

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h y MC-30 en la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac, Túcume**

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

**AUTOR**

**Franklin Smith Alarcon Diaz**

**ASESOR**

**Angel Alberto Lorren Palomino**

**<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>**

**Chiclayo, 2023**

**Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h y MC-30 en la  
trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac, Túcume**

PRESENTADA POR  
**Franklin Smith Alarcon Diaz**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas  
PRESIDENTE

Lucas Ludeña Gutiérrez  
SECRETARIO

Ángel Alberto Lorren Palomino  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios, porque ha estado conmigo en todo momento, brindándome su sabiduría y guiándome por el camino correcto, a mis padres, mi hermano y mi enamorada, por dedicarme su tiempo en velar por mi bienestar y querer lo mejor para mí en todo momento, colocando su confianza en mí en cada nuevo reto que se muestra en mi vida. Y finalmente dedicarlo a mi perrito Brando. Son lo mejor de mi vida y los amo.

**Franklin Smith Alarcon Diaz**

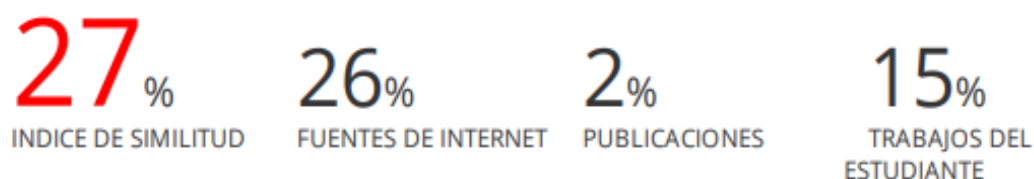
## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado en todo momento, hasta lograr las metas que me he propuesto, por darme fuerza en los peores momentos, en segundo lugar a mi madre, por ser la mejor madre del mundo, por nunca perder esa hermosa sonrisa, su ternura a pesar de los problemas que se vive en el día a día. Así mismo agradecer a mi padre, por enseñarme lo mejor de él, quiero agradecerle por enseñarme que en la vida nunca hay que rendirse, la vida te va a golpear como no tienes idea y ni así uno debe darse por vencido. Doy las gracias a mi hermano por haberme apoyado en todo momento y ser el soporte emocional en los peores momentos. Agradecer también a mi novia Stephanie por haberme dado fuerzas en los momentos más complicados que he estado pasando y darme ánimos, y a mis amigos Fernando Yocya, Stalin Delgado, Brayan Soberon por su apoyo y su amistad; agradecer a mi asesor de tesis por brindarme su tiempo y ayudarme en la presente investigación. Finalmente agradezco a la empresa Construcciones Alardi Sac, por brindarme el apoyo económico y técnico para lograr desarrollar esta investigación y fomentar la investigación.

**Franklin Smith Alarcon Diaz**

# INFORME DE TESIS AL 100% FRANKLIN SMITH ALARCON DIAZ

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego</b>	<b>1%</b>

## Índice

Resumen.....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
Revisión de la Literatura .....	16
Antecedentes .....	16
Bases teóricas .....	17
Definición de Términos Básicos .....	19
Marco teórico: .....	21
Materiales y métodos .....	64
Tipo y nivel de investigación: .....	64
Diseño de investigación: .....	64
Hipótesis.....	64
Variables-Operacionalización .....	64
Población, muestra y muestreo .....	65
Población .....	65
Muestra:.....	65
Método, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	66
Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	66
Plan de procesamiento de datos: .....	66
Ensayos de laboratorio: .....	66
Monitoreo Ambiental .....	67
Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis .....	67
a) Secuencia de desarrollo de actividades.....	67
b) Ensayos al afirmado del camino vecinal propuesto antes del tratamiento superficial: .	72
c) Procedimientos en la ejecución en la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H:.....	89

d) Procedimientos en la ejecución en la imprimación reforzada con emulsión MC-30: .	106
e) Durabilidad de la imprimación reforzada:.....	123
Resultados.....	133
Características físicas del afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac .....	133
Propiedades mecánicas del afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac .....	136
Ensayo de adherencia o procedimiento de Riedel Weber al primer riego de la imprimación reforzada. ....	138
Ensayos de densidad de Campo.....	139
Mediciones al primer riego de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac.....	141
Mediciones al segundo riego de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac.....	148
Comparación del análisis de costos unitarios de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac con emulsión asfáltica CSS-1h y MC-30.....	149
Discusiones:.....	151
Conclusiones:.....	157
Recomendaciones: .....	160
Bibliografía.....	161

## Resumen

Esta investigación exterioriza los resultados experimentales del tramo de prueba de imprimación reforzada de 70m realizada con MC-30 y emulsión asfáltica CSS-1h ejecutado para analizar la penetración, adherencia, durabilidad, tiempo de curado y la emisión de gases COV's que poseen tras realizarlo en un afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac. La penetración se midió con un vernier digital, así mismo la adherencia que presentaron los ligantes asfálticos se midió con el ensayo Riedel Weber, el tiempo de curado se verifico visualmente, y finalmente la emisión de gases se monitoreó utilizando un monitor multigas Multirae. Los resultados mostraron que, en el primer riego de imprimación reforzada, el MC-30 tuvo mayor penetración, así mismo este cumplió con lo mínimo establecido por el ensayo Riedel Weber, caso contrario ocurrió con la emulsión asfáltica que no cumplió con lo mínimo requerido. El tiempo de curado tanto en el primer y segundo riego de imprimación reforzada resulto mayor en el MC-30, así mismo de los gases COV's esto presentaron valores muy pequeños en ambos líquidos asfálticos, tomando como base los valores límites del medidor multigas. Finalmente, el que presento menores fallas superficiales en el pavimento en los primeros 6 meses de serviciabilidad fue la imprimación reforzada con MC-30, pero en el séptimo mes este último presento gran porcentaje de pequeños baches y desprendimiento árido-ligante a comparación con la imprimación reforzada con emulsión asfáltica.

