lo cual es el número de golpes por lado en ambas muestras se ha realizado la misma cantidad de golpes, ya que tenemos la clase de mezcla A, perteneciente a tráfico pesado. Por lo tanto, este parámetro no puede ser modificado y se mantiene para ambas muestras.

Respecto al parámetro de estabilidad la normativa exige como mínimo 8.15 KN, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos 14.13 KN y en la muestra modificada tenemos 11.08 KN, ambos resultados cumplen, pero analizando si existe una mejora en este parámetro, podemos deducir que la adición de aceite de palma disminuye la estabilidad o rigidez en el pavimento.

Respecto al parámetro del flujo la normativa exige como mínimo 8 y como máximo 14, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos 13.84 y en la

muestra modificada tenemos 22.32 KN, cumpliendo solo en la muestra patrón, analizando podemos observar que la adición de aceite de palma permite obtener pavimentos más flexibles pero que no son recomendables para un tráfico alto.

Respecto al parámetro de porcentaje de vacíos con aire la normativa exige como mínimo 3 y como máximo 5, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos 4.28 y en la muestra modificada tenemos 3.64, ambos resultados cumplen la normativa, pero analizando los resultados, la adición de aceite de palma permite la disminución de porcentajes de vacíos con aire donde como sabemos no es recomendable tener bajos valores de vacíos ya que ello conlleva a que el pavimento presente exudación o sudoración debido al tráfico pesado, al cual será sometido, produzca una compactación adicional durante su funcionamiento. Sin embargo, teniendo en cuenta el clima frío de los tramos que se ha considerado para el diseño, podemos afirmar que existe una mejora en este parámetro ya que en base a la normativa EG2013, es bueno obtener resultados que tiendan al menor 2% ya que existen tramos efectuados en el Perú que presentan buen desempeño actualmente.

Respecto al parámetro vacíos en el agregado mineral, la normativa exige como mínimo 14, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos 17.78 y en la muestra modificada tenemos 16.55, ambos resultados cumplen la normativa, pero analizando los resultados, la adición de aceite de palma permite la disminución de vacíos en el agregado mineral.

Respecto al parámetro de relación de polvo - asfalto, la normativa exige como mínimo 0.6 y como máximo 1.3, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos .78 y en la muestra modificada tendremos es mismo valor ya que es el resultado de la razón entre el filler y el asfalto, lo cual se mantiene ya en ambos se ha

trabajo con igual peso en filler, y respecto al asfalto se tiene también el mismo peso, con la única diferencia de que un porcentaje del peso total ha sido reemplazado por aceite de palma.

Respecto al parámetro de la relación estabilidad/flujo, la normativa exige como mínimo 1700 y como máximo 4000, donde se puede observar que en la muestra patrón tenemos 4181.98 y en la muestra modificada tenemos 2101.68, solo cumple el resultado en la muestra modificada, es decir mejora este parámetro ya que teniendo en cuenta el clima frío de los tramos que se está considerando para el diseño es bueno que esta relación sea la menor magnitud posible, pero analizando los resultados, podemos observar que la adición de aceite de palma permite obtener mezclas más flexibles, pero no muy rígidas, las cuales presentan un excelente comportamiento frente a un tráfico liviano. Además, el resultado en la muestra patrón si bien es cierto es mayor a lo máximo permitido, sin embargo, no es demasiado alto por lo que se podría considerar que también cumple el parámetro.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

- (Dávila M. Magaldi P.2018) en su trabajo de grado, “Efecto del Aceite Reciclado de Cocina sobre Las Propiedades Físicas y Mecánicas de Mezclas Asfálticas en Caliente Md-19 (60-70)”, resalta el enfoque sostenible a la industria vial, que llevó a los investigadores a desarrollar un asfalto ambientalmente sostenible, llamado bioasfalto. Las industrias científicas ahora producen bioasfalto a partir de biomasa o de residuos biológicos, al producir bioasfalto, a partir de estos bioproductos también se puede reducir la necesidad de vertederos y ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. **Discusión:** es cierto la mezcla asfáltica modificada con aceite de palma disminuye las emisiones de gases contaminantes como lo es el dióxido de carbono (CO₂), donde teniendo en cuenta el uso de cemento asfáltico PEN 85/100, se obtuvo una reducción estos gases frente a la muestra patrón sin aditivo.
- (Usquiano I., Villareal J.2016) en su tesis, “Diseño de una Mezcla Asfáltica Tibia con Aceite Crudo de Palma”, presenta las siguientes conclusiones: El porcentaje óptimo de asfalto fue de 5.00% para tránsito liviano y 5.50% para tránsito de media densidad y pesado, los cuales cumplieron con los parámetros de estabilidad y fluidez en todos los casos. Se encontró que el tipo de aceite crudo de palma más adecuado para el uso en MAT es del tipo industrial (Tipo A). Se encontró que el ACP mejora las características mecánicas (estabilidad y flujo) para cada tipo de tránsito en los siguientes porcentajes: 1.0% para tránsito liviano y medio y 0.5% para tránsito pesado. **Discusión:** En nuestra investigación obtuvimos un porcentaje óptimo de aceite de palma de 0.8% de asfalto, de los agregados el 93.60% y del asfalto el 6.40% en la nueva mezcla modificada, lo cual presenta cierto grado de similitud ya que en nuestro caso nos enfocamos en un tipo de tránsito alto o

pesado. Además, debemos tener en cuenta la importancia de la caracterización de los agregados para el correcto cumplimiento del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción-EG-2013 DEL Ministerio de Transporte.

- (Lopera Palacio Conrado.2011) en su informe final de investigación aplicada como requisito para optar al título de Máster en Ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte, “Diseño y Producción de Mezclas Asfálticas Tibias a partir de la Mezcla de Asfalto y Aceite Crudo de Palma”, presenta las siguientes conclusiones: Con base a la bibliografía obtenida y los resultados de los ensayos de laboratorio, podemos afirmar que las mezclas asfáltica tibias ofrecen una excelente solución para minimizar los efectos ambientales causados por los gases generados durante la combustión y calentamiento de materiales. En el mundo hay diferentes tecnologías con las cuales se pueden producir mezclas tibias; el crudo de palma de Colombia es otra alternativa viable que se puede tener en cuenta para este fin. Las pruebas de laboratorio muestran al crudo de palma como un aditivo de gran potencial reductor de viscosidad y a su vez la mezcla producida con este refleja una buena resistencia mecánica y desempeño producidas a menor temperatura. De los tres tipos de crudo de palma que se evaluaron, dismaprim funcionó mejor como reductor, ya que se lograron los mayores valores de reducción en viscosidad, por esta razón fue el utilizado para modificar el asfalto base al 1%. Las mezclas asfálticas tibias producidas con bioasfaltos se pueden considerar otra opción de pavimentación, la cual nos brinda beneficios económicos técnicos y ambientales. **Discusión:** Efectivamente la mezcla asfáltica modificada con aceite de palma disminuye las emisiones de gases contaminantes como lo es el dióxido de carbono (CO₂), donde teniendo en cuenta el uso de

cemento asfáltico PEN 85/100, se obtuvo que la emisión de dióxido de carbono en la muestra modificada con aceite de palma fue de 1870.20 partículas por millón, comparando con 2534 ppm en la muestra patrón sin aditivo; por lo tanto, se tiene una reducción de 26.20%.

- (Ortega de la Vega K..2021) en su tesis, “Aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente expuestos a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020”, presenta las siguientes conclusiones: La adición de aceite de palma tiene un efecto significativo en la conservación de las propiedades de las mezclas asfálticas calientes en condiciones naturales debido a la disminución de la temperatura. En cuanto a las propiedades mecánicas, la estabilidad supone una reducción de la resistencia máxima alcanzada en un 8.44%, el flujo tiende a aumentar sus deformaciones, pero estas propiedades se conservan aún mejor y en un rango más prolongado de temperatura en comparación con la tendencia que muestra la mezcla asfáltica convencional. Finalmente, se concluye que, con la adición del 3.00% de aceite de palma, la mezcla asfáltica modificada en caliente presenta el mejor comportamiento, desempeño y características ya que mantiene sus propiedades. Y se puede confirmar que este aditivo brinda el mayor porcentaje de conservación para la estabilidad y además mejora significativamente la adherencia de la mezcla asfáltica en caliente propenso a una reducción en su temperatura por el motivo de tiempos de transportes prolongados en climas fríos desde la planta de producción hasta la obra. **Discusión:** En nuestra investigación el diseño de mezcla asfáltica modificado con aceite de palma, efectivamente mejora algunos de los parámetros de diseño que se planteó en la hipótesis, como los son el parámetro de porcentaje

de vacíos con aire y la relación estabilidad/flujo según la norma EG 2013 frente al diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo.

CONCLUSIONES

1. Adicionar aceite de palma en el diseño de mezcla asfáltica reduce la emisión de gases contaminantes como lo es el dióxido de carbono, los cuales son generados en la construcción de pavimentos asfálticos del tramo de la carretera Huánuco – La Unión, ya que como hemos podido ver en los resultados el dióxido de carbono emitido en nuestra muestra patrón con un porcentaje de asfalto óptimo de 6.40% fue de 2534 ppm y mientras es nuestra muestra modificada con un porcentaje óptimo de aceite de palma de 0.80% fue de 1870.20 ppm.
2. La proporción adecuada del aceite de palma como aditivo no es de 0.5% de asfalto, de los agregados el 94% y del asfalto el 6% en la nueva mezcla modificada tal como se planteó en la hipótesis sino la proporción adecuada del aceite de palma como aditivo es de 0.80% de asfalto, de los agregados el 93.60% y del asfalto el 6.40% en la nueva mezcla modificada.
3. El porcentaje de reducción de partículas de dióxido de carbono (CO₂) en el nuevo diseño de mezcla asfáltica no es de 50% como inicialmente se planteó en la hipótesis sino de 26.20% frente al diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo.
4. El diseño de mezcla asfáltica modificado con aceite de palma, efectivamente mejora algunos de los parámetros de diseño que se planteó en la hipótesis, como los son el parámetro de porcentaje de vacíos con aire y la relación estabilidad/flujo según la norma EG 2013 frente al diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo.
5. Los ensayos del laboratorio para los agregados gruesos y finos cumplen con los rangos, valores mínimos y máximos que señala el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.
6. Se analizó los resultados del diseño de mezcla patrón y se determinó que el porcentaje de asfalto óptimo es de 6.40 % para un tránsito alto, el cual cumple con los parámetros de diseño. Además, al modificar el diseño de mezcla asfáltica patrón con aceite de palma al

0.5%, 1.0%, y 1.5% se obtuvo que el porcentaje de aceite de palma óptimo es de 0.80 % para un tránsito alto, el cual es el más adecuado para el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

1. No se recomienda aplicar nuestra propuesta de mezcla asfáltica modificada con aceite de palma en la construcción de los pavimentos asfálticos del tramo de la carretera Huánuco – La Unión, debido a que a pesar de que reduce la emisión de gases contaminantes al medio ambiente no cumple con todos los parámetros que demanda la norma y siendo este además de tránsito pesado; sin embargo si se recomienda su aplicación en carreteras de tránsito liviano donde si tienen un buen comportamiento debido a que el aceite de palma permite tener pavimentos más flexibles pero no con demasiada resistencia según la evaluación que hicimos respecto a la relación de la estabilidad y flujo.
2. Se recomienda ante futuras investigaciones, que consideren la proporción del aceite de palma entre un rango de 0.2 % a 1% como máximo, debido a que como hemos visto en los análisis de los resultados usar una proporción mayor no mejora los parámetros de diseño; es decir, los resultados no aumentan sino por el contrario decrecen como es el caso por ejemplo de la estabilidad donde se obtuvo el mayor valor con una proporción de 0.7%. Por ello, realizar muestras con proporciones mayores al 1% no conlleva a cambios drástico más por el contrario es una inversión en vano ya que los resultados no nos ayudan o no afecta a la proporción óptimo que queremos obtener.
3. Se recomienda considerar el aceite de palma como un aditivo importante en los diseños para las construcciones de carreteras en el país, ya que, como hemos podido observar la reducción de dióxido de carbono frente a la mezcla asfáltica convencional es más del 25%; es decir, su uso va a contribuir con el medio ambiente, ya que en estos tiempos estamos enfrentando el cambio climático y necesitamos actuar frente a ello porque también es importante la sostenibilidad.
4. Se recomienda continuar con la investigación, donde se implemente los ensayos de Inmersión -Compresión (MTC E 518) y la Resistencia conservada en la prueba de la tracción

indirecta AASHTO T 283 según el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013..

5. Se recomienda siempre realizar y analizar si cumple los valores o resultados en cada uno de los ensayos que exige la normativa peruana EG2013; del agregado fino, como lo es el peso específico, absorción, impurezas orgánicas, adhesividad Riedel-weber, equivalente de arena, durabilidad, índice de plasticidad, índice de plasticidad y sales solubles totales; así como del agregado grueso, como los son el peso específico, absorción, impurezas orgánicas, durabilidad, sales solubles totales y abrasión los ángeles, ya que los agregados se van a usar para el diseño de mezcla asfáltica en caliente con la metodología Marshall, con la finalidad de asegurar un buen diseño de mezcla asfáltica en caliente.

6. Se recomienda continuar con la investigación, donde se construya en ciertos tramos de prueba, preferiblemente en los tramos considerados y descrito en la presente investigación, y se analice su comportamiento frente al tráfico real a la cual estará expuesta. Teniendo en cuenta el porcentaje óptimo de asfalto de 6.40% y el porcentaje óptimo de aceite de palma de 0.80%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autelitano, F., Bianchi, F., & Giuliani, F. (2017). Emisiones aéreas de mezclas de asfalto / cera para la producción de asfalto de mezcla caliente. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.247>
- Azahar, W. N. A. W., Bujang, M., Jaya, R. P., Hainin, M. R., Mohamed, A., Ngadi, N., & Jayanti, D. S. (2016). The potential of waste cooking oil as bio-asphalt for alternative binder – An overview. *Jurnal Teknologi*. Recuperado de: <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8007>
- Estrada V. “Estudio y analisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polimero tipo sbs”. (2017). Recuperado de: http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1057/1/V%C3%ADctor_Tesis_bachiller_2017.pdf
- Ortega V. “Aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente expuestos a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo”. (2021). Recuperado de: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9211/4/IV_FIN_105_TE_Ortega_DelaVega_2021.pdf
- Gong, M., Yang, J., Zhang, J., Zhu, H. y amp; Tong, T. (2016). Propiedades físico-químicas del asfalto envejecido rejuvenecido por bioaceite derivado de residuos de biodiesel. *Construction and Building Materials*. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.025>
- Guamanquispe Tigse, S. J. (2017). Universidad Técnica De Ambato. En *Repo.Uta.Edu.Ec*. Recuperado de: <https://doi.org/10.15517/ap.v29i119.18693>
- Grande I. Abascal E. (2005). *Análisis de encuestas*. Editorial ESIC
- Hernández Sampieri, R. Mendoza Torres C. (2018). *Metodología d la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw Hill Education.