**Palabras clave:** Imprimación reforzada, penetración, adherencia, durabilidad, emulsión CSS-1h, MC-30

## Abstract

This research externalizes the experimental results of the test section with reinforced primer made with MC-30 as well as with CSS-1h asphalt emulsion executed to analyze the penetration, adhesion, durability, curing time and the emission of gases of the volatile organic compound that they have after performing the reinforced primer in an affirmation of an unpaved road. Two test sections were carried out, one with the primer reinforced with MC-30 and the other with the CSS-1h asphalt emulsion. The in situ penetration was measured with a digital Vernier, likewise the adhesion presented by the asphalt binders was measured with the Riedel Weber test, the curing time was visually verified, and finally the emission of gases that make up the VOC's was monitored using a Multirae multigas monitor. The results showed that in the first irrigation of reinforced primer, the MC-30 had greater penetration than the asphalt emulsion in the affirmed, likewise the MC-30 had complied with the minimum established by the Riedel Weber trial, otherwise it happened with the asphalt emulsion that did not meet the minimum required. The curing time in both the first and second irrigation of reinforced primer was greater in the MC-30 than with the asphalt emulsion CSS-1h, as well as the measurable gases of the VOC's this presented very small values with both MC-30 and asphalt emulsion, based on the limit values of the multigas meter. Finally, the one that presented the highest performance and durability, that is, the one that presented the lowest surface failures in the pavement in the first 6 months of serviceability was the primer reinforced with MC-30, but in the seventh month of serviceability of the test sections the latter presented a large percentage of small potholes and arid-binding detachment compared to the primer reinforced with asphalt emulsion

**Keywords:** Reinforced primer, penetration, adhesion, durability, CSS-1h emulsion, MC-30

## **Introducción**

En el Perú gran parte de la Red Vial Departamental o Regional y la Red Vial Vecinal está conformada por caminos vecinales o trochas vecinales que conectan la zona rural de la zona urbana, estos caminos poseen un tipo de rodadura no pavimentada, las cuales poseen problemas tanto estructurales como funcionales debido a que la carpeta de rodadura es de solo afirmado, el cual con el tráfico de los vehículos adicionado a las condiciones ambientales a las que están expuestas empiezan a perder humedad y gran porcentaje de finos, por lo que generaría la separación del material fino con el material grueso y por ende el polvo en suspensión, siendo perjudicial a la salud de las personas, debido a que pueden ingerir partículas como el PM10 Y PM2.5, pudiéndolas causar problemas bronco-respiratorias, a la piel y a la visibilidad de las personas. Adicionado a ello el tráfico vehicular como las condiciones ambientales generan fallas superficiales como son las ondulaciones o encalaminados, ahuellamiento y baches, generando vías poco seguras, ocasionando que los transportistas que llevan los productos de primera necesidad de la zona rural a la zona urbana estén impedidos de poder transitar por allí debido a que pondrían su vida en riesgo, dado que la generación de polvo provocaría tener problemas de visibilidad y las fallas superficiales ya mencionadas, por lo que consecuentemente elevan el precio del flete de transporte por las grandes dificultades de estas vías.

Al mismo tiempo cabe mencionar que el transporte que pertenece al sector terciario juega un rol muy importante en el crecimiento tanto social, cultural, tecnológico y económico de los pueblos pertenecientes a la zona rural, debido a que dará acceso a nuevos productos, intercambio de materias primas o productos de primera necesidad, etc., por consiguiente, es necesario que se realicen actividades de conservación periódica de la calzada del afirmado a las trochas carrozables no pavimentadas, sin embargo debido a la falta de investigación e inversión ocasionaría que no se realice estas actividades.

En el Distrito de Túcume, la principal actividad económica es la agricultura, representando un 51% de la población económicamente activa, así mismo el producto agrícola que mayor ingreso representa desde el año 2005 en este distrito es el arroz con un monto de 14'917,289.40 Nuevos soles, con un porcentaje del 71%. [1]

Por consiguiente, es necesario que las vías rurales que permiten el traslado de los productos agrícolas de la zona rural a la zona urbana se encuentren en buen estado, puesto que al no

encontrarse en condiciones adecuadas estas carreteras o trochas carrozables afirmadas, se elevaría el costo de transporte y adicionalmente se reduzcan los ingresos de los productores agrícolas. Así mismo el material particulado generado por la separación entre el material fino con el grueso puede viajar por cientos de metros, pudiendo cubrir los cultivos, ocasionando que se dificulte u obstaculice el crecimiento de los cultivos agrícolas debido a la oclusión de los poros de las plantas [2]

La provincia de Tucumé posee dos estaciones: la estación o época seca y la estación de lluvias.

La estación o época seca en la provincia de Tucumé predomina durante el invierno en los meses de junio a agosto, una precipitación menor a los 10mm, lo que representa una escasez de lluvia adicionado a las elevadas temperaturas que predomina durante todo el año que oscila entre valores de 26,7° a 33.1° generando que la carpeta de rodadura granular pierda su humedad, por consiguiente haya una pérdida de cohesión entre las partículas gruesas con las finas, lo cual adicionado al tránsito vehicular y la abrasión producida por los neumáticos ocasiona una ruptura del enlace entre el material fino con el grueso, por ende el material fino se eleva en forma de polvo el cual se deposita comúnmente aledaños a los caminos, en las viviendas y/o en los cultivos; y en el caso del material grueso se disgrega formando fallas superficiales como baches o encalaminados.

La estación o época de lluvias en la provincia de Tucumé se da durante los meses de noviembre a mayo, siendo enero a marzo los meses con mayor intensidad de precipitaciones, generando aproximadamente 119.1 milímetros. Pero en el verano del

2017 hubo una anomalía de la temperatura superficial del mar en el Pacífico, ocasionando el “Niño Costero 2017” por consiguiente hubo lluvias extremas debido a que la lluvia máxima superó los 5.7 mm diarios, llegando a registrar en promedio 128 mm aproximadamente el 01 de febrero del 2017, a sí mismo el mes que más precipitaciones en Lambayeque fue marzo con 252.6mm. [3].

El fenómeno del niño costero conllevó a que a que haya una saturación del suelo y debido al ineficaz drenaje o el poco bombeo que presentan las carreteras no pavimentadas de afirmado generó que haya un debilitamiento por saturación y con el paso vehicular ocasiona que haya deformaciones en la carpeta de rodadura.

Por consiguiente, el problema de la investigación ha quedado formulada de la siguiente manera: ¿De qué manera mejora las propiedades físicas del camino no pavimentada de afirmado una imprimación reforzada tanto con MC-30 como con una emulsión asfáltica CSS-1h?

### **Justificación de la Investigación**

Ante el evidente problema que poseen las trochas carrozables producto del tránsito vehicular, acciones externas como el clima, deficiencias en el diseño y procedimiento constructivo, generando fallas superficiales, por tal motivo genera un aumento del costo de transporte dado que aumentaría el tiempo de traslado de una zona a otra, en consecuencia dichos productores tendrán menores ingresos afectando seriamente a los pequeños productores agrícolas, del mismo modo privaría de mejores accesos a los servicios de salud, por consiguiente urge la necesidad que a la capa de rodadura se haga un tratamiento superficial para la conservación de la calzada en afirmado, por lo cual se opta por una imprimación reforzada.

**Justificación Técnica:** En el Perú la Red Vial Nacional (RVN) está conformada por el 18% de carreteras no pavimentadas, así mismo para el caso de la Red Vial Departamental o Provincial (RVD) el 85% de esta está conformada por un tipo de rodadura no pavimentada, de igual manera en la Red Vial Vecinal (RVV) el 98% está conformada por un tipo de rodadura no pavimentada [4], en síntesis gran parte de la red vial del Perú está conformada por tipo de rodadura no pavimentada, de las cuales el 30% de la RVN se encuentra en un estado regular o malo, simultáneamente

de este último el 85% representa un tipo de rodadura no pavimentada. [5]

Así mismo de la RVN no pavimenta el 23.8% se encuentra en un estado regular, mientras que un 62.4% se encuentra en un estado malo [6]

En el camino Vecinal Payesa-entrada al Bosque de Pómac, provincia de Túcume, departamento de Lambayeque, se encuentra en un estado regular en tramos, así como en otros tramos se encuentra en un estado malo, pudiéndose observar fallas superficiales como ahuellamiento (Ver Anexo N°01.1). Además de ello con el tránsito vehicular se genera el polvo provocado por el separamiento del material fino con el grueso del afirmado. (Ver Anexo N°01.2)

Por lo tanto, para evitar la separación del material fino con el material grueso del afirmado y fallas superficiales, es necesario optar por soluciones a largo plazo que permitan evitar este problema. Por consiguiente, este proyecto seguirá las consideraciones del Manual de Carreteras Conservación Vial-Sección 365 que permitirán mantener en buen estado la carpeta de rodadura no pavimentada de afirmado.

En países como Costa Rica, Estados Unidos, Chile, Uruguay y Brasil tras realizar este tratamiento superficial concluyeron que la serviciabilidad de sus caminos secundarios y terciarios aumentaron, es decir tuvo una vida útil de 5 a 7 años, lo cual evitó la generación de fallas superficiales en la capa de rodadura. [7]

**Justificación Económica:** En muchas naciones de América Latina, así como Costa Rica, tras los diversos proyectos realizados en dicho país, han concluido que la aplicación de imprimación reforzada tanto con MC-30 como con emulsión asfáltica llega a ser sumamente económicamente debido que tras realizar este tratamiento superficial significaría un ahorro de hasta un 75% respecto a la ejecución de una carpeta asfáltica. [7]

**Justificación Ambiental:** Debido a que gran porcentaje de la red vial en el Perú es de un pavimento flexible, el cual por contener derivados del petróleo en gran porcentaje, este como tal genera grandes emisiones de carbono, y para demostrar que hay productos asfálticos como el MC-30 que contiene mayor porcentaje de derivados del petróleo se ha decidido comparar con la emulsión asfáltica en una imprimación reforzada, debido a que esta genera un porcentaje nulo de emisiones de carbono y así poder sustituirlos por este último.

**Justificación Social:**

El tribunal constitucional ha expuesto en la sentencia publicada en el expediente N°0048-2004-PI/TC que el estado peruano y particulares están obligados a mantener las condiciones adecuadas del medio ambiente, dado que los ciudadanos tienen el derecho de gozarse en un ambiente estable y medido. Un estado democrático vela por el bienestar de la persona tanto físico como ambiental (resguardarlos de los ataques medioambientales) [8]

Dado que en los caminos no pavimentados o trochas carrozables no pavimentadas producto del tránsito vehicular y las condiciones ambientales que pueda sufrir estas vías (aumento de la velocidad del viento, lluvia, etc.) se produce una separación del material fino con el grueso ocasionando la formación de polvo, el cual resulta nocivo solo en la producción agrícola si no también en la salud de la población aledaña a dichas vías [9]

Por lo que la contaminación del aire, perjudica, aflige a las personas, especialmente a la población más vulnerables como es el caso de los niños, mujeres gestantes, adultos mayores de los sectores económicos más paupérrimos y marginados. Por ello la formación de polvo en suspensión perjudica notablemente a la salud de las personas ocasionando enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón y tráquea, rinitis alérgica, asma e infecciones agudas se debe a la contaminación del aire debido a las partículas como el PM10. [10]

El impacto negativo que genera en el Perú es de 17 mil muertes por enfermedades respiratorias desde el año 1994 al 2011, debido a la contaminación del aire por PM10. Uno de los efectos producidos por ello es la irritación de los ojos que puede provocar incluso hasta la muerte. [11]

Por lo que es necesario una imprimación reforzada a las carreteras no pavimentadas con capa de rodadura de afirmado, para evitar todo lo ya mencionado.

**Justificación Científica:** En este aspecto, se encontró pocas investigaciones al nivel nacional, y al nivel nacional no se encontró investigaciones, por lo cual esta investigación busca adicionar una solución al polvo generado en las trochas carrozables, además esta

investigación contribuirá a generaciones venideras de estudiantes como a profesionales dedicados a esta línea de investigación.

### **Objetivos de la investigación**

Los objetivos que se formulan para la presente investigación son:

El objetivo general es comparar las propiedades físicas entre la imprimación reforzada con emulsión asfáltica y el MC-30 aplicado en el afirmado del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac.

Los objetivos específicos son : realizar un tramo de prueba de 140 metros lineales en el camino Payesa, entrada al Bosque de Pómac, con un procedimiento de ejecución tal y como se indica en la metodología del presente estudio; comparar la durabilidad, adhesividad y penetración de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H y el MC-30 aplicado en el afirmado del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac; determinar la dosificación óptima para la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H y con MC-30; determinar y comparar el tiempo de curado que se obtendrá una vez empleado la imprimación reforzada con emulsión asfáltica y MC-30; comparar la Carga o compuesto orgánica(o) volátil (COv) que se genere durante el proceso de curado de la imprimación reforzada tanto con MC-30 como de la emulsión asfáltica CSS-1h, a través de un monitoreo ambiental; analizar la relación costo/beneficio que se tendrá aplicando ambas imprimaciones reforzadas en el camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac.

## Revisión de la Literatura

### Antecedentes

**L.D. Herrera Gómez, S Guerrero Aguilera, J.D.RODRIGUEZ MORERA , M. SALAS CHAVEZ,W.SEQUEIRA ROJAS, G. LORIA SALAZAR,“TRATAMIENTOS SUPERFICIALES COMO ALTERNATIVA ENRUTAS DE LASTRE“ Programa de Infraestructura del Transporte. Universidad De Costa Rica, 2017**

Esta investigación se realizó debido a que Costa Rica necesitaba mejorar las condiciones de sus rutas o vías secundarias y terciarias tomando en consideración el menor costo posible, por ende, toman la opción de realizar tratamientos superficiales tanto en bases granulares como en carpeta de rodaduras.