- Méndez Álvarez, C. (1995). Metodología, guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas. Editorial McGraw Hill
- Moisés Ríos, B., Anjo Bedriñana, J., Palomino Vargas, V., y Feria Macizo, E. (2018). Diseño del proyecto de investigación científica. Editorial San Marcos.
- Ma, F., Sha, A., Lin, R., Huang, Y., & Wang, C. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en pavimentos de construcción: Un estudio de caso en China. International Journal of Environmental Research and Public Health. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/ijerph13030351>
- MUNICIPALIDAD DE AMRILIS. (2020). Reciclaje y disposición final segura de RESIDUOS sólidos. Recuperado de: <https://muniamarilis.gob.pe/2019/en-amarilis-se-segrega-el-aceite-usado/>
- Diario Página 3. (26 de mayo 2014). Filtraciones y fallas geológicas afectan ruta Hco La Unión. Página 06.
- PERÚCAMARAS (2017). Recuperado de: <https://perucamaras.org.pe/pdf/rr/246%20Edici%c3%b3nVirtualReporteRegionalCentro-Lunes3dejuliodede2017.pdf>
- Pino Gotuzzo R. (2018). Metodología de la investigación, elaboración de diseños para contrastar hipótesis. Editorial San Marcos
- Sánchez Carlessi H. Reyes Meza C. (2006). Metodología y diseños en la investigación científica. Editorial Visión Universitaria.
- Sun, D., Lu, T., Xiao, F., Zhu, X., & Sol, G. (2017). Formulación y resistencia al envejecimiento de bioasfalto modificado que contiene un alto porcentaje de residuos de aceite de cocina. Fuel. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.06.155>
- Sun, Z., Yi, J., Huang, Y., Feng, D., & Guo, C. (2016). Properties of asphalt binder modified by bio-oil derived from waste cooking oil. Construction and Building Materials. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.173>

- Martínez Lobato E. (1998). Estudio de la integración de los medios informáticos en los currículos de educación infantil y primaria: sus implicaciones en la práctica educativa [Tesis doctoral] Universidad Complutense de Madrid.
- Thives, L. P., & Ghisi, E. (2017). Mezclas de asfalto y consumo de energía: una revisión. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.087>
- Valderrama Mendoza S. Jaimes Velásquez C. (2019). El desarrollo de la tesis: descriptiva – comparativa, correlacional y cuasi experimental. Editorial San Marcos.
- Wang, C., Xue, L., Xie, W., usted, Z., & Yang, X. (2018). Investigación de laboratorio sobre propiedades químicas y reológicas de ligantes de bioasfalto que incorporan aceite de cocina usado. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.038>
- Zhang, R., Wang, H., Gao, J., Tú, Z., & Yang, X. (2017). Rendimiento a alta temperatura del bioasfalto modificado con SBS. *Construction and Building Materials*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.103>
- Davila M. L., & Magaldi P.M. “Efecto del aceite reciclado de cocina sobre las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente md-19 (60-70)”. (2018). Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23400/1/Efecto-del-aceite-reciclado-de-cocina-sobre-las-propiedades-f%C3%ADsicas-y-mec%C3%A1nicas-de-MAC-MD-19-%2860-70%29.pdf>
- Padilla, A. (2004) “Mezclas Asfálticas Calientes (MAC)”. *Revista*, (3), 47-48. Recuperado, desde: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>
- Asphalt Institute (2014). “Asphalt Mix Design Methods”. Manual Series No.2 (MS-2).
- Asphalt Institute (2001). “HMA Construction”. Manual Series No.22 (MS-22).

- Alvarado A. A., & Ballarte B.N. “Factores Determinantes de las Exportaciones de Aceite De Palma: Tecnología, Capacitación y Calidad de la Región Ucayali durante El Periodo 2013-2018”. (2020). [Para optar el título profesional de Licenciado en Negocios Internacionales]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Repositorio institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652731>
- Martínez C.D. & Rincón M. S. (2009). Análisis de las Propiedades del Aceite de Palma en el Desarrollo de su Industria. Recuperado:
https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1432/1432&ved=2ahUKEwi8jqaYzuT2AhXRSjABHcyeD2wQFnoECAQQA&usg=AOvVaw1A9HAExvUT_lzmiHLv9j9G
- Dongo Valdivia J. H. “Proceso de extracción, purificación y refinación del aceite crudo de palma aceitera y obtención de productos derivados”. (2014). [Para optar el título de Ingeniero Industrial]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado desde:
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/13922?show=full>
- Peña Dueñas V. “Influencia de la cera orgánica (*Apis Mellifera*) en la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica WMA para climas fríos”. (2020). [Para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial]. Universidad de Piura. Repositorio institucional de la Universidad de Piura.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5448>
- Lopera Palacio C. “Diseño y Producción de Mezclas Asfálticas Tibias, a partir de la Mezcla de Asfalto y Aceite Crudo De Palma (*Elaeis Guineensis*)”. (2011). [Para optar el Grado de Máster en Ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte]. Universidad Nacional de Colombia. Repositorio institucional de la Universidad de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8751/15507009.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Usquiano I. & Villareal J. “Diseño De Una Mezcla Asfáltica Tibia Con Aceite Crudo De Palma”. (2016). [Para optar el Grado de Ingeniero Civil]. Universidad Señor de Sipán. Repositorio institucional de la Universidad Señor de Sipán.

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4229/Usquiano%20Tantalean%20-%20Villarreal%20Guimarey.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Balderas Reyes J. (18 de agosto, 2018) Tipos de Investigación. Disponible en Internet: <https://jose-mario-balderas-reyes-unadm.blogspot.com/2017/08/tiposdeinvestigacion.html>.

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	METODOLOGIA
<p>Título de la Investigación: “Propuesta de Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado con Aceite de Palma para la Reducción de Emisiones de Gases Contaminantes en la Construcción del Tramo de la Carretera Huánuco – La Unión 2021”</p>	<p>Problema general: ¿Qué material se adicionará en el diseño de la mezcla asfáltica para disminuir las emisiones de gases contaminantes generadas en la construcción de pavimentos asfálticos?</p> <p>Problema específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será la proporción adecuada del aceite de palma en la nueva mezcla modificada? • ¿Cuánto será el porcentaje de reducción de partículas de CO2 en el nuevo diseño de mezcla asfáltica? 	<p>Objetivo general: Reducir los gases contaminantes generados en la construcción de los pavimentos asfálticos convencionales mediante el diseño volumétrico de mezcla asfáltica modificado con aceite de palma.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la proporción adecuada del aceite de palma en la nueva mezcla modificada. • Estimar la reducción de partículas de CO2 en el nuevo diseño 	<p>Hipótesis general: La propuesta de la mezcla asfáltica modificada con aceite de palma disminuye las emisiones de gases contaminantes generados en la construcción de los pavimentos asfálticos del tramo de la carretera Huánuco- La Unión.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La proporción adecuada del aceite de palma como aditivo es de 0.5% de asfalto, de los agregados es 94% y del 	<p>Variable independiente: Mezcla asfáltica modificado con aceite de palma.</p> <p>Variable dependiente: Emisiones de</p>	<p>Contenido de Aceite de Palma en la Mezcla Asfáltica</p> <p>Contenido de la Mezcla Asfáltico Modificado</p> <p>Proporción de Gases Contaminantes</p>	<p>Porcentaje de aceite de palma en el aditivo modificado.</p> <p>Porcentaje de agregados y asfalto en la nueva mezcla asfáltica.</p> <p>Ensayos que determinan los parámetros de diseño mejoradas.</p> <p>Reducción de partículas de gases</p>	<p>*Balanza de precisión</p> <p>* Tamices</p> <p>*Termómetro digital infrarrojo con pistola de temperatura láser sin contacto</p> <p>* Método Marshall</p> <p>* Catálogo Técnico del fabricante</p> <p>* Normativa MTC</p> <p>* Formatos de registro para completar los datos de cada ensayo.</p> <p>* Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L</p>	<p>Nivel de Estudio: La investigación por su nivel característico es explicativo causal porque se tiene previsto demostrar la reducción de las partículas de Dióxido de Carbono. Asimismo, se expondrá las características y ventajas a comparación del pavimento modificado con el convencional. Por ello la investigación es Cuantitativa.</p> <p>Tipo de Estudio: Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, Por ello la investigación es Cuantitativa.</p> <p>Diseño de Investigación: Es cuasi-experimental y pre-experimental porque la aplicación del material alternativo a las infraestructuras viales brindará indicadores que medirán la temperatura, el Co2 y los parámetros de diseño, del cual, se manipulará la variable independiente. Por ello la investigación es Cuantitativa.</p> <p>Población y Selección de la Muestra La población que se considerará en esta investigación corresponde las 27 briquetas en</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Mejorará los parámetros de diseño de la mezcla de concreto bituminoso con la propuesta de diseño de mezcla asfáltica modificada? 	<p>de mezcla asfáltica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar si la propuesta de diseño mejora los parámetros de diseño de la mezcla de concreto bituminoso con la propuesta de diseño de mezcla asfáltica modificada. 	<p>asfalto es de 6% en la nueva mezcla modificada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La reducción de partículas de CO2 en el nuevo diseño de mezcla asfáltica es de 50% a comparación del diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo. • La propuesta de la mezcla asfáltica modificado con aceite de palma mejorará algunos parámetros de diseño según la norma EG 2013 frente al diseño de mezcla asfáltica patrón o sin aditivo. 	<p>gases contaminantes.</p>		<p>contaminantes (CO2) mediante un monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L</p>	<p>total elaboradas con asfalto PEN 85/100 y asfalto PEN 85/100 modificado con aceite de palma.</p> <p>Métodos, Técnicas e Instrumentos</p> <p>Técnicas</p> <p>La técnica consistirá primero en dar al laboratorio el agregado, asfalto y aceite de palma, seguido de ello se realizara los ensayos para los agregados, posteriormente se realiza el diseño de mezcla de la muestra patrón, de ello obtendremos el porcentaje optimo del asfalto y agregados que se usara en el diseño de mezcla modificado con aceite de palma, con el objetivo de determinar la variación de dióxido de carbono, el porcentaje optimo del aceite de palma y analizar su comportamiento frente a los parámetros de diseño.</p> <p>Instrumentos</p> <p><i>Fichas para los ensayos:</i> Los formatos del laboratorio, donde se muestran los resultados de los ensayos.</p> <p><i>Formatos de Observación:</i> Los formatos de registro, necesarios para la obtención de los resultados y diagnóstico de la realidad que se realizará con los respectivos equipos.</p>
--	---	---	--	-----------------------------	--	---	---

ANEXO 02. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
V. Independiente (x)	Mezcla asfáltica modificado con aceite de Palma	La palabra aceite es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que ésta. Son considerados menos complejos que las proteínas, ya que están formadas por triacilceroles, los cuales son compuestos relativamente simples (Juárez, 2007).	La mezcla asfáltica modificado por aceite de palma consiste que el aceite usará como un aditivo en la mezcla, que tendrá un porcentaje de 1 a 10% que brindará a los pavimentos asfálticos un alto rendimiento de forma directa e indirecta, actuará como rejuvenecedor de la resistencia de la mezcla a distintos porcentajes de grados de agregación. (Azahar et al. 2016)	Contenido aceite de palma en la mezcla asfáltica	Porcentaje de aceite de palma como aditivo modificado
				Contenido de la mezcla asfáltica modificada	Porcentaje de agregados y asfalto en la nueva mezcla asfáltica Ensayos que determinan los parámetros de diseño mejoradas
V. Dependiente (y)	Emisiones de gases contaminantes	Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provienen de la producción de la materia prima, transporte de mezcla de pavimentación, y la rodadura de mezcla de asfalto. Las emisiones de gases en la elaboración del asfalto están compuestas por moléculas de dióxido de carbono, benceno, tolueno y etilbenceno que aumenta a temperatura de 150°C a 200°C. (Lin, Hung, y Leng 2016)	Las emisiones de gases causados por la producción hasta la puesta en obra contienen más del 75% del peso de las partículas Pm están presentes en el aire; que algunos de ellos tienen la capacidad de adentrar a los órganos respiratorios, provocando de esta manera enfermedades. (Lin, Hung, y Leng 2016)	Proporción de gases contaminantes	Reducción de partículas de gases contaminantes (CO2) mediante un monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L Disminución de la temperatura de la puesta en obra del asfalto

ANEXO 03. PRUEBA DE VALIDEZ DE CONTENIDO MEDIANTE EXPERTOS

PRUEBA DE VALIDEZ DE CONTENIDO MEDIANTE EXPERTOS

Calificar con 1,2,3, 4 según los criterios de evaluación

Dimensiones	Instrumento	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Contenido de mezcla asfáltica modificado	Ficha de laboratorio que indica el porcentaje óptimo de los agregados finos				
	Ficha de laboratorio que indica el porcentaje óptimo de los agregados gruesos				
	Ficha de laboratorio que indica el porcentaje óptimo del asfalto				
Contenido de aditivo asfáltico modificado	Ficha de laboratorio que indica el porcentaje óptimo del aditivo modificado				
Proporción de gases contaminantes	Resultados que indican la cantidad de dióxido de carbono en la muestra patrón - Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L				
	Resultados que indican la cantidad de dióxido de carbono en la muestra patrón - Monitor de calidad de aire con Datalogger, CO2, temperatura y humedad, YEM-40L				

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado

si()

No()

ANEXO 04. VALIDACIÓN POR JUECES O EXPERTOS
VALIDACIÓN POR JUECES O EXPERTOS

Hoja de instrucciones para la evaluación

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN	INDICADOR
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión
	2. Bajo nivel	El ítem tiene una alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide este
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que están midiendo	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión
	2. Bajo nivel	El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión
	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo
	4. Alto nivel	El ítem tiene relación lógica con la dimensión
SUFICIENCIA Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta.	1. No cumple con el criterio	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión
	2. Bajo nivel	Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total
	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente
	4. Alto nivel	Los ítems son suficientes
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, sus sintácticas y semánticas son adecuadas	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro
	2. Bajo nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras que utilizan de acuerdo a su significado o por la ordenación de los mismos
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos términos de ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada

ANEXO 06. CERTIFICADO DEL INACAL



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Mariscal Castilla N°3950, distrito del El Tambo, provincia de Huancayo y departamento de Junín..