Después de realizar el tratamiento superficial se obtuvo una superficie lisa y libre de polvo. Se analizó una relación costo/beneficio, lo cual estos tratamientos superficiales representaron un ahorro de hasta un 75% con respecto a una carpeta asfáltica. [7]

**F.D. PATIÑO GUARACA, “Investigación de la imprimación reforzada para la conformación de capas de rodadura de caminos vecinales de bajo tránsito “, Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca, Cuenca, 2016.**

La siguiente investigación analizó la factibilidad de realizar una imprimación reforzada en las capas de rodadura, por ello hizo uso del Costo Global Actualizado (CGA) en los caminos vecinales “Troncal Amazónica- Mutinsa , Troncal Amazónica – Bellavista, acceso al Camal de Méndez), obteniendo como resultados que no solo benefician económicamente porque para un ciclo de análisis de 10 años, una imprimación reforzada tendría un costo de \$ 80,157.99 y una vía no pavimentada tiene un costo de \$ 84,453.35, lo cual indicaría un ahorro de \$ 4,295.35, además de ello beneficia técnicamente, es decir merma la separación del material fino con el grueso, evita las fallas superficiales, y así mismo brinda mayor durabilidad que un camino no pavimentado. [12]

**J.U MANTILLA RIOS, “Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo:**

***Curgos- Choctmalca – Sector Miraflores, Distrito de Curgos- Sánchez Carrión- Lalibertad” tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, 2017***

Se realizó esta investigación debido a que la carretera que vincula el sector Miraflores con el distrito de Curgos se encuentra en muy mal estado, es decir su serviciabilidades muy mala, adicionado a ello presentaba un déficit en el drenaje, por lo que en época de invierno producto de las condiciones climáticas ha ocasionado fallas superficiales en la carretera. Así mismo en algunos tramos de la carretera median 2.50m lo cual no cumplía con la norma DG-2014 del MTC.

Este proyecto hizo uso de una imprimación reforzada de 39200 m<sup>2</sup> con MC-30 en la base granular, el cual tenía un costo de 7.82 por m<sup>2</sup> [13]

Bases teóricas

**MANUAL DE CARRETERAS, “SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS”. RD N°05-2013-MTC/14 (18.02.2013)**

El propósito de este documento ministerial realizado por el Ministerio de Transporte (MTC) es desenvolver la Sección de Suelos y Pavimentos que conforma el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos correspondientes a las Carreteras y Caminos, con el fin de brindar a los Ingenieros las pautas y criterios técnicos adecuados, idóneos para diseñar eficientemente las capas superiores y la superficie de rodadura de los caminos ya sea las carreteras no pavimentadas como las pavimentadas, proporcionándolas de estabilidad estructural como superficial para lograr su mejor desempeño posible en términos de eficacia técnico – económica en provecho de la sociedad en su conjunto. [14]

**MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO – 2008. RD N°303-2008-MTC/02 (04.04.08)**

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTC) ha elaborado el presente manual, teniendo en cuenta que las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito son vías que permiten el tránsito de los vehículos para satisfacer las necesidades primarias de la población, además de ser vías que representan más del 80% de la Red Vial Departamental (RVD) así como de la Red Vial Vecinal (RVV) .

Este manual es de carácter obligatorio en toda la nación, tanto para las autoridades que ejecutarán proyectos viables de uso público, así como también los proyectos uso privado deben atenerse como mínimo a este manual. [15]

**MANUAL DE CARRETERAS-CONSERVACION VIAL PAVIMENTOS. RD N°17-2013-MTC/14 (10.06.2013)**

El numeral 4.1 del artículo 4 del Reglamento Nacional de Gestión de infraestructura vial, aprobado por el DS N° 0352008-MTC hace referencia que el Ministerio de Transporte y Comunicaciones es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de infraestructura vial. Así mismo el artículo 21 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura vial hace presente que el presente manual abarca la normativa, guías y procedimientos para el trámite del cúmulo de actividades técnicas de índole rutinaria y periódica que se efectúa para que las vías se mantengan a un nivel de serviciabilidad adecuado o óptimo, tanto en los períodos de mantenimiento rutinario como del periódico. [16]

**MANUAL DE CARRETERAS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE CONSTRUCCION, VOLUMEN N°05, CHILE**

Este manual perteneciente al país chileno, sirve de prontuario, normativa, donde establece procedimientos, criterios, especificaciones y condiciones que deben cumplir los proyectos viales para brindar una seguridad vial, una sustentabilidad económica, social y técnico. [17]

**RECOMMENDED PERFORMANCE GUIDELINES(AEMA)**

La Asociación de Fabricantes de Emulsiones Asfálticas(AEMA) este cuarta edición de pautas recomendadas busca impulsar el uso de las emulsiones asfálticas en diferentes aplicaciones , tanto en sellados de viruta simple y múltiple, sellado doble o, lechadas de asfalto emulsionado ,en imprimaciones de emulsión asfáltica(AEP), mezclas de mantenimiento de emulsión asfáltica tanto en frío con en caliente, mezclas de arena utilizando emulsión asfáltica, mezclas de grado abierto utilizando emulsiones asfálticas, etc.

En este documento, describe, explica las funciones que tiene la emulsión asfáltica en cada aplicación, te rige las normas vigentes a considerar según el ASTM, así mismo

te brinda los procesos constructivos, los equipos necesarios que se utilizará para llevar a cabo las diversas aplicaciones ya mencionadas anteriormente, , te brinda las precauciones y la protección necesaria que se debe tomar en cuenta ante condiciones ambientales ,sumado a ello brinda tasas de aplicaciones según el material de superficie a la que será aplicada. [18]

#### Definición de Términos Básicos

**SUPERFICIE DE RODADURA:** Fracción de la carretera dedicada al tránsito vehicular, puede estar conformada por uno o más carriles los cuales no incluyen la berma. (Pautas de Metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras) [9]

**CAMINOS CON SUPERFICIE DE RODADURA DE AFIRMADO:** Este tipo de camino está conformado por afirmado en la parte superior de sus capas estructurales o en la superficie de la capa de rodadura. Este afirmado es material proveniente de cantera, que puede dosificarse mediante un zarandeo para tener la combinación idónea de material conformado por piedra, arena, finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de esta mezcla 25 milímetros (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos) [14]

**AFIRMADO:** Es una capa de material granular que es usado como superficie de rodadura en caminos no pavimentados, dicho material que soporta las cargas y esfuerzos generados por el tránsito vehicular. Esta capa debe contener la cantidad necesaria de material fino cohesivo para poder conservar adheridas las partículas. (“Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial”, MTC - 2013). [19]

**ASFALTO:** Es un coloide compuesto principalmente por asfáltenos y maltenos, de los cuales el primer compuesto representa la fase dispersa en el asfalto, mientras que el segundo la fase continua. [20]

**EMULSIÓN ASFÁLTICA:** Es el producto de la dispersión de agua con el asfalto haciendo uso de un molino de alta cizalla, debido a que estas no se pueden mezclar entre sí por la densidad que presenta cada una, pero haciendo uso de un emulgente

se logra conseguir la unión de estos. La emulsión asfáltica se clasifica según la carga de la partícula; entre sus clasificaciones tenemos las aniónicas, no iónica y las catiónicas, siendo este último el más empleado debido a su compatibilidad y adhesión que presentan con los áridos. (Kröger & Kröger, 2020). [20]

**ASFALTO LÍQUIDO MC-30:** Es un asfalto rebajado que está conformado por cemento asfáltico y un diluyente mediano de volatilidad intermedia (kerosene), el cual tiene una velocidad de evaporación media, es decir es de curado medio, [21]

**EMULSIONES ASFÁLTICA CSS-1H:** Es una emulsión catiónica, de curado lento, donde los glóbulos de asfalto tienen carga positiva, posee un contenido mínimo de asfalto de 57%.

**CURADO:** Es la evaporación total del agua y del asfalto generando que las partículas de la emulsión asfáltica como del líquido asfáltico permanezcan unidas al agregado debido a la formación de una película cohesiva. (“Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Serie N°19”) [22]

**TASA DE DOSIFICACIÓN:** Es la tasa de aplicación de la emulsión asfáltica por área, usualmente es en litros sobre metros cuadrados [23]

**ADHERENCIA EN LIGANTES:** Es la resistencia al desprendimiento de un ligante que se encuentra en contacto con el material granular, bajo el efecto de acciones externas como el viento, lluvia, etc. (“Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales”) [24]

**IMPRIMACIÓN REFORZADA BITUMINOSA :** Es el tratamiento superficial a penetración directa que se realiza en la capa de rodadura de afirmado, preliminarmente ha sido disgregada o escarificada y adecuada para favorecer a que se desarrolle un mayor descenso para la aplicación del líquido asfáltico, el cual se aplicará en 2 fases, un primer riego que representaría la primera fase o aplicación después de realizar la escarificación y perfilado, pasará a realizarse una compactación mediante un rodillo liso para tener una uniformidad en la capa de rodadura del afirmado, para posteriormente proceder a la aplicación del primer riego del material bituminoso el cual puede ser un MC-30, RC-250-MC-70 o una emulsión asfáltica, posterior al riego se dejará transcurrir un lapso de 24 a 48 horas sin la interrupción del tránsito vehicular

para que se realice un óptimo curado del líquido asfáltico y una óptima penetración. Después de dicho proceso se realizará un regado con agua si es que el ingeniero a cargo lo considera indispensable cuando el líquido asfáltico no llega a penetrar la parte inferior de la capa suelta. Seguidamente se vuelve a realizar una compactación mediante un rodillo luego y luego un rodillo neumático para lograr la densidad final. Después de ello se verificará que el líquido asfáltico no se adhiera al rodillo vibratorio se aplicará un segundo riego o la segunda fase de la aplicación del líquido asfáltico corrigiendo toda la imperfección que puede percibirse u observarse. Finalmente se dejará curar por un lapso de 24 a 48 horas para obtener una imprimación reforzada óptima y así penetre como mínimo lo requerido por el Manual de Conservación Vial del MTC (Manual de Diseño de Carreteras No pavimentadas De Bajo Volumen de Tránsito) [15]

**PARTICULAS PM10:** Es el material particulado con 10 micras de diámetro. Es una partícula suspendida en el aire, estas incluyen las partículas gruesas que tienen un tamaño entre 2.5 y 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , así como también las partículas finas que tienen un tamaño menor a 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM2,5). Las primeras ya mencionadas se generan por procesos mecánicos como obras de construcción, la resuspensión del polvo de los caminos y el viento. [25]

Marco teórico:

### **Carreteras no pavimentadas:**

#### **1. Definición:**

Son vías de bajo volumen de tránsito, generalmente con un volumen menor de 50 veh/día, siendo muy rara vez que llegue hasta 200 veh/día. Este tipo de carretera siendo conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras, presentan una característica especial, dado que como superficie de rodadura poseen material granular (afirmado)

#### **2. Clasificación:**

- Carreteras de tierra de suelo propio y natural, mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

- Carreteras gravosas o lastradas, caracterizadas por que están constituidos por una capa de revestimiento con material pétreo, siendo este seleccionado de manera manual o por zarandeo, poseyendo un tamaño máximo de 75mm(3in)
- Caminos afirmados, constituidos por una capa de revestimiento con material de cantera, dosificados naturalmente o por zarandeo, conformada por piedra, arena, finos o arcillas, siendo el tamaño máximo deseable del material 25mm(1in). Así misma está comprendida por los siguientes tipos:
  - ❖ Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
  - ❖ Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado
- Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:
  - ❖ Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.
  - ❖ Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. [14]

## **Suelos:**

### **1. Definición:**

Es todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves, quedando excluidas las rocas y los depósitos sedimentarios altamente cementados. [26]

La norma peruana C.E 0.20 de Suelos y taludes describe al suelo como aquel agregado natural de partículas mineral granular y cohesiva separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua.

### **2. Propiedades de los suelos:**

- 2.1. Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que tiene el suelo mediante un proceso de tamizado, el cual nos permite obtener en que proporción se encuentran los elementos constituyentes del suelo según el tamaño que posee.

Para poder determinar la mencionada propiedad y realizar la curva granulométrica que nos indique si el material o suelo está bien o mal graduado el manual de ensayo de material del MTC establece dos ensayos: “El análisis granulométrico del suelo por tamizado (MTC E 107)” y el “Análisis granulométrico por medio del hidrómetro (MTC E 109)”. [27]

2.2. La plasticidad: Es una propiedad física del suelo, en la que la fracción fina del suelo cuando entra en contacto con un determinado contenido de agua, este se comporta o bien como un sólido o puede llegar a comportarse como un líquido.

Por ende, se hace uso de los límites de Atterberg, de los cuales se divide en tres estados de consistencia respecto al contenido de agua o humedad.

- ❖ Límite líquido: Es la transición del suelo cuando este pasa de un estado semilíquido a plástico y puede ser manejable, manipulable o moldeable
- ❖ Límite plástico: Transición del suelo en el cual pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe
- ❖ Límite de contracción (retracción): El suelo pierde su humedad y deja de contraerse, pasado del estado semisólido a uno sólido.