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración*

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 17 de agosto de 2019

Fecha de Vencimiento: 16 de agosto de 2022



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRÍA
Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2021-05-17 16:36:51
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRÍA
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Cédula N° : 635-2019/INACAL-DA

Contrato N° : 028-2019/INACAL-DA

Registro N° : LE - 141

Fecha de emisión: 07 de mayo de 2021

*La acreditación con la NTP-ISO/IEC 17025:2017 inicia a partir del 05 de mayo de 2021, según Cédula de Notificación N° 206-2021-INACAL/DA.

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

ANEXO 07. CONSENTIMIENTO INFORMADO**CONSENTIMIENTO INFORMADO****TÍTULO DE LA INVESTIGACION:**

Yo _____
identificado con DNI _____ y en pleno uso de mis facultades mentales
acepto participar en la presente investigación habiendo sido informado previamente.

1. La información obtenida será de carácter confidencial, siendo usada exclusivamente para la investigación mencionada, no generándome perjuicio de ningún tipo para mi persona.
2. Puedo retirarme de la investigación durante su desarrollo si así lo considerase conveniente.

Huánuco _____ de _____ de 2020

Apellidos y Nombres

Tesisista

ANEXO 08. ENSAYOS DEL AGREGADO FINO



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO
INFORME

EXPEDIENTE N° : 184-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PUJICO CORNEJO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pujico2216@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (181 302608.00 m E 8951762.00 m S) hasta Km 342+300 (181 302607.00 m E 8951582.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

CÓDIGO DE TRABAJO: P-15F-2021

A. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: AGREGADO FINO Norma: MTC E 205 PÁG 1 DE 2
 Procedencia: CARTEA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO Muestra: M-1

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA FIDUA	151,51
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIDUA	651,51
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIDUA + PESO DEL AGUA	961,07
PESO DEL AGUA	310,56
PESO DE LA ARENA SECA	490,31
VOLUMEN DE LA FIDUA	500,00
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2,58
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,63
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1,96%

B. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: AGREGADO FINO Norma: MTC E 205
 Procedencia: CARTEA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO Muestra: M-1

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA FIDUA	151,5
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIDUA	651,5
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIDUA + PESO DEL AGUA	961,06
PESO DEL AGUA	310,56
PESO DE LA ARENA SECA	490,20
VOLUMEN DE LA FIDUA	500,00
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2,58
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,63
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	2,00%

PROMEDIO DE GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2,58	2,58	2,58
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,63	2,63	2,63
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,72	2,72	2,72
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1,96%	2,00%	1,99%

HC-AP-013 REV.02 FECHA: 2021/09/11

OBSERVACION: Muestra recibida por el Peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CUENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIERO EN CIENCIAS CONTADORAS Y ADMINISTRATIVAS
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 181-34468



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DR-15

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS**

INFORME

IMPUREZAS ORGÁNICAS MTC E 213-2016

EXPEDIENTE N° : 183-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARJELENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (16L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (16L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)
MTC E 213 - 2016**

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
 MUESTRA : M-1
 UBICACIÓN : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGÁNICA N°
5	1
9	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADO EN LA PLACA ORGÁNICA N° : **1**

HC-AP-015 REV.02 FECHA: 2021/09/13

CONDICIONES AMBIENTALES

Fecha de ensayo : 2021-08-18
 Temperatura Ambiente : 23,6°C
 Humedad relativa : 40 %

MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD. LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIERO EN CIENCIAS EMPRESARIALES
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duñán
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70445

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPH

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

EXPEDIENTE N° : 182-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
 OBRA : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUANUCO - LA UNION, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO DE ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS
 (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)
 MTC E 220 -2012**

CODIGO DE TRABAJO : P-156-2021
 MUESTRA : M-1
 UBICACIÓN : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

RESULTADO ADHESIVIDAD 9

Molaridad	G de Na ₂ CO ₃ /l disolución
M/256	0,414
M/128	0,828
M/64	1,656
M/32	3,312
M/16	6,625
M/8	13,25
M/4	26,5
M/2	53,0
M/1	106,0

HC-AP-015 REV.02 FECHA: 2021/09/11

OBSERVACION : Muestra remitida por el peticionario.
 - NO SE UTILIZÓ ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/00M: 1999)

INGENIEROS CENTAURO INGENIEROS SAC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Ducas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 10462

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPH
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N°	: 180-2021-AP
PETICIONARIO	: BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA
ATENCIÓN	: CUEVA
CONTACTO DE PETICIONARIO	: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN
	: pulido2226@gmail.com
OBRA	: "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
UBICACIÓN	: CARRETERA HUANUCO - LA UNION, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17 DE AGOSTO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN	: 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021
CÓDIGO	: NTP 339.146:2000
TÍTULO	: SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ	: CTN 005: Geotecnia
TÍTULO (EN)	: Soils. Standard test method for sand equivalen value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

CÓDIGO DE TRABAJO	: P-156-2021
MUESTRA	: M-1
UBICACIÓN	: CANTERA DE PILCOMAYO, UBJCADA EN HUANCAYO

EQUIVALENTE DE ARENA : 41 %

$$Equivalente\ de\ arena\ (EA) = \frac{lectura\ de\ arena}{lectura\ de\ arcilla} \times 100$$

CONDICIONES AMBIENTALES

Fecha de ensayo	: 2021-08-20
Temperatura Ambiente	: 15,6 °C
Humedad relativa	: 39%

Observación: Muestra e identificación realizado por el Peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CUENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AP-008 REV.02 FECHA: 2021/09/11



INGENIERO EN CIENCIAS INGENIERIA INDUSTRIAL
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Luis Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 70489



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, CPT, DPM

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 177-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
 OBRA : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km. 342+000 (18L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

CÓDIGO : NTP 400.016:2011
 TÍTULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 5a. ed.
 COMITÉ : CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
 TÍTULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: ANÁLISIS CUANTITATIVO MTC E209 - 2016

SULFATO DE MAGNESIO

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
 CANTERA : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO
 MUESTRA : M-1

					PERDIDAS (%):	7.469
FRACCIÓN		1	2	3	4	5
PASA	RETIENE	GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fracción Ensayada (g)	Peso Retenido después del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	23.94	100	95.71	4.29	1.027
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8")	23.29	100	95.20	4.80	1.118
2.36 mm (N° 8")	1.18mm (N° 16")	6.63	100	94.51	5.49	0.364
1.18mm (N° 16")	600 um (N° 30")	12.65	100	90.34	9.66	1.221
600 um (N° 30")	300 um (N° 50")	33.49	100	68.83	11.17	3.739
300 um (N° 50")	150 um (N° 100)	0.00	-	-	-	-
150 um (N° 100)		0.00	-	-	-	-
TOTALES		100				7.469

HC-AP-003 REV.02 FECHA: 2021/09/11

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN REALIZADO POR EL PETICIONARIO

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD | SOLO PERIÓDICO INDECOPI: 02-204-1882

[Firma manuscrita]
 JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 10485



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPH
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DE MUESTRAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

DETALLE DE ENSAYO

EXPEDIENTE N°	: 007-2021-AP
PETICIONARIO	: BACH. ROY OSCAR FELIX CORNEJO / BACH. SHERLEY MARILENA ALVARGA CUEVA
ATENCIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL HERNANDO VALDEAN
CONTACTO DE PETICIONARIO	: ralmag225@gmail.com
OBRA	: PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE EMISORAS DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUANCAYO - LA UNIÓN 2021
UBICACIÓN	: CARRETERA HUANCAYO - LA UNIÓN, TRAMO 1 desde la progresiva PE 39.5x 342+000 (38.30000.00 m E 6501702.00 m S) hasta la 342+100 (38.30000.00 m E 6531682.00 m S)
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17 DE AGOSTO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN	: 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

MÉTODO:

NI 1 953.129.2000 (revisada el 2010) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

LÍMITE DE ATTERBERG PASANTE POR LA MALLA 200 - MÉTODO MULTIPUNTO

CÓDIGO DE TRABAJO:	P-196-2021	CANTERA:	M-1
FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	20/06/2021	UBICACIÓN:	CANTERA DE FELCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO
FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO:	20/06/2021	MUESTRA:	MUESTRA DE AGREGADO FINO EN 4 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 40 kg

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
USO/NO	1	2	3	4	1	2
TAMAÑO	A-27	U-17	U-4	U-7	U-1	U-3
PESO DE TARA + SUELO HÚMEDO (g)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO SECO (g)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA (g)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARA (g)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO (g)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NÚMERO DE GOLPES						



RESULTADOS DE ENSAYOS						
LÍMITE LÍQUIDO (LI)			N.P.			
LÍMITE PLÁSTICO (LP)			N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)			N.P.			

10	20	30	40	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

NOVEDADES: NINGUNA (001/20/21)

CONDICIONES DE EMISIÓN:

TÉRMINO DE EMISIÓN: 128 DÍAS

IMPORTE DE EMISIÓN: 10%

MUESTRA RECHAZADA POR EL PETICIONARIO

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, PROCEDENCIA DE LA MUESTRA.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE NI REPROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBERÁN UTILIZARSE COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ANÁLISIS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

JEFE DE LABORATORIO

 Ing. Victor Peña Dueñas

 INGENIERO CIVIL

 CIP. 70468



Informe de ensayo con valor oficial

Registro INACAL: 141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

MÉTODO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 182-2021-NP
 PETICIONARIO : EICHEN PERU OSCAR PUERTO CORNEJO / EICHEN SHIRLEY MARILENE VALDEOLA QUITAN
 ATRIBUCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMOSO VALLEJO
 CONTACTO DE PETICIONARIO : puertocornejo@unh.edu.pe
 OBRA : PROYECTO DE OBRAS ASFÁLTICAS EN CADENTE MANTENIMIENTO CON ACERTE DE PRIMAS PARA LA PROMOCIÓN DE PASADIZOS DE GRASA CON TAMPANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUANCAYO – LA UNIÓN 2001*
 UBICACIÓN : EXPOSTER HUANCAYO - LA UNIÓN, TRAMO I, desde la programación PE 25.0 m 340+000 (28.300615.00 m E 9932762.00 m S) hasta km 342+100 (29.329637.00 m E 9931810.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DE 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

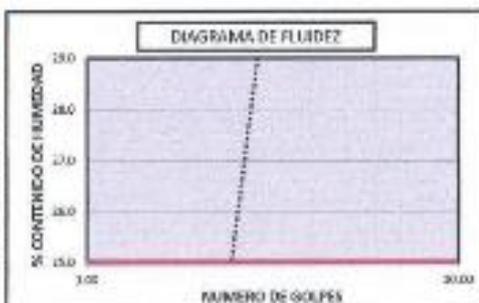
MÉTODO

MTF 518.318-1996 (revisado el 2018) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de arcillas

LÍMITE DE ATTERBERG PASANTE POR LA MALLA 40 - MÉTODO MULTIPUNTOS

CÓDIGO DE TRABAJO: P-196-2021 CANTERA: N-1
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 20/06/2021 UBICACIÓN: CANTERA DE FELCONAYO, UBICADA EN HUANCAYO
 FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO : 20/06/2021 MUESTRA: MUESTRA DE AGREGADO F130 EN 4 COSTALES DE COLOR BLANCO, CON UN PESO DE 40 kg

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		Índice de Plasticidad
	1	2	3	4	
ENSAYO No:	1	2	3	4	5
TARRO	L-35	L-33	P-32	P-38	L-38
PESO DE TARRA + SUELO HUMEDO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARRA + SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARRA g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO g.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD %	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NÚMERO DE GOLPES					



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	N.P.

10	20	40	60	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

HL-05-017 RPV/02 FECHA: 2021/09/11

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE : 19,7 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 76%

MUESTRA IDENTIFICADA POR EL PETICIONARIO

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATRIBUCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, PROCEDENCIA DE LA MUESTRA.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS RESULTADOS FUNDAMENTALES SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

(Firma manuscrita)
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Paredes
 Ingeiero Civil
 CIP-70415

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 185-2021-AP
PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA
 CUEVA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
UBICACIÓN : CARRETERA HUANUCO - LA UNION, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

SALES SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152 REV. 2015

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
CALICATA : M-1
UBICACIÓN : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

CONTENIDO :	0.22%
--------------------	--------------

CONTENIDO :	2178
--------------------	-------------

ppm

HC-AP-006 REV.02 FECHA: 2021/09/31

CONDICIONES AMBIENTALES

Fecha de ensayo : 2021-08-20
 Temperatura Ambiente : 29,8 °C
 Humedad relativa : 32 %

MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.



INGENIERO CIVIL CONIARIO MEXICANO CAL
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Pena Duenna
 INGENIERO CIVIL
 CP. 70880

ANEXO 09. GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO PARA MAC 2



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS

N° EXPEDIENTE : 385-2020-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNEJO / BACH. SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILLO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido222@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (38L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (38L 309907.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

GRANULOMETRÍA

SEGÚN HUSOS GRANULOMÉTRICOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA NORMAL (MAC 2)

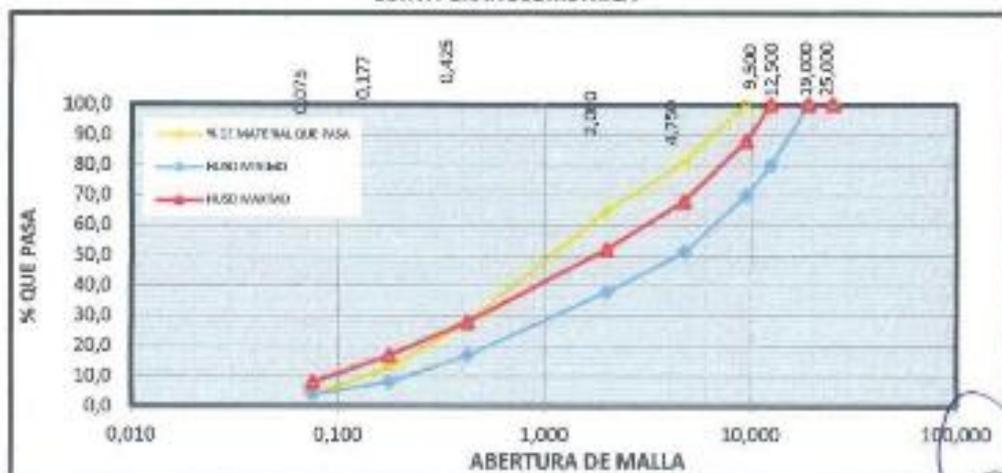
NORMATIVA EG 2013 - PERU

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO : P-156-2020 CANTERA : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

MUESTRA : M-1 TIPO DE AGREGADO : AGREGADO FINO

PESO INICIAL SECO: 790,00							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA MÍNIMO	% QUE PASA MÁXIMO	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO (G)	% ACUMULADO	
						RETENIDO	QUE PASA
1"	25,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	80	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	70	85	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	51	68	150,00	18,99	18,99	81,01
N° 10	2,000	38	51	150,00	18,99	35,41	64,59
N° 40	0,425	17	28	290,00	36,71	72,15	27,85
N° 80	0,177	8	17	120,00	15,19	87,34	12,66
N° 200	0,075	4	8	70,00	8,86	96,20	3,80
FONDO				30,00	3,80	100,00	0,00
TOTAL				790,00	100,00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