El índice de plasticidad (IP) es la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar al suelo. [14]

$$IP = LL - LP$$

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Ilustración N°01: Clasificación del suelo según su IP [14]

2.3. Clasificación del suelo:

2.3.1. Clasificación SUCS: Es un sistema unificado de clasificación de suelos, el cual se basa en función de sus propiedades, por ende, es necesario saber el límite líquido, límite plástico y la granulometría del suelo. [21]

Primera Letra(Prefijo)	
Simbolo	Definición
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico

Segunda letra(Sufijo)	
Letra	Definición
P	Pobrememente graduado(Tamaño de partículas uniforme)
W	Bien graduado(Tamaño de partículas diversas)
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad

Ilustración N°02: Prefijo y sufijos para la clasificación de suelos SUCS [21]

Criterios para la asignación de nombres y símbolos de grupo de uso de pruebas de laboratorio			Clasificación de suelos	
			Grupo símbolo	Nombre de grupo <sup>b</sup>
Gravas más de 50% de grueso fracción retenida en tamiz N° 4	Gravas limpias menos del 5% de finos	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW	Grava bien graduada
		$C_u \leq 4$ y $1 \geq C_c \geq 3^e$	GP	Grava pobrememente graduada <sup>f</sup>
	Gravas con finos más de 12% finos <sup>c</sup>	Finos clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>f,g,h</sup>
		Finos clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>f,g,h</sup>
Arenas más de 50% pasante en tamiz N° 4	Arenas limpias menos del 5% de finos <sup>d</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	Arena bien graduada <sup>i</sup>
		$C_u \leq 6$ y $1 \geq C_c \geq 3^e$	GP	Arena mal graduada <sup>i</sup>
	Arenas con finos más del 12% de finos <sup>d</sup>	Finos clasifican como ML o MH	GM	Arena limosa <sup>g,h,i</sup>
		Finos clasifican como CL o CH	GC	Arena arcillosa <sup>g,h,i</sup>
Limos y arcillas LL < 50%	Inorgánicos	$IP > 7$ en o sobre la línea "A" <sup>j</sup>	CL	Arcilla magra <sup>k,l,m</sup>
		$IP > 4$ en o sobre la línea "A" <sup>j</sup>	ML	Limo <sup>k,l,m</sup>
	Orgánicos	(LL secado al horno/LL sin secar) < 0.75	OL	Arcilla orgánica <sup>k,l,m,n</sup> Limo orgánica <sup>k,l,m,o</sup>
Limos y arcillas LL > 50%	Inorgánicos	PI en o por encima de línea "A"	CH	Grasa arcilla <sup>k,l,m</sup>
		PI por debajo de línea "A"	MH	Elastico limo <sup>k,l,m,p</sup>
	Orgánicos	(LL secado al horno/LL sin secar) < 0.75	OH	Limo orgánico <sup>k,l,m,p</sup>

## Notas:

- Basado en el material que pasa el tamiz de 75  $\mu$ m
- Si la muestra de campo tiene bolones y/o cantos rodados, agregue la descripción "con cantos rodados y/o bolones"
- Grava con 5-12% de finos requieren dos símbolos  
GW-GM bien grava graduada con limo  
GP-GM poco de grava graduada con limo
- Arenas con 5-12% de finos requieren dos símbolos :  
Arena SW-SM bien graduada con limo  
SW-SC arena bien graduada con arcilla  
SP-SM mal clasificado arena con limo  
SP-SC mal clasificado arena con la arcilla
- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \text{Coef de uniformidad}$   
 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}(D_{60})} = \text{Coef de curvatura}$
- Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de arena, añadir "con arena" al nombre del grupo.
- Si las finos clasifican como CL-ML, de doble uso símbolo GC-GM, SC-SM
- Si los finos son orgánicos, añadir "con finos orgánicos" al nombre del grupo.
- Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de grava, añadir "con grava" al nombre del grupo.
- Si el límite líquido y el índice de plasticidad caen en el área rayada en la carta de plasticidad, el suelo es un CL-ML, arcilla limosa
- Si el suelo contiene 15-29% mayor a N°200, añádase "de arena" o "con grava", lo que sea predominante
- Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  mayor a N°200, añádase, en su mayoría de arena, agregue "arena" al nombre del grupo.
- Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  mayor a N°200, predominantemente agrava, añadir "grava" al nombre del grupo
- IP < 4 por debajo de línea "A"
- IP encima de línea "A"
- IP por debajo de línea "A"

Ilustración N°03: Clasificación del suelo según SUCS [21]

2.3.2. Clasificación AASHTO: Usado principalmente en carreteras, emplea una medida numérica de la calidad del suelo denominada Índice de Grupo (IG), el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$IG = (F-35)[0.2+0.005(LL-40)] + 0.01(F-15)(IP-10)$$

Siendo: IG: Índice de Grupo

F: % de pasante de la malla N°200

LL: Límite Líquido

IP: Índice de Plasticidad [21]

<b>Clasificación general</b>		<b>Material Granular ( 35% o menos del total pasa No.200)</b>					
Grupo de clasificación	A -1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite liquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta		Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena		
Valoración general del subgrupo		Excelente a bueno					

Ilustración N°04: Clasificación del suelo, Método AASHTO para material granular [28]

<b>Clasificación general</b>		<b>Material limo- arcilloso ( más del 35% del total pasa No.200)</b>			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7	
				A-7-5 (a) A-7-6 (b)	
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)					
No. 10					
No. 40					
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	
Características de la fracción que pasa No. 40					
Limite liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	
Tipos usuales de materiales que consta		Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo		Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30					
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30					

Ilustración N°05: Clasificación del suelo, Método AASHTO para material limo-arcilloso [28]

2.4. Humedad natural: La resistencia de los suelos, especialmente de los que poseen gran porcentaje de finos se ven influenciada o asociada a las condiciones de humedad y densidad que estos presentan. Así mismo es importante dado que al conocer esta propiedad podremos comparar con la humedad óptima obtenida tras el ensayo de Proctor modificado. [14]

2.5. Equivalente de arena: Es el ensayo que nos permite determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en el agregado fino. Este ensayo es menos preciso que el ensayo de límites de Atterberg.

Equivalente de Arena	Característica
si EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no heladizo
si EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

Ilustración N°06: Clasificación de suelos según equivalente de arena [14]

2.6. Capacidad de soporte: Determinado por el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), para medir la capacidad de soporte o resistencia del material, utilizado para determinar el módulo resiliente del material, siendo este fundamental para el diseño de pavimentos.

El ensayo de CBR está referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a la penetración de 2.54mm (0.1")

### **Afirmado:**

#### **1. Definición:**

Es la construcción de una o más capas de material granular que han sido debidamente seleccionados, siendo conseguido o elaborado de manera natural o procesada, cumpliendo los estándares o requisitos de calidad ya establecidos. Dicho material debe poseer cantidad específica de material fino y cohesivo, para poder lograr una adherencia con el material grueso, de manera que estén aglutinadas todas estas.

El presente material es utilizado como superficie de rodadura de una carretera o pavimentada. [29]

## 2. Requisitos de calidad de los materiales:

Los materiales a utilizar para la elaboración del afirmado, deben ser granulares naturales y procedente de excavaciones, canteras o proveniente de la trituración de rocas, gravas o una mezcla de materiales de diversas procedencias. Estas partículas de agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas y sin materia orgánica.