HC-AP-011 REV.02 FECHA: 2021/09/11

OBSERVACION : Muestra recibida por el Peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

[Firma manuscrita]
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. V. Peña Buena
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70468

ANEXO 10. ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO



SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DR4S
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DE MUESTRAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO
INFORME

EXPEDIENTE N° : 184-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARILENA ALMAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO II: desde la progresma PE 3R Km 342+000 (URL 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 347+000 (URL 309607.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

CÓDIGO DE TRABAJO: P-156-2021

A. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: AGREGADO GRUESO Norma: NTC E 206 Pág 2 DE 2
 Procedencia: CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO Muestra: M-2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	6809
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	5377
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1223
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	4254
PESO DE LA MUESTRA SECA	6747
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2,64
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,66
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,71
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0,92%

B. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: AGREGADO GRUESO Norma: NTC E 206
 Procedencia: CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO Muestra: M-2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	6820
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	5375,9
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1223
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	4253,8
PESO DE LA MUESTRA SECA	6747
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2,64
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,66
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,71
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0,92%

PROMEDIO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	A	B	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2,64	2,66	2,64
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO	2,66	2,66	2,66
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,71	2,71	2,71
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0,92%	0,92%	0,92%

HC-AP-017 REV.02 FECHA: 2021/09/11

OBSERVACION: Muestra remitida por el Peticionario.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCCIÓN O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

(Firma manuscrita)
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Durán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AUREADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, OPH8
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

IMPUREZAS ORGÁNICAS MTC E 213-2016

EXPEDIENTE N° : 182-2021-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARCELENA ALIACA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUANUCO - LA UNIÓN, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309606.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SETIEMBRE DEL 2021

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)
MTC E 213 - 2016

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
 MUESTRA : M-2
 UBICACIÓN : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

COLOR GARDNER ESTANDAR N°	PLACA ORGÁNICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADO EN LA PLACA ORGÁNICA N° : **1-2**

HC-AP-016 REV.02 FECHA: 2021/09/11

CONDICIONES AMBIENTALES

Fecha de ensayo : 2021-09-18
 Temperatura Ambiente : 25,7 °C
 Humedad relativa : 32%

MUESTRO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD. LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

(Firma manuscrita)
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor J. ...
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN ADREDAOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPERIENTE N° : 173-2021-A7
 PROYECTO : DAD - ROY OSCAR PULIDO CORNEJO / RACH - SHIRLEY MARILENA ALVARGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HUANCAYO
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido223@gmail.com
 OBRA : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUARUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUARUCO - LA UNIÓN, TRAMO I desde la progresiva PE EN Km 342+000 (28.300826/00 m E 0031762.00 m S) hasta Km 343+100 (28.3060700 m E 0031662.00 m S)
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

CÓDIGO : NTP 400.016 (2011)
 TÍTULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
 CÓDIGO : CTR 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
 TÍTULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: ANALISIS CUANTITATIVO - MTC E 209-2016 NTP 400.016

SULFATO DE MAGNESIO

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
 CANTERA : CANTERA DE PUCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO
 MUESTRA : M-2

FRACCIÓN						PERDIDAS (%)		
PASA	RETENE	GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fracción Crasada (g)	N° de Partículas	Peso Residuo después del ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %	N° de Partículas
60 mm (2 1/2")	50 mm (2")	-	-	-	-	-	-	-
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	0.00	-	17	-	-	-	-
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	0.00	-	22	-	-	-	-
25 mm (1")	19 mm (3/4")	52.88	1501	145	1485.77	2.173	1.140	99
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	35.77	931	172	632.05	2.895	1.035	-
12.5 mm (1/2")	8.5 mm (3/8")	11.37	331	677	325.87	1.490	0.169	-
8.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	0.00	-	715	-	-	-	-
TOTALES		100	2483		2426.69		2.354	

ANÁLISIS CUALITATIVO	NÚMERO DE PARTÍCULAS DESPUES DEL ENSAYO - SULFATO DE MAGNESIO						
	CICLO	N° DE PARTÍCULAS PREENSAYO	EN BUEN ESTADO	RAJADAS	DESMORONADA	FRACTURADA	ASTILLADA
1	1	-	-	-	-	-	-
	2	99	90	5	-	2	-
	3						
	4						
	5						

FRACCIÓN 1: 75 mm - 20 mm
 FRACCIÓN 2: 20 mm - 7.5 mm
 FRACCIÓN 3: 7.5 mm - 4.75 mm
 FRACCIÓN 4: 4.75 mm - 2.5 mm
 MUESTRA CUALITATIVA EN NUMEROS POR SU IDENTIFICACIÓN

EL PRESENTE DOCUMENTO DEBE SER REVISADO EN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO, SIENDO QUE LA RESPONSABILIDAD DEL RESULTADO, CORRESPONDE ÚNICAMENTE AL CLIENTE.

HC-AP-004 REV.02 FECHA: 2021/09/11

JEFE DE LABORATORIO
 DR. Víctor Hugo Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 10469

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 188-2021-AP
PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARTELENA ALIAGA
 : CUEVA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2226@gmail.com
PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
UBICACIÓN : CARRETERA HUANUCO - LA UNION, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309608.00 m E 8931782.00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607.00 m E 8931682.00 m S)
FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

SALES SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152 REV. 2015

CÓDIGO DE TRABAJO : P-156-2021
CALICATA : M-2
UBICACIÓN : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

CONTENIDO : 0,09%

CONTENIDO : 921 ppm

HC AP 006 REV.02 FECHA: 2021/09/11

CONDICIONES AMBIENTALES

Fecha de ensayo : 2021-09-16
 Temperatura Ambiente : 20,7 °C
 Humedad relativa : 36 %

MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBERN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Duedes
 INGENIERO CIVIL
 CIR. 10489

ANEXO 11. GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO PARA MAC 2

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN NUNAMANTAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

N° EXPEDIENTE : 190-2020-AP
 PETICIONARIO : BACH. ROY OSCAR PULIDO CORNELIO / BACH. SHIRLEY MARILENA ALIAGA CUEVA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
 CONTACTO DE PETICIONARIO : pulido2220@gmail.com
 PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN 2021"
 UBICACIÓN : CARRETERA HUÁNUCO - LA UNIÓN, TRAMO I: desde la progresiva PE 3N Km 342+000 (18L 309608,00 m E 8931782,00 m S) hasta Km 342+100 (18L 309607,00 m E 8931682,00 m S)
 FECHA DE INGRESO : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

GRANULOMETRÍA

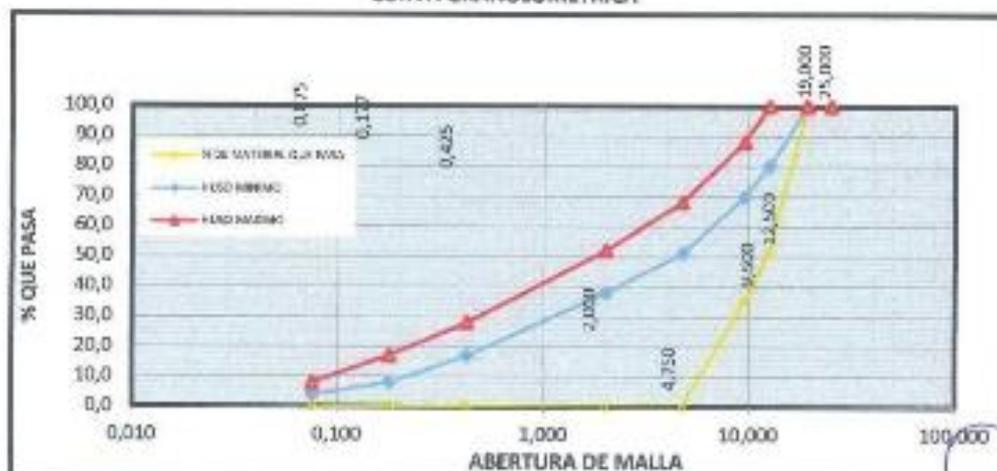
SEGÚN HUSOS GRANULOMÉTRICOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA NORMAL (MAC 2)
 NORMATIVA EG 2013 - PERU

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO : P-155-2020 CANTERA : CANTERA DE PILCOMAYO, UBICADA EN HUANCAYO

MUESTRA : M-2 TIPO DE AGREGADO : AGREGADO GRUESO

PESO INICIAL SECO: 3080,00							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA MÍNIMO	% QUE PASA MÁXIMO	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO (g)	% ACUMULADO	
						RETENIDO	QUE PASA
1"	25,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
5/4"	19,000	100	100	0,00	0,00	0,00	100,00
3/2"	12,500	80	100	1500,00	48,70	48,70	51,30
3/8"	9,500	70	88	500,00	16,23	64,94	35,06
N° 4	4,750	51	68	1080,00	35,06	100,00	0,00
N° 10	2,000	38	52	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 40	0,425	17	28	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 80	0,177	8	17	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	4	8	0,00	0,00	100,00	0,00
FONDO				0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL				3080,00	100,00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



HC-AP-011 REV.02 FECHA: 2021/09/13

OBSERVACION : Muestra recibida por el Peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA PARA SU TOTALIDAD.

INGENIERO CIVIL ESPECIALIZADO EN VIALERÍA Y AC
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Perea Alencas
 INGENIERO CIVIL
 SPT 71049

ANEXO 12. ENSAYO MARSHALL SIN ADITIVO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS



- SERVICIOS DE:**
- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- SERVICIOS DE:**
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACTOS Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU
- Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI**
- LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS**

EXPERIMENTE N° : 1742.2021-AP
 PETICIONARIO : RAON, ROY ORLANDO SUELO CONCRETO / SACHA SHELLEY NABELENA ALVARGA C.R.I.V.A.
 ATENCION : INSTITUCION NACIONAL SEMEJILLO VALCADA
 OBRA : TRIBUTUACION DE DISEÑO ASFALTICA EN CALIENTE ANFIBOLICO DIVISION DE PUQUAYO PARA LA REDUCCION DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCION DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUANCAYO - LA PUERTA 2021
 UBICACION : CARRETERA HUANCAYO - LA PUERTA, TRAMO I, desde la empresa PE AN EN 542 +000 (DEL 920608.00 m E 8021702.00 m S) hasta en 504+100 (108 304007.00 m E 8811062.00 m S)
 FECHA DE RECEPCION : 17 DE AGOSTO DE 2021
 FECHA DE EMISION : 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

Método : M458-HLL
 Capa : RODADURA
 Mezcla : M4C-2
 Tipo Análisis : ASFALTO PEN 85-100

PARA DISEÑAR OPTIMO DE ASFALTO SIN ADITIVO
 (75 golpes por cara)
 Fracción en Japic
 Compactación 100-20%

MEZCLA ASFALTICA MAC-2

FORMULA DE TRABAJO - PARA PREPARAR PROBETAS LABORATORIO

FECHA PREP. MATER.	Densificación 1			Densificación 2			Densificación 3			Densificación 4		
	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	5/07/2021	
cm3, Osmo 100 mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Un. Alifera	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	
Electricidad [V]	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
Compactación (%)	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	
Masa mezcla 1 proba [gr.]	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	3100.0	
Masa total Agregados [gr.]	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	
Masa Inv. pórtido % [gr.]	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	

Cantidad de probetas	Agregado	Castores	Formula para laboratorio [g]	Masa para ensayos [g]			Masa para ensayos [g]			Masa para ensayos [g]		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
AGREGADO GRUESO - UNICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)	30.0%	CARRETERA DE PUQUAYO, UNICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)	60.0%	345.8	345.0	345.3	345.3	345.4	345.6	345.3	345.6	345.8
				345.8	345.0	345.3	345.3	345.4	345.6	345.3	345.6	345.8
				345.8	345.0	345.3	345.3	345.4	345.6	345.3	345.6	345.8
AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	5.0%	FILAS DE AGOSTO	100.0%	57.5	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
				57.5	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
				57.5	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
Total Aridos	35.0%	CARRETERA DE PUQUAYO, UNICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)	60.0%	403.3	402.0	402.3	402.3	402.4	402.6	402.3	402.6	402.8
				403.3	402.0	402.3	402.3	402.4	402.6	402.3	402.6	402.8
				403.3	402.0	402.3	402.3	402.4	402.6	402.3	402.6	402.8
Masa de anillo [gr.]	40.0%	FILAS DE AGOSTO	100.0%	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
				80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
				80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0

INGENIERO CIVIL - TECN. 2001000005

DECLARACION: Manifiesto veracidad de los datos.
 EL REGISTRO DE MARCAS Y SERVICIO DE INDECOPI CON RESOLUCION Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

- SERVICIOS DE:**
- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGRÉGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN PIEDRAS
 - ENSAYOS DÍMICOES EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, CPT, DPHS

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con Resolución Nº 00134425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI



- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIONES DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPERIENTE N° : 342-3003-AP
 PETICIONARIO : RACH, ROY COCOP F.L. DO COMUELO / INCA, SHELBY ANABELLA ALVARA CUEVA
 AGENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL HUANUCO VALCAYO
 OBJETO : TROQUEL DE DISEÑO ASFALTICA EN CALIENTE PARA HACER TROQUEL DE PALIVA PARA LA REDUCCION DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCION DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUANCAYO - LA UNION 2021
 UBICACION : CARRETERA HUANCAYO - LA UNION, TRAMO : zona la progreña PE. IN EN SECCION 108, 95+900.00 + 6 003.250.00 m. 2 hasta Em 20+400 (Lote 108+20.00) m. 2
 FECHA DE RECEPCION : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISION : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**GRANULOMETRÍA
 SEGÚN HUSO MEZCLAS ASFALTICAS MAC-2
 NORMATIVA - EG2013 PERU**

FORMA 118 13

CANTERA : CANTERA DE HUANCAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO GRUESO)
 TIPO DE AGRÉGADO : AGRÉGADO GRUESO - PIEDRA CHAMCADA 1/2"
 MUESTRA : 1/1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGRÉGADO GRUESO		
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE PASANTE
11.75	25.00	2.00	2.00	34.63 10
14.75	38.00	2.00	2.00	34.63 10
19.00	12.50	100.00	100.00	1682 10
25.00	9.50	653.15	2000.00	1000 10
37.50	6.75	900.00	3000.00	0.00
47.50	5.00	2.00	3000.00	0.00
60.00	3.75	2.00	3000.00	0.00
75.00	3.00	2.00	3000.00	0.00
90.00	2.50	2.00	3000.00	0.00
105.00	2.00	2.00	3000.00	0.00
120.00	1.75	2.00	3000.00	0.00
PASA 200		2.00	3000.00	0.00
PESO TOTAL		3000.00		

FECHA DE RECEPCION : 17 DE AGOSTO DEL 2021
 OPERACION : Muestra recibida por el peticionario.

CANTERA : CANTERA DE HUANCAYO, UBICADA EN HUANCAYO (AGREGADO FINO)
 TIPO DE AGRÉGADO : AGRÉGADO FINO - ARENA GRUESA
 MUESTRA : 1/1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGRÉGADO FINO		
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE PASANTE
2.00	75.00	0.00	0.00	790.93
2.50	75.00	0.00	0.00	790.93
3.00	75.00	0.00	0.00	790.93
3.75	75.00	0.00	0.00	790.93
4.75	75.00	100.00	200.00	54.09
6.00	75.00	100.00	200.00	54.09
7.50	75.00	200.00	300.00	200.00
9.00	75.00	200.00	300.00	200.00
10.50	75.00	200.00	300.00	200.00
12.00	75.00	200.00	300.00	200.00
13.50	75.00	200.00	300.00	200.00
15.00	75.00	200.00	300.00	200.00
17.50	75.00	200.00	300.00	200.00
20.00	75.00	200.00	300.00	200.00
PASA 200		200.00	700.00	0.00
PESO TOTAL		700.00		

RECIBIDA POR EL PETICIONARIO
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. VICTOR ANTONIO CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 EPS 30818

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS



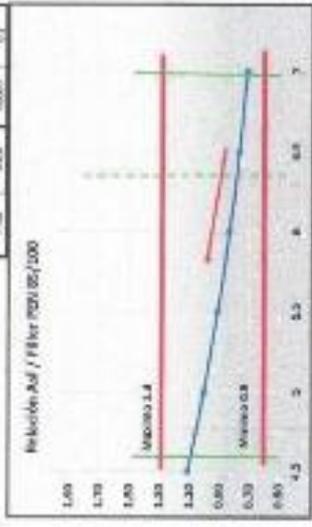
SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN ADMESADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRAICION DE MUESTRAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRAICION Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTAL.

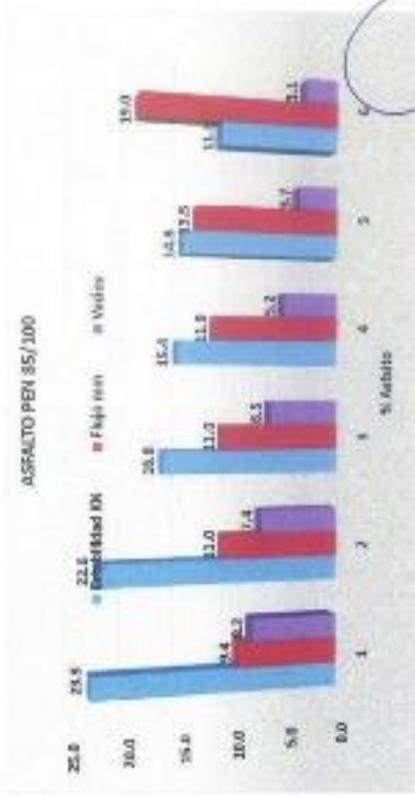
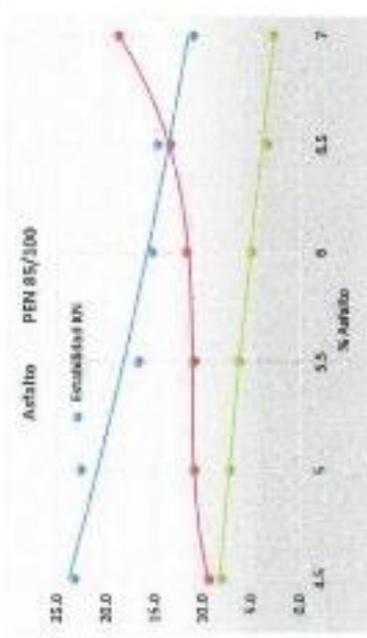
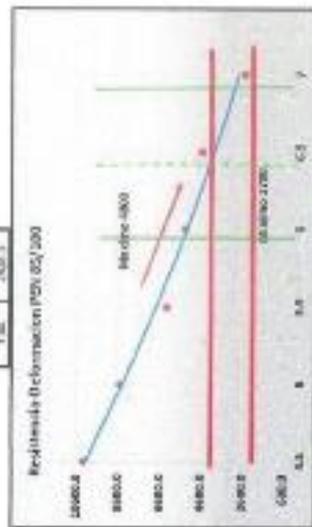
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019 -/OSD-INDECOPI

Nº de Prueba	Alfa	Rel. Hum.	Cap. Ret.
1.1	81.5	65	1.1
1.2	80.5	60	1.0
1.3	83.5	68.00	1.0
1.4	72.8	68.00	1.0
1.5	73.8	68.00	1.0
1.6	81.8	68.00	1.0



Nº de Prueba	Flujo (mm)	Rel. Hum.
1.1	25.3	64
1.2	22.8	59
1.3	28.8	68
1.4	22.0	68
1.5	24.4	68
1.6	23.2	68

Nº de Prueba	Flujo (mm)
1.1	25.3
1.2	22.8
1.3	28.8
1.4	22.0
1.5	24.4
1.6	23.2



INFORME Nº 00114425 - 2019 - OSO - INDECOPI
 OBJETIVO: Realizar servicios de perfiles
 A. SERVICIO: Realizar servicios de perfiles en los niveles de los suelos de la zona de estudio para determinar el tipo de suelo y la capacidad de carga.

GRUPO CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Polva Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 70468

ANEXO 13. ENSAYO MARSHALL CON ADITIVO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

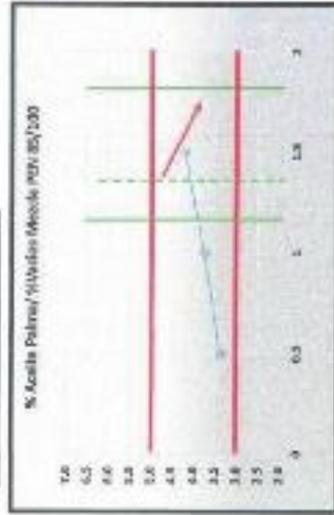
- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN MORTAR
- ENSAYOS OJUNCO EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPLS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTECNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTECNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN DUTOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114825 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI



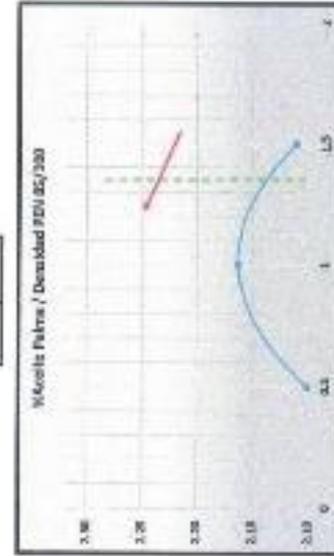
ENSAYO MARSHALL (ASTM D-1655)

N.º Palmas	Tráfico vehicular
0.5	0.4
1	0.6
1.5	0.8



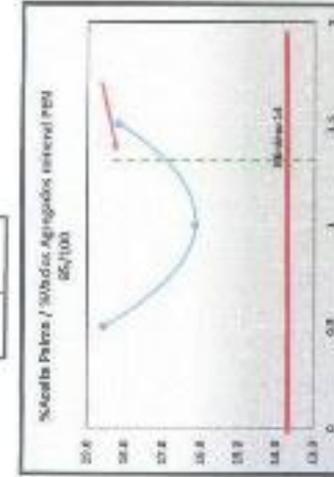
N.º Palmas	Tráfico Vehicular en promedio, %P
0.5	0.4
1	0.6
1.5	0.8

N.º Palmas	Densidad
0.5	2.051
1	2.070
1.5	2.113

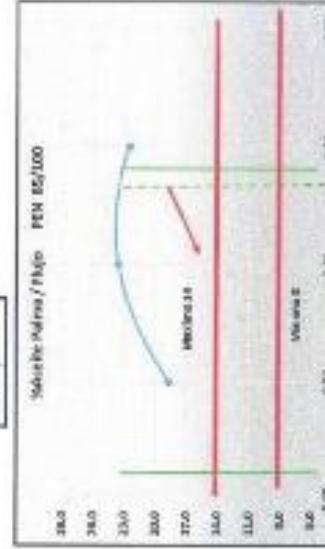
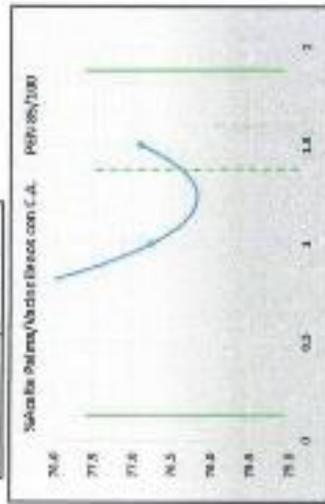


N.º Palmas	Medio
0.5	0.7
1	0.5
1.5	0.5

N.º Palmas	Medio en MORTAR (Medio Voz)
0.5	0.8
1	0.7
1.5	1.3



N.º Palmas	Fracturas
0.5	10.0
1	13.0
1.5	0.7



ENCARGO Nº 018 / 2019 / 010000

CONTRATOS Y SERVICIOS EN GENERAL

EL PRECISE ENVIADO POR CORREO ELECTRONICO DE LA COMISIÓN NACIONAL DE DEFENSA DEL CONSUMIDOR (CONAD) Nº 018/2019/01000001

ING. VICTOR FLORES DUCOBAS
JEFE DE LABORATORIO

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauro Ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Av. Mariscal Castilla Nº 3050 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Tel. 064 - 253727 Cel. 992875960 - 964483388 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com

SERVICIOS DE: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

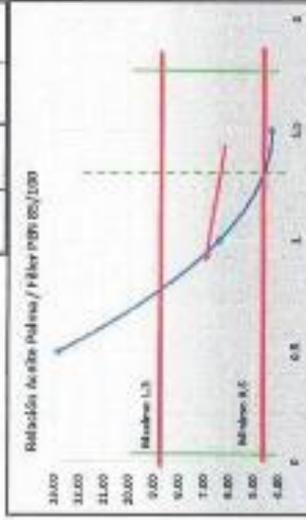


- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN ABRIGANDOS PARA CONCRETO Y ASPHALTO
- ENSAYOS EN SOCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DP, ... OPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DINAMÉTRICAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASPHALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTI

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114025 con Resolución N° 007184-2019 /DSD-INDECOPI

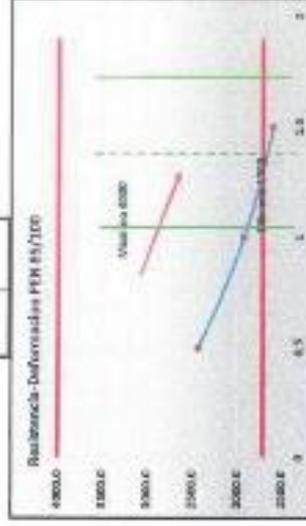
ENSAJO MARSHALL (ASTM D-1698)

N.º de Pánel	USAP	F. Líq. (%)	Rel. Líq. (%)
0.5	0.4	0.0	17.9
1	0.4	0.0	3.4
2.5	0.4	0.0	4.3



USAP	Clasificación	Pen. (mm)	Viscosidad
0.5	0.5	0.05	3.4
1	0.5	0.07	3.8
2.5	0.7	0.12	4.3

N.º de Pánel	Rel. Líq. (%)
0.5	20.5
1	4.4
2.5	10.3



INFORME N° 00114025

CENTAURO INGENIEROS S.A. SUCURSAL EN HUANCAYO - JUNÍN (FRENTE A LA PUERTA DE LA U.N.C.P.) TELF. 064 - 253727 Cel. 992875800 - 964403568 - 964968015

JEFES DE LABORATORIO
 Ing. Víctor Polo Duchêne
 Ingeniero Civil
 CIP. 10469

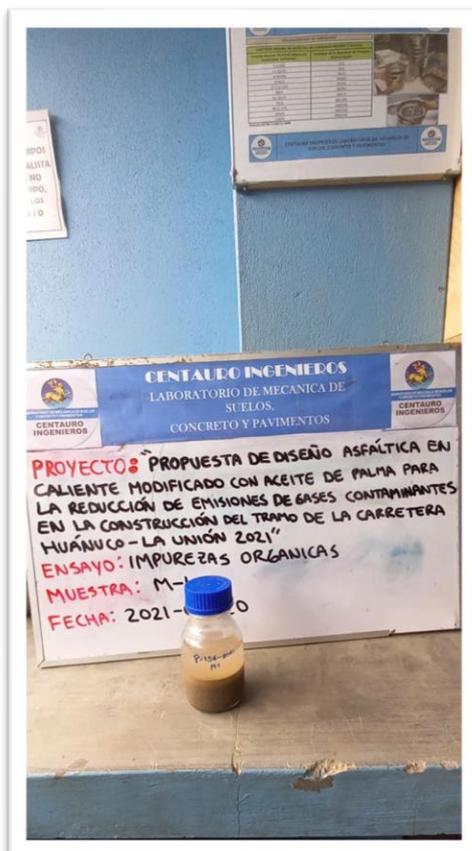
ANEXO 14. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: Ensayo de Peso Específico en los agregados



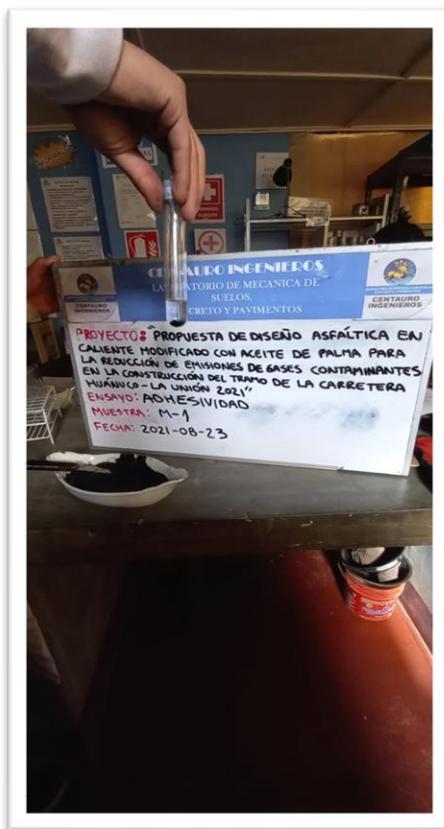
Nota: Se puede apreciar los materiales que se va a utilizar. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 2: Ensayo de Impurezas Orgánicas



Nota: Se puede apreciar el resultado del ensayo para el agregado fino. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 3: Ensayo de adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos



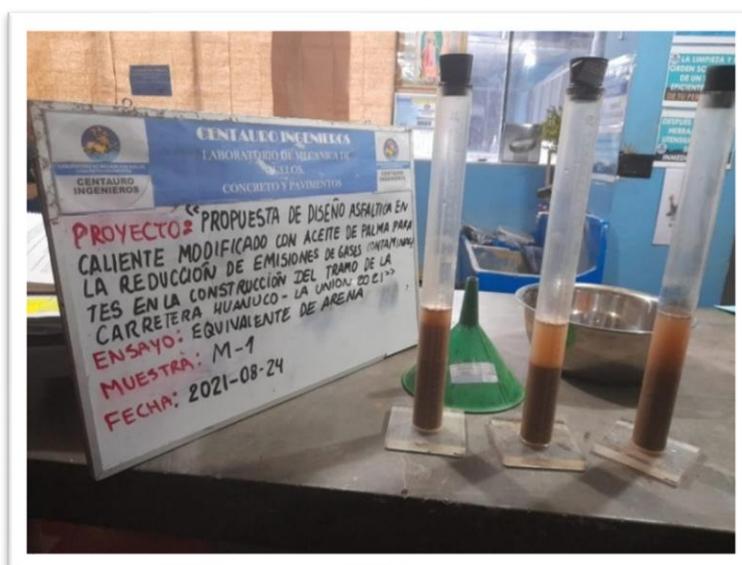
Nota: Se puede apreciar el procedimiento del ensayo para el agregado fino . Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 4: Ensayo de adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos



Nota: Se puede apreciar el resultado del ensayo para el agregado fino . Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 5: Ensayo de equivalente de arena



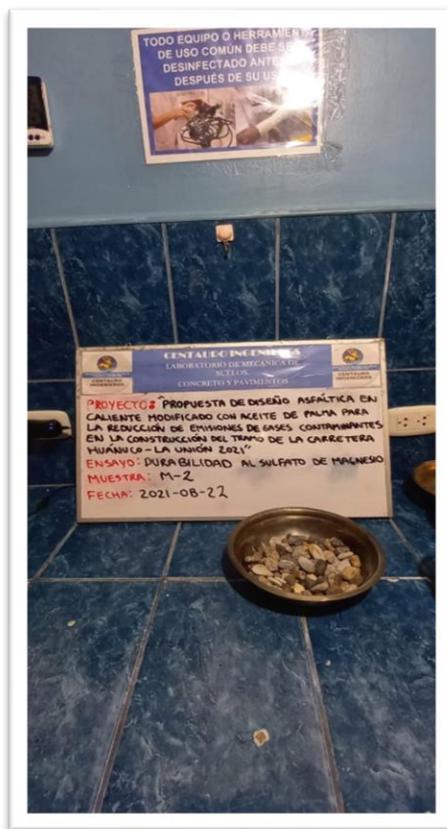
Nota: Se puede apreciar el resultado del ensayo para el agregado fino. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 6: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio



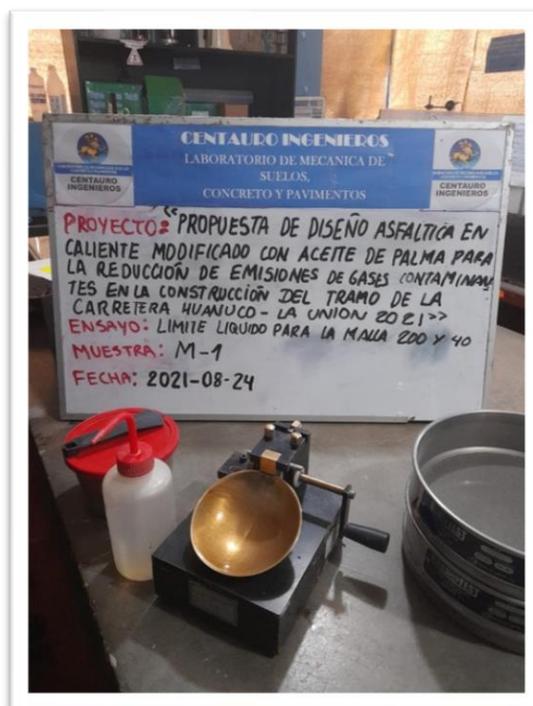
Nota: Se puede apreciar el agregado fino a usar para el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 7: Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio



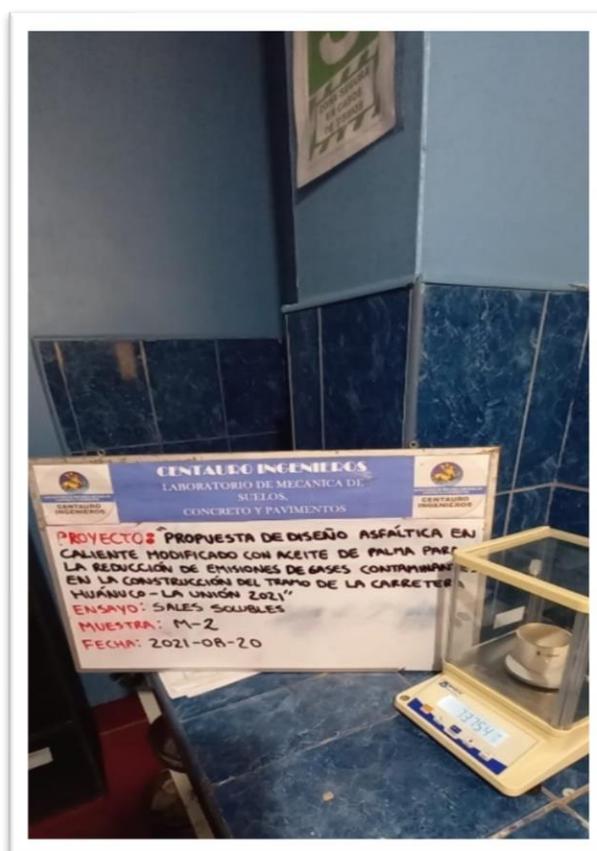
Nota: Se puede apreciar el agregado grueso a usar para el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 8: Ensayo de limite líquido y plástico para la malla 200 y 40



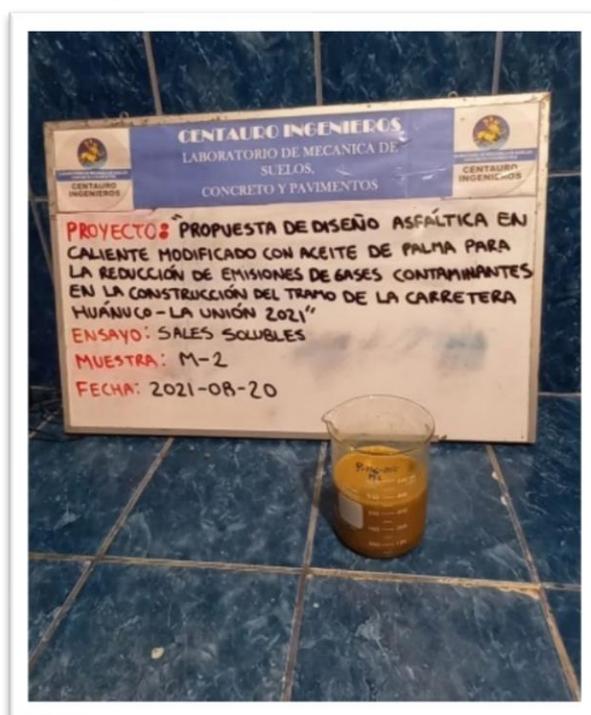
Nota: Se puede apreciar los materiales a usar en el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 9: Ensayo de sales solubles



Nota: Se puede apreciar los materiales a usar en el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 10: Ensayo de sales solubles



Nota: Se puede apreciar el resultado del ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 11: Ensayo de abrasión de los ángeles



Nota: Se puede apreciar el agregado grueso a usar en el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 12: Ensayo de abrasión de los ángeles



Nota: Se puede apreciar el procedimiento del ensayo para el agregado grueso. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 13: Granulometría del agregado fino



Nota: Se puede apreciar el procedimiento para el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 14: Granulometría del agregado grueso



Nota: Se puede apreciar el procedimiento para el ensayo. Fuente: Laboratorio Centauro Ingenieros

Fotografía 15: Tamizado de los agregados para la elaboración de las briquetas



Nota: Se puede apreciar el tamizado de la cal y los agregados para la elaboración de las briquetas necesario para el diseño Marshall sin aditivo. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 16: Peso de los agregados para las briquetas



Nota: Se puede apreciar el pesaje según el tamaño del agregado necesarios para la fabricación de las briquetas de la muestra patron, la cual tendran un peso de 1200 gramos.. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 17: Peso del asfalto al 4.5 % de asfalto que va ingresar en las briquetas de la muestra patrón



Nota: Se puede apreciar el peso de asfalto que en este caso representa el 4.5% del peso de la briketa, donde conjuntamente haran un peso de 1200 gramos. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 18: Mezclado de los agregados y cal con el asfalto al 4.5%



Nota: Se puede apreciar que se comienza a mezclar los agregados con el asfalto al 4.5%, donde debemos asegurarnos que los agregados y el asfalto sean uno solo. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 19: Medición de la temperatura y Co2 en la mezcla asfáltica



Nota: Se puede apreciar la medición de la temperatura y el dióxido de carbono con ayuda de un termómetro infrarrojo y un equipo de medición de Co2. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 20: Elaboración de una briqueta con asfalto al 5%



Nota: Se puede apreciar el pesaje del asfalto al 5% para la elaboración de una briqueta que tendrá un peso total de 1200 gramos. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 21: Compactación para la elaboración de la briqueta



Nota: Se puede apreciar la compactación en la elaboración de la briqueta, que consistirá en 75 golpes por cara y a una temperatura de 120-130°C. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 22: Mezcla de los agregados y cal en la cocina del laboratorio



Nota: Se puede apreciar la mezcla de los agregados y la cal en la cocina para conseguir una mezcla a una temperatura de 140°C; así como también el asfalto PEN 85-100 debe encontrarse a esa temperatura para luego proceder a la mezcla del agregado, cal y asfalto.

Fuente: Elaboración propia

Fotografía 23: Elaboración de briquetas con asfalto al 5%



Nota: Se puede apreciar el procedimiento de mezclado de los agregados, cal y asfalto al 5% en la cocina para la elaboración de briquetas. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 24: Medición de la temperatura y dióxido de carbono en mezcla asfáltica al 5%



Nota: Se puede apreciar la medición de la temperatura y dióxido de carbono en mezcla asfáltica en caliente al 5%, con la finalidad de asegurarnos no sobrepasarnos la temperatura de 140°C según normativa peruana. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 25: Medición de la temperatura con el termómetro infrarrojo



Nota: Se puede apreciar la medición de temperatura en la mezcla asfáltica al 5%, donde se tiene una temperatura de 137.2 °C. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 26: Elaboración de briquetas al 5.5 % de asfalto.



Nota: Se puede apreciar taras con agregados y cal, al cual se agregara asfalto al 5.5% para al elaboración de briquetas. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 27: Moldes de compactación para la elaboración de briquetas



Nota: Se puede apreciar los moldes de compactacion para la fabricacion de las briquetas, las cuales tambien deben estar entre una temperatura de 120-130°C. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 28: Compactación de briqueta con 5.5% de asfalto



Nota: Se puede apreciar el procedimiento de compactacion que consistira en 75 golpes por cada cara de la briqueta. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 29: Medición de temperatura y mezcla de los agregados y la cal para briquetas con asfalto al 6%



Nota: Se puede apreciar la medición de temperatura en la mezcla de agregados y cal para la elaboración de briqueta con asfalto al 6%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 30: Adición de asfalto al 6% en la mezcla de agregados y cal.



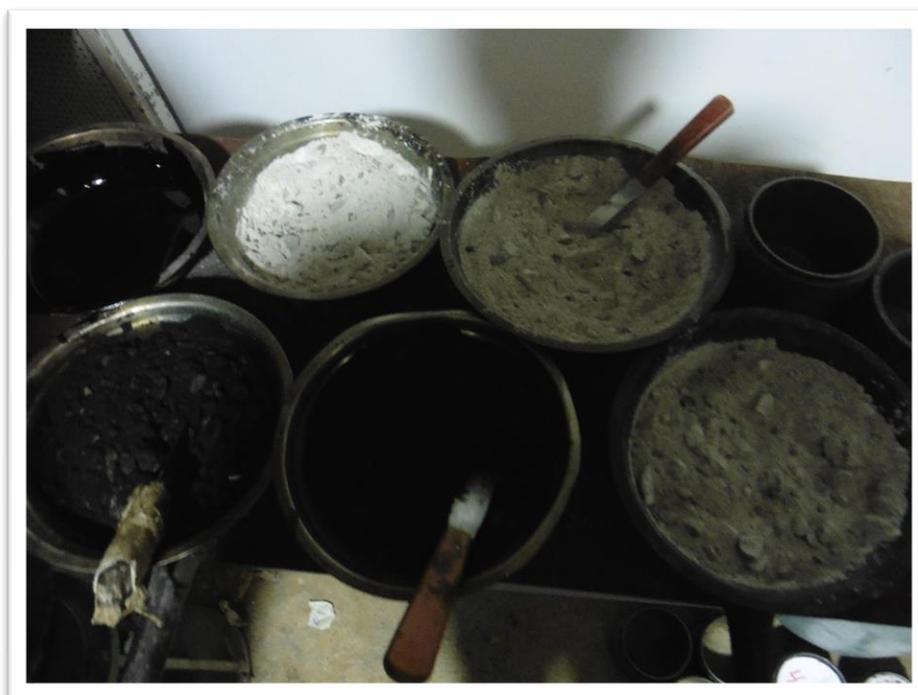
Nota: Se puede apreciar la adición de asfalto en mezcla de agregados y cal, ambos se encuentran a una temperatura de 140°C y el asfalto será el 6% de la masa total de la briqueta. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 31: Medición del dióxido de carbono en mezcla asfáltica al 6%



Nota: Se puede apreciar la medición del dióxido de carbono en mezcla asfáltica al 6% con ayuda de equipo de medición de Co2. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 32: Mezcla del agregado y cal con el asfalto al 6%