Entre los requisitos de calidad tenemos:

- Ensayo de Abrasión o desgaste de los Ángeles : 50% máximo
- Límite Líquido : 35% máximo
- Índice de Plasticidad : 4-9%
- CBR (1) : 40% mínimo

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y Penetración de Carga de 0.1''(2.5mm)

- Análisis granulométrico

Clasificación de suelos	
AASHTO M-145	SUCS ASTM – D-2487
A - 1-a	GW,GP,GM.SW.SP.SM
A - 1-b	GW,GP,GM.SP
A - 2	GM,GC, SM,SC
A - 3	SP
A - 4	CL,ML
A - 5	ML,MH,CH
A - 6	CL,CH
A - 7	OH,MH,CH

Ilustración N°07: Tipos de suelos correlacionados con AASHTO-SUCS [30]

Tamiz	%					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2'')	100	-				
37,5 mm (1/2'')	100	-				
25 mm (1'')	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4'')	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8'')	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (Nº 04)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (Nº 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (Nº 40)	15-85	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (Nº 200)	5-20	5-20	5-10	5-20	6-20	8-25

Ilustración N°08: Requisitos de calidad del afirmado (AASHTO-M147) [31]

### 3. Requerimientos de construcción:

- 3.1. Extensión, mezcla y conformación del material: Se dispondrá en un cardón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad, se realizará el mezclado y finalmente el conformado del material, siendo necesario el riego o humedecimiento del material para la compactación de esta.
- 3.2. Compactación: Antes de realizar la compactación es necesario que el material tenga la humedad óptima, para lograr la densidad especificada. La compactación se realizará de manera longitudinal, iniciando por los bordes exterior y avanzando hacia el centro de la calzada.
- 3.3. Apertura al tráfico: Para la apertura al tráfico es necesario que la carpeta de rodadura haya llegado a la compactación estipulada o haya completado la compactación. En el caso que no fuera posible el tránsito que circulará por la calzada se debe distribuir de tal manera que no queden huellas de rodadura en la superficie.

### 3.4. Aceptación de los trabajos:

#### Ensayos y Frecuencias

Material o producto	Propiedades y características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m3	Cantera (2)
	Límites de consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m3	Cantera (2)
	Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2000 m3	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2000m3	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250m2	Pista

Ilustración N°09: Ensayos y Frecuencia a realizar en el afirmado [29]

(1) En caso los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad

(2) Material preparado previo a su uso

#### **4. Calidad del trabajo terminado:**

4.1. Compactación: Los ensayos de densidad deberán ser como mínimo el 100% de la densidad obtenida mediante el ensayo de Proctor modificado. Así mismo la humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 2.0$  % con respecto al óptimo contenido de humedad.

## **Ensayos normalizados al afirmado:**

### **1. Definición:**

Son ensayos de carácter obligatorio estipulados internacionalmente por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y tomando a estos como base, al nivel nacional el manual de ensayo de materiales del MTC, que sirven para determinar la calidad de los materiales, además de ser instrumentos técnicos en las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial. [27]

### **2. Ensayos:**

2.1. Ensayo de granulometría por tamizado: Tiene como finalidad determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de las partículas del material hasta llegar al tamiz N°200(74mm)

➤ Materiales:

1. Tamices: Se emplean los siguientes tamices para el desarrollo del ensayo.

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

Ilustración N°10: Tamices de malla cuadrada a emplear [27]

2. Envases, cepillo y brochas

➤ Procedimiento:

1. Análisis granulométrico por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz N°4(4.760mm)

1.1. Separamos la porción de la muestra retenida en el tamiz N°4, en una serie de fracciones usando los siguientes tamices: [27]

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	9,500
N° 4	4,760

Ilustración N°11: Tamices a utilizar para la fracción gruesa del material. [27]

1.2. Se realiza el tamizado manual, el cual consiste en mover el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Si quedan partículas apresadas en la malla, debe separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

1.3. Se determinará el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

## 2. Análisis granulométrico de la fracción fina

2.1. El análisis granulométrico de la fracción que pasa por el tamiz N°4, hasta llegar al tamiz N°200 [27]

### ➤ Cálculos

1. Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz N°4(4.760mm)

1.1. Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz N°4, dividiendo el peso que cada dicho tamiz por el peso total del suelo y se multiplica por 100 para obtener el peso de la porción retenida en el tamiz, restándole el peso original, el peso pasante por el tamiz N°4.

1.2. Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 3/8''(9.52mm), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz N°4(4.760mm), el peso de la fracción que pasa

el tamiz de 3/8''(9.52mm) y queda retenida en el tamiz N°4. Para los demás tamices se realiza el cálculo igualmente.

1.3. Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica por 100 al resultado.

1.4. Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz N°200 con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Pasa por el tamiz N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso Retenido en el tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso total}} \times 100$$

Ilustración N°12: Porcentaje que pasa por el tamiz N°200. [27]

1.5. El porcentaje retenido sobre cada tamiz se calcula de la siguiente manera:

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

Ilustración N°13: Porcentaje retenido en cada tamiz. [27]

1.6. Se calcula el porcentaje más fino, restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Ilustración N°14: Porcentaje más fino. [27]

2.2. Límite líquido: Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en límite entre los estados líquidos y plásticos. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 1/2'' cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo. [27]



Procedimiento multipunto:

1. Colocar una porción del suelo preparado en la copa Casagrande en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de 10mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal, evitando la formación de burbujas de aire atrapadas en la pasta, así mismo se debe cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo para evitar la pérdida de humedad de la muestra.
2. Utilizando el acanalador, dividimos la muestra de la copa Casagrande, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto con el más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento.
3. Verificar que no existan restos de la muestra debajo de la copa para proceder a levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de  $\frac{1}{2}$ "', luego se procede a verificar que no se haya producido un cierre prematuro debido a las burbujas de aire. En el caso que se haya producido el cierre prematuro se debe volver a formar el suelo en la copa Casagrande, agregando una pequeña cantidad del suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración.
4. Se registra el número de golpes (N) necesarios para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido y cubrirlo.
5. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa Casagrande a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
6. Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.

7. Determinar el contenido de humedad,  $W^n$ , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de determinar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de interrupción

➤ Cálculo:

1. Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W^n$ , y el número de golpes correspondientes (N) de la copa de Casagrande sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como la abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más graficados. Posteriormente tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes, siendo este resultado el Límite líquido del suelo.
2. Otra manera de calcular el límite líquido, es empleando las siguientes ecuaciones:

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

Donde:

N= Nro. de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

$W^n$ = Contenido de humedad del suelo

K = Factor para límite líquido [27]

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

Ilustración N°15: Factor para límite líquido según el número de golpes. [27]

2.3 Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP): Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que puede formarse barritas de suelo de 1/8'' (3.2mm) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa(vidrio esmerilado) sin que las barritas se desmoronen.

➤ Muestra:

1. Se toma una muestra de unos 15 gramos de porción de suelo humedecida y amasada con agua destilada, preparada para el ensayo de límite líquido. La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. En caso el ensayo se ejecute después de realizarse el ensayo de límite líquido y en dicho lapso de tiempo se ha secado, se añade más agua.