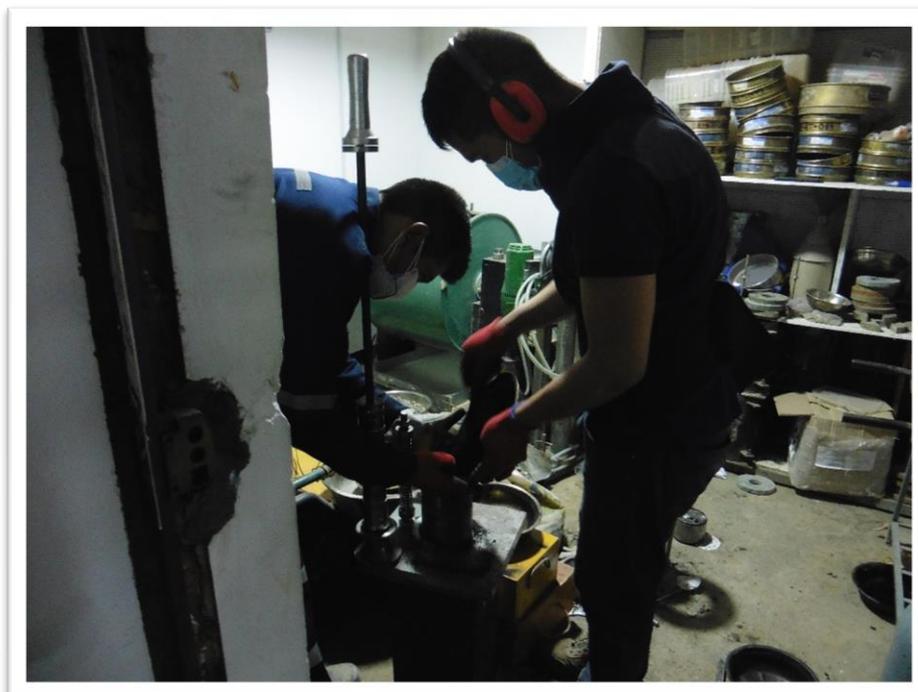
Nota: Se puede apreciar la mezcla del asfalto al 6% con los agregados y cal en la cocina del laboratorio que serán luego compactados, también la mezcla de los agregados y cal en la cocina que debe alcanzar una temperatura de 140°C, además del calentamiento de asfalto PEN 85-100 para la elaboración de las briquetas con asfalto al 6.5%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 33: Medición de temperatura en las mezclas asfálticas al 6%



Nota: Se puede apreciar la medición de temperatura de la mezcla asfáltica al 6%, donde no deben sobrepasar de 140°C y la mezcla debe ser homogénea para luego ser compactada a una temperatura de 120-130°C. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 34: Compactación para la fabricación de briquetas al 6%



Nota: Se puede apreciar el vaciado de la mezcla asfáltica al 6% al molde de compactación que consistirá en 75 golpes por cada cara. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 35: Mezclado de los agregados y la cal para la elaboración de briquetas al 6.5%



Nota: Se puede apreciar el mezclado de los agregados con la cal en la cocina a 140°C, además también se está calentando el asfalto PEN 85-100 hasta llegar a una temperatura de 140°C. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 36: Elaboración de tres briquetas al 6.5% de asfalto PEN 85-100.



Nota: Se puede apreciar la mezcla de los agregados con la cal en cada tara para la elaboración de tres briquetas con asfalto al 6.5%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 37: Briquetas al 4.5%, 5%, 5.5% y al 6% de asfalto PEN 85-100



Nota: Se puede apreciar las briquetas realizadas al 4.5%, 5%, 5.5%, y 6% de asfalto PEN 85-100, donde se ha elaborado tres briquetas por cada porcentaje de asfalto. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 38: Adición de asfalto al 6.5% de la masa total de la briqueta.



Nota: Se puede apreciar la adición del asfalto mediante el pesaje de asfalto en la balanza, en este caso es de 6.5% de la masa total de la briqueta. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 39: Medición de dióxido de carbono durante el mezclado del asfalto al 6.5% con el agregado y cal en la cocina del laboratorio



Nota: Se puede apreciar la medición de dióxido de carbono, siendo 2326 ppm, durante el proceso de mezclado de asfalto al 6.5%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 40: Equipo de medición de dióxido de carbono YEM-40L



Nota: Se puede apreciar el equipo de medición de dióxido de carbono YEM-40L, que a su vez mide la temperatura del ambiente y la humedad. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 41: Compactación para la elaboración de briqueta al 6.5%



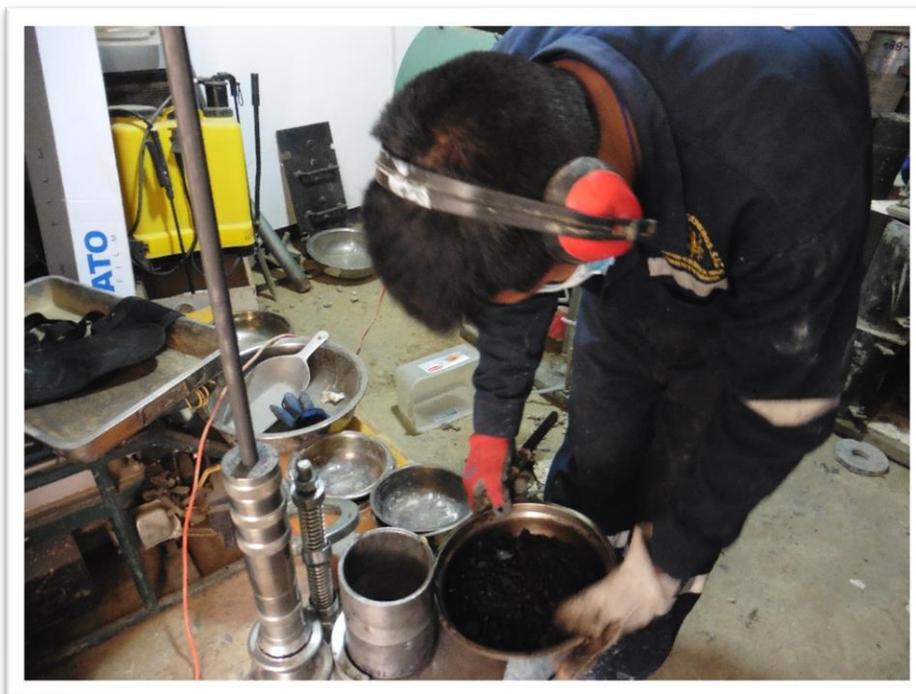
Nota: Se puede apreciar la compactacion realizando 75 golpes en cada cara de la briqueta al 6.5% de asfalto. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 42: Mezcla del asfalto al 7% con el agregado y cal para la fabricación de las tres briquetas.



Nota: Se puede apreciar el mezclado de asfalto al 7% con el agregado y cal en la cocina del laboratorio a una temperatura de 140°C. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 43: Vaciado de mezcla asfáltica al 7% en los moldes de compactación



Nota: Se puede apreciar el vaciado de mezcla asfáltica en los moldes de compactacion donde se pliacara 75 golpes en ambas caras de la briqueta. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 44: Briquetas de 6.5% y 7% de asfalto



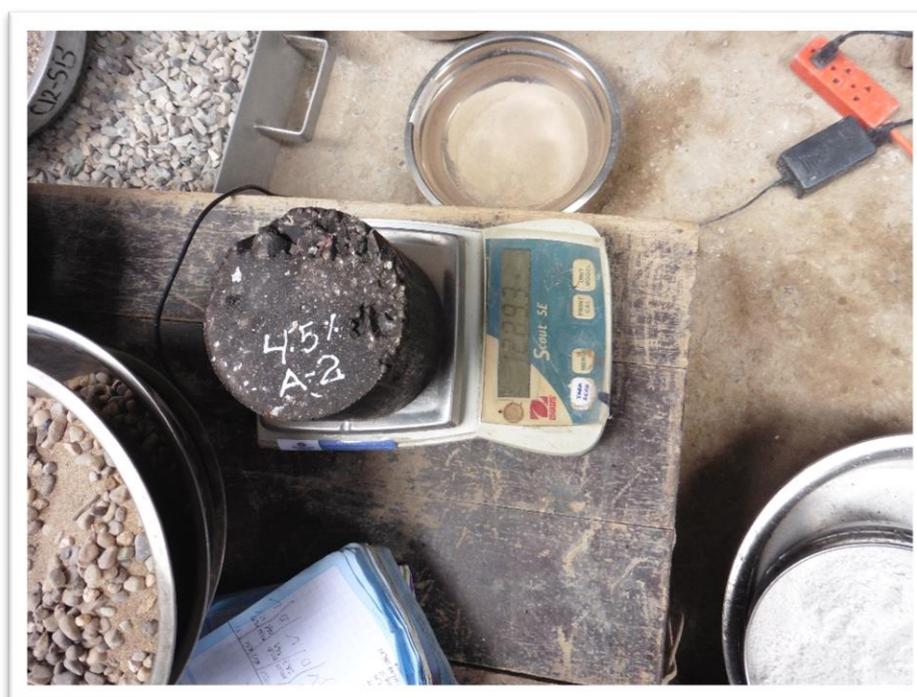
Nota: Se puede apreciar tres briquetas al 6.5% de asfalto y tres briquetas al 7% de asfalto, donde ademas se esta etiquetando el porcentaje de asfalto necesario para la realizacion de los demas ensayos. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 45: Medición de las briquetas al 4,5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% de asfalto



Nota: Se puede apreciar las dieciocho briquetas realizadas, siendo tres briquetas para cada porcentaje de asfalto según el diseño Marshall. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 46: Peso de cada uno de las briquetas



Nota: Se puede apreciar que se esta pesando la brquetal al 4.5% de asfalto, donde además se ha etiquetado el porcentaje de asfalto y el código de muestra. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 47: Resultados de las mediciones realizadas a cada briqueta.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

Ensayo Marshall

CONDICIÓN DE ORDEN DE TRABAJO:		P.156-8.1051 DE MUESTRA:		H.V y M.2	
NOMBRE Y APELLIDO DE ANALISTA:		E. GARCIA:		H.2020	
FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO:		19-10-18		HORA DE ENSAYO: 12:15 R.	
TEMPERATURA AMBIENTE:		19.3 °C		HUMEDAD RELATIVA: 43.7%	

% PROPORCIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	Diámetro (mm)					MASA DE BRIQUETA SECA	MASA SUMERGIDO	MASA DE BRIQUETA SUPERFICIALMENTE SECA	ESTABILIDAD	FLUIDO
		D1	D2	M1	M2	M3					
4.5%	A-1	85.67	100.01	72.48	72.12	72.75	1278.00				
	A-2	100.35	101.38	72.81	70.31	70.97	1283.30				
	A-3	101.42	100.47	61.03	60.33	67.37	1194.70				
5.0%	B-1	100.01	100.41	65.20	65.10	65.41	1165.10				
	B-2	100.45	100.55	72.25	72.45	72.57	1253.50				
	B-3	100.33	100.7	65.47	65.05	65.97	1167.30				
5.5%	C-1	100.36	99.71	71.22	71.51	71.65	1301.30				
	C-2	100.38	91.62	72.80	72.21	72.57	1233.10				
	C-3	100.02	100.43	72.03	71.84	71.97	1304.90				
6.0%	D-1	100.02	100.37	72.44	72.21	72.50	1305.20				
	D-2	100.44	101.58	72.36	72.40	72.52	1309.30				
	D-3	100.86	100.45	72.71	72.28	72.27	1300.90				
6.5%	E-1	100.25	100.46	71.67	72.13	71.62	1315.00				
	E-2	100.00	100.14	63.25	67.31	67.13	1274.30				
	E-3	100.37	100.60	71.10	71.30	71.08	1315.00				
7.0%	F-1	100.22	100.26	71.87	71.06	70.71	1318.50				
	F-2	100.42	100.15	71.98	71.77	71.36	1318.30				
	F-3	100.18	100.59	66.43	66.7	66.64	1225.70				

FIRMA JEFE DE LABORATORIO/GERENCIA FIRMA DEL ANALISTA

F-AP-011-REV.01
FECHA: 2020/09/09

Nota: Se puede apreciar los resultados de las mediciones, como lo es el diametro de la cara superior e inferior de cada briqueta, la altura y masa de la briqueta seca al 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 48: Ensayo de peso específico en las briquetas al 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% de asfalto



Nota: Se puede apreciar las briquetas y todo los instrumentos necesario para el ensayo de peso específico en cada briqueta al 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 49: Medición de la masa sumergida de la briqueta



Nota: Se puede apreciar la briqueta sumergido en agua, donde se tomara nota del peso que indicara la balanza. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 50: Secado superficialmente de la briqueta luego de haber sido sumergido en el agua.



Nota: Se puede apreciar el secado de la briqueta de forma superficial con ayuda de un trapo para la determinacion del peso especifico de la briqueta. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 51: Medición de la masa de la briqueta superficialmente seca



Nota: Se puede apreciar el peso de la briqueta al 5.5% de asfalto superficialmente seca, la cual tiene un peso de 1306.92 gramos . Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 52: Inmersión en agua de 30 minutos de los especímenes



Nota: Se puede apreciar los especímenes en inmersión de agua, con la finalidad de determinar la resistencia de la mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall según normativa peruana MTC E 504. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 53: Equipo baño maría para la inmersión en agua de los especímenes



Nota: Se puede apreciar el equipo usado para la inmersión de agua de los especímenes donde estos deben estar a una temperatura de 60°C durante 30 minutos según normativa peruana MTC E 504. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 54: Máquina de carga donde serán sometidos los especímenes



Nota: Se puede apreciar la máquina de carga donde se aplicará la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50mm/min. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 55: Remoción del espécimen del baño maría para la determinación de la carga máxima



Nota: Se puede apreciar la remoción de agua con una toalla para luego ser colocado en la maquina de carga donde el tiempo desde la remoción del baño maria hasta la determinación de la carga máxima no exceda los 30 segundos según la normativa peruana MTC E 504.

Fuente: Elaboración propia

Fotografía 56: Ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall



Nota: Se puede apreciar el ensayo de resistencia donde se determinara la estabilidad marshall que es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga, y el flujo marshall que es la medida de la deformación de las mezclas asfálticas bituminosas según la normativa MTC E 504. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 57: Resultados de la máquina de carga



Nota: Se puede apreciar los resultados del equipo de carga como son la estabilidad y el flujo. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 58: Briquetas ensayadas luego del ensayo con la máquina de carga



Nota: Se puede apreciar las briquetas al 4.5%, 5%, 5.5%, y 6% de asfalto que han sido ensayadas. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 59: Aplicación de la carga a la briqueta.



Nota: Se puede apreciar la aplicación de la carga a una razón constante de 50 mm/min, esta carga es aplicada hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de la carga según normativa peruana MTC E 504. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 60: Briquetas al 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% de asfalto de la muestra patrón sin el aditivo



Nota: Se puede apreciar las dieciocho briquetas ensayadas de la muestra patrón sin el aditivo, las cuales son tres briquetas al 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% de asfalto. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 61: Preparación de los agregados para el ensayo Marshall con aditivo



Nota: Se puede apreciar los agregados tamizados para la elaboracion de las briquetas donde de adicionara el aditivo de aceite de palma. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 62: Asfalto PEN 85-100 donde se adicionara el aceite de palma



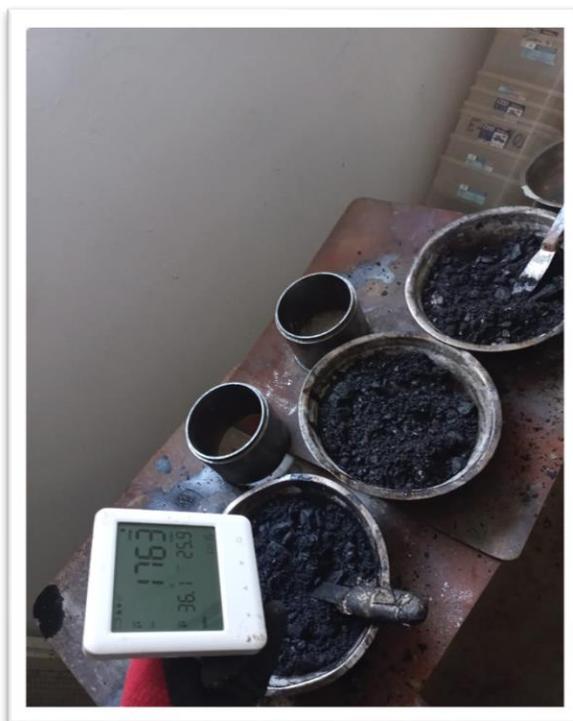
Nota: Se puede apreciar el asfalto PEN 85-100, donde con la ayuda de una maquina giratoria, y en baldes metalicos se adicionará el aceite de palma y el asfalto para proceder con el mezclado a una velocidad de 3000 revoluciones por minuto. Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 63: Preparación de las briquetas donde se adicionara el asfalto con el aditivo



Nota: Se puede apreciar las taras donde se encuentran los agregados y cal, además de una tara donde se tiene el asfalto que ha sido mezclado con el aceite de palma. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 64: Medición del dióxido de carbono en muestra con aditivo al 0.50%



Nota: Se puede apreciar la medición de dióxido de carbono durante el proceso de mezcla de los agregados y cal con el asfalto al 6.4% el cual a su vez ya tiene incorporado el aceite al 0.50%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 65: Medición del dióxido de carbono en muestra con aditivo al 1.00%



Nota: Se puede apreciar la medición de dióxido de carbono durante el proceso de mezcla de los agregados y cal con el asfalto al 6.4% el cual a su vez ya tiene incorporado el aceite al 1.00%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 66 Medición del dióxido de carbono en muestra con aditivo al 1.50%



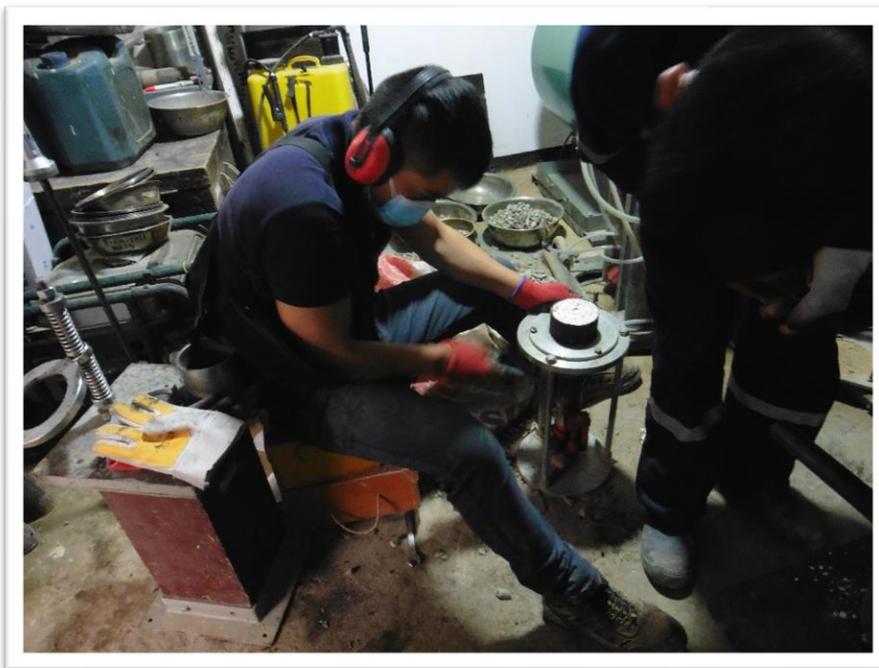
Nota: Se puede apreciar la medición de dióxido de carbono durante el proceso de mezcla de los agregados y cal con el asfalto al 6.4% el cual a su vez ya tiene incorporado el aceite al 1.50%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 67: Compactación de la mezcla asfáltica con aditivo al 0.50%



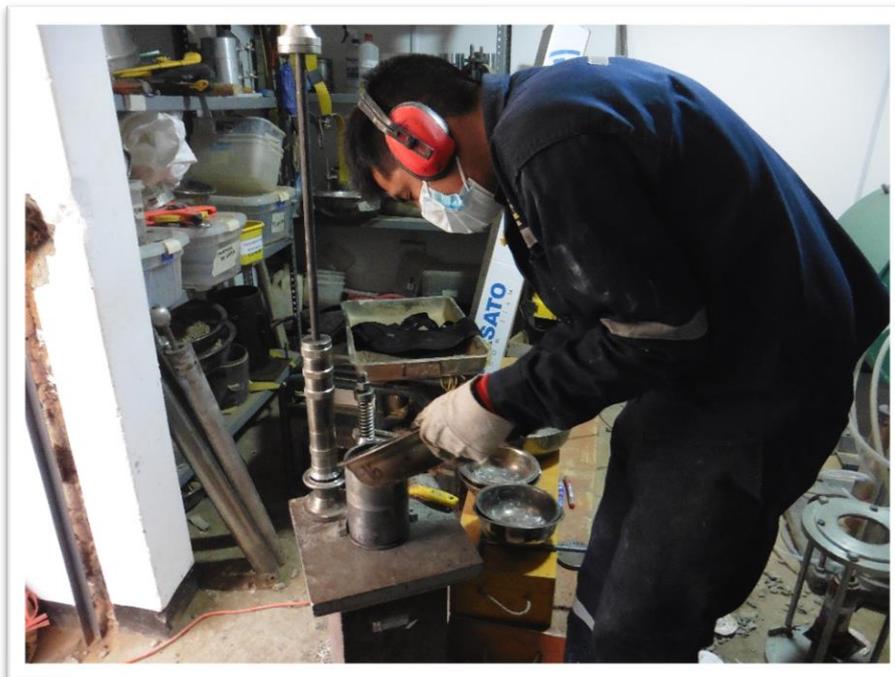
Nota: Se puede apreciar la compactación de la mezcla asfáltica con aditivo al 0.50% con ayuda del martillo de compactación donde se aplicó 75 golpes en ambas caras de los especímenes. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 68: Retiro del molde de compactación de la mezcla asfáltica con aditivo al 1.00%



Nota: Se puede apreciar el retiro de las briquetas de los moldes de compactación, cuya mezcla asfáltica contiene aceite de palma al 1.00%. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 69: Colocación de la mezcla asfáltica con aditivo al 1.50% en el molde de compactacion



Nota: Se puede apreciar la colocacion de la mezcla asfaltica dentro del molde de compactacion, donde se aplicara 75 golpes en la cara superior e inferior del especimen.

Fuente: Elaboracion propia

Fotografía 70: Briquetas que contiene aceite de palma al 0.50%, 1.00% y 1.50%



Nota: Se puede apreciar las tres briquetas de mezcla asfaltica que se elaboro por cada porcentaje de aceite de palma que se adiciono siendo al 0.50%, 1.00% y 1.50%. Ademas se procedio a pesar cada una de ellas y anotar el diametro y altura de los especimenes. Fuente:

Elaboracion propia

Fotografía 71: Medición de la masa sumergida y superficialmente seca de las briquetas con aditivo al 0.50%, 1.00% y 1.50%



Nota: Se puede apreciar la medición de la masa sumergida, la cual será secada superficialmente con una toalla para luego ser pesada, ello se realizará con cada briketa la cual contiene aceite de palma al 0.50%, 1.00% y 1.50 %. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 72: Baño de agua de las briquetas con aditivo al 0.50%, 1.00% y 1.50%



Nota: Se puede apreciar las briquetas con aceite de palma al 0.50%, 1.00% y 1.50% las cuales se encuentran a una temperatura de 60°C por inmersión en agua durante 30 minutos según normativa peruana MTC E 504. Fuente: Elaboración propia

Fotografía 73: Resistencia de las briquetas empleando el aparato Marshall



Nota: Se puede apreciar el aparato Marshall de donde obtendremos los valores de estabilidad y flujo de todas las briquetas con aditivo de aceite de palma al 0.50%, 1.00% y 1.50%. Fuente: Elaboración propia

NOTAS BIOGRÁFICAS

- Aliaga Cueva, Shirley Marielena. Nació el 09 de mayo de 1993 en el distrito de Huánuco, provincia y departamento de Huánuco, siendo la madre María Elena Cueva Martínez y el padre Luis Raúl Aliaga García, teniendo un hermano menor Wily Stoichkov Alvarado Cueva. Estudió el nivel primaria en la Institución Educativa N° 32008 “Señor de los Milagros” (1999-2004); nivel secundario en la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (2005-2009) y sus estudios superiores en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán en la carrera profesional de Ingeniería Civil entre los años 2012 hasta el 2016, optando el bachiller el 20 de marzo del 2018. Trabajo como asistente de residencia en la Obra: “Culminación del Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable, Desagüe y Alcantarillado de la Ciudad de Llata” (Octubre de 2017- Enero de 2018 y de Febrero - Diciembre de 2018); “Rehabilitación del Pabellón IV de la Facultad de Ciencias Contables de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Distrito de Pilco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento Huánuco, Etapa IV” (Octubre de 2020- Abril de 2021); “Renovación de Aula, Cobertura y Ambiente para Comedor en el (la) Sede Universitaria de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán en la Localidad de Cayhuayna, Distrito de Pilco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento Huánuco, Construcción de Bienestar Universitario” (Mayo - agosto de 2021); y asistente técnico de ingeniería en la empresa “FERAMCER” (Enero de 2019-Octubre de 2020 y de Setiembre de 2021 – Enero de 2022).
- Pulido Cornelio, Roy Oscar. Nació el 22 de enero de 1995 en el distrito de Huánuco, provincia y departamento de Huánuco, siendo la madre Toribia Cornelio León y el padre Víctor Hugo Pulido Requiz, teniendo 4 hermanas y 2 hermanos. Estudió el nivel primario en la Institución Educativa N° 33012 “Santa Rosa Baja” (2000-2005); nivel secundario en el Colegio Nacional Mixto “ILLATHUPA” (2006-2010) y sus estudios superiores en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán en la carrera profesional de Ingeniería Civil entre

los años 2013 hasta el 2018, optando el bachiller el 27 de febrero del 2020. Trabajo como asistente de residencia en la Obra: “Rehabilitación del Pabellón IV de la Facultad de Ciencias Contables de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Distrito de Pilco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento Huánuco, Etapa I” (enero de 2020- marzo de 2020); “Rehabilitación del Pabellón IV de la Facultad de Ciencias Contables de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Distrito de Pilco Marca, Provincia de Huánuco, Departamento Huánuco, Etapa V” (Octubre de 2020- Abril de 2021); y asistente técnico de ingeniería en la empresa “LEON A&V SOCIEDAD ANONIMA CERRADA” (agosto de 2021 – agosto de 2022).

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS FINAL.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

38083 Words

RECUENTO DE CARACTERES

190440 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

239 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

50.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 13, 2022 12:46 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 13, 2022 12:49 PM GMT-5**● 26% de similitud general**

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

- 23% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 22% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°085-2022- DI/FICA

La directora de investigación de la Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco

HACE CONSTAR que:

La Tesis titulada “**PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN 2021**” del (os) Bachiller (s) **ROY OSCAR PULIDO CORNELIO y SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA** en Ingeniería Civil , Cuenta con un índice de similitud del 26 % verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 15 de diciembre del 2022



.....
Dra. Ana María Matos Ramírez
Directora de Investigación FICA



ACTA DE SUSTENTACION PRESENCIAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 03 días del mes de diciembre de 2022, siendo las 9:00 am, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N°1103-2022-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°1225-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 25.NOV.2022 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 0734-2022-UNHEVAL (Título III - Aprobación del Trabajos de Investigación, Tesis, Tesis Proyectual..., en Acto Publico Presencial o Virtual art. 77) y Resolución Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL (se programe la sustentación de tesis de Pregrado de Manera Presencial), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de la Tesis Titulada: **PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN 2021**, para optar el Título de Ingeniero Civil los Bachilleres **ROY OSCAR PULIDO CORNELIO y SHIRLEY MARIELENA ALIAGA CUEVA** de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Finalizado el acto de sustentación Presencial de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
PULIDO CORNELIO ROY OSCAR	A PROBAR	16	BUENO
ALIAGA CUEVA SHIRLEY MARIELENA	A PROBAR	16	BUENO

Dándose por finalizado dicho acto a las: ^{11:30} del mismo día 03/12/2022 con lo que se dio por concluido, _{am.} y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:


JORGE ZEVALLOS HUARANGA
 PRESIDENTE


JIM ARTURO RIVERA VIDAL
 SECRETARIO


ELBIO FERNANDO FELIPE MATÍAS
 VOCAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
----------	---	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional	INGENIERIA CIVIL
Carrera Profesional	INGENIERIA CIVIL
Grado que otorga	
Título que otorga	INGENIERO CIVIL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	
Grado que otorga	

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	PULIDO CORNELIO ROY OSCAR							
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	952594931
Nro. de Documento:	76282378					Correo Electrónico:	pulido2226@gmail.com	

Apellidos y Nombres:	ALIAGA CUEVA SHIRLEY MARIELENA							
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	943126453
Nro. de Documento:	47894567					Correo Electrónico:	shirleymarielena@gmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
Apellidos y Nombres:	MEYZAN BRICEÑO JORGE LUIS				ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0002-3004-1845		
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de documento:	22416541

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ZEBALLOS HUARANGA JORGE
Secretario:	RIVERA VIDAL JIM ARTURO
Vocal:	FELIPE MATIAS ELBIO FERNANDO
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	SUAREZ LANDAURO REYNALDO FAVIO


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
“PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADO CON ACEITE DE PALMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE LA CARRETERA HUÁNUCO – LA UNIÓN 2021”
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2022
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	PAVIMENTO	DISEÑO	CONTAMINACIÓN
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una “X” en el recuadro del costado según corresponda):			SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	PULIDO CORNELIO ROY OSCAR	Huella Digital
DNI:	76282378	
Firma: 		
Apellidos y Nombres:	ALIAGA CUEVA SHIRLEY MARIELENA	Huella Digital
DNI:	47894567	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 20-12-22		