➤ Procedimiento:

1. Se moldea la mitad de la muestra dándole una forma elipsoide,

para luego rodarla con los dedos sobre una superficie lisa para formar cilindros.

2. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de 1/8''(3.2mm) no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

Cabe recalcar que, en suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozo de unos 6mm de longitud, en cambio en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

3. Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continua el proceso hasta reunir unos 6 gramos de suelo y se determina la humedad de acuerdo al ensayo de contenido de humedad del suelo.
4. Finalmente se vuelve a repetir el mismo proceso con la otra mitad de la masa. [27]

➤ Cálculos:

1. El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero, se calcula con la siguiente ecuación:

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

Ilustración N°16: Cálculo del límite plástico. [27]

2. El índice de plasticidad se representa entre la diferencia del Límite líquido y el límite plástico.

2.4 Abrasión de los Ángeles: Establece el procedimiento para ensayar los agregados gruesos de tamaños menos a 1 ½”, para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de los ángeles.

➤ Muestra:

1. Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Ilustración N°16, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado como conforme para el trabajo.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (⅜")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (N° 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Ilustración N°17: Gradación de las muestras de ensayo. [27]

2. Se obtendrá una muestra de campo de acuerdo al ensayo “Muestreo para materiales de construcción (MTC E 201)” y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C 702.

➤ Procedimiento:

1. Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm y 33 rpm, por 500 revoluciones. Luego de finalizar las revoluciones, se descarga el material de la máquina de los Ángeles y se realiza una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz N°12(1.70mm).
2. Se tamiza la porción más fina que 1.79mm conforme al ensayo de Granulometría por tamizado (MTC E 204). Lavar el material más grueso que la malla N°12 y secar al honor a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , hasta peso constante.

➤ Cálculos:

1. Calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. [27]

## 2.5 Ensayo de CBR de suelos en laboratorio:

➤ Cálculos:

1. Humedad de compactación: El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada  
h = Humedad natural

Ilustración N°18: Humedad de compactación. [27]

2. Densidad o peso unitario: La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en el Proctor modificado o normal, para determinar la densidad máxima y humedad óptima.
3. Agua absorbida: Se puede calcular de dos maneras, una es la diferencia entre la humedad antes y después de la inmersión que se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbidas. La otra manera es utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
4. Presión de penetración: Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba, el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva.
5. Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión

ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes.

[27]

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Ilustración N°19: Relación de penetración y presión del pistón sobre el suelo. [27]

Para calcular el índice de CBR, se procede a:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman valores correspondientes a 0.1''(2.54mm) y 0.2''(5.08mm) de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto, que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 0.1''(2.5mm) y a 0.2''(5.08mm)
- De la curva corregida tómense los valores de esfuerzo – penetración para los valores de 0.1''(2.54mm) y 0.2''(5.08mm) y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 1001lb/pulg<sup>2</sup>(6.9Mpa) y 1500lb/pulg<sup>2</sup>(10.3Mpa) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente de 0.1''(2.54mm) de penetración. Cuando la relación a 0.2''(5.08mm) de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 0.2'' de penetración. [27]

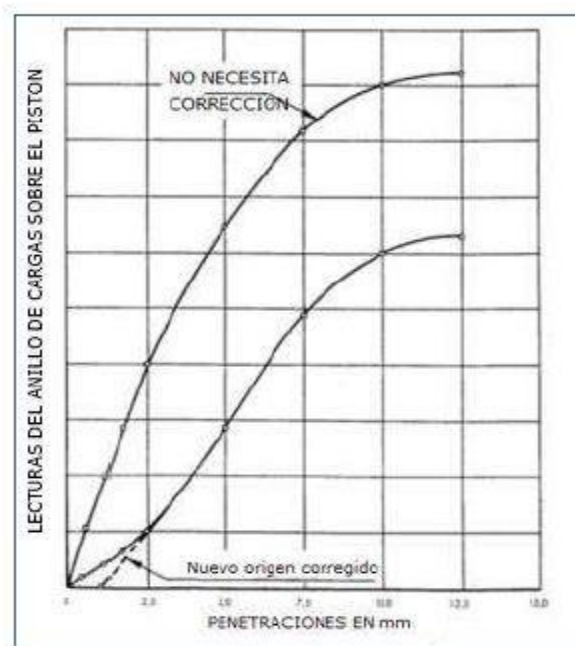


Ilustración N°20: Curva para cálculo de índice de CBR. [27]

2.6 Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio: Es un ensayo establecido para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

➤ Muestra:

1. Agregado fino: El agregado fino para el ensayo se pasará por un tamiz normalizado 9.50mm (3/8"). La muestra será de un peso tal, que una vez tamizada queden por lo menos 100 gramos de material en cada uno de los tamices. Los pesos retenidos serán por lo menos de 5% de la muestra tamizada, expresados en función de los siguientes tamices:

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el Tamiz normalizado
600µm (N° 30)	300µm (N° 50)
1,18 mm (N° 16)	600µm (N° 30)
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (N° 4)

Ilustración N°21: Tamices empleados en agregado fino para el ensayo de durabilidad a los sulfatos [27]

2. Agregado grueso: El agregado grueso será el material retenido en el tamiz N°4(4.75mm). Este material se ensayará de acuerdo con el procedimiento descrito para agregado fino. La muestra será de un peso tal que una vez tamizada queden las siguientes cantidades de cada uno de los distintos tamaños de los tamices.

Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en g
<b>Consistiendo de:</b>	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ±10
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ±10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

Ilustración N°22: Tamices empleados en agregado grueso para el ensayo de durabilidad a los sulfatos [27]

➤ Preparación de la muestra:

1. Agregado fino: Se lava totalmente la muestra sobre el tamiz N°50, para posteriormente secar el material hasta lograr peso constante a 105° o 110°C, luego se separa en los diferentes tamaños, mediante el tamizado mostrado en la Ilustración N°19. Cabe recalcar que no se usará el agregado fino que se haya adherido a las mallas de los tamices utilizados. Finalmente se pesan las muestras de 100gr de cada una de las fracciones después del tamizado final y se colocarán en envases individuales para el ensayo.
2. Agregado grueso: Se realiza el lavado y secado de la muestra del agregado grueso, para luego separar en diferentes tamaños según la Ilustración N°20. Para posteriormente colocar cada

muestra en envases individuales para el respectivo ensayo.

➤ Procedimiento:

1. Se inmerge las muestras a la solución de sulfato, ya sea el de sodio o de magnesio, en no menos de 16 horas ni mayor a 18 horas, teniendo en cuenta que la solución cubra a una profundidad de por lo menos 1.5 centímetros. Se tapan los envases para evitar la evaporación.

Se saca la muestra de agregado de la solución de sulfato, dejándolo escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos, para posteriormente se coloca al horno a una temperatura de  $105^\circ$  a  $110^\circ\text{C}$  para que la muestra se seque llegando a un peso constante durante un periodo de 2 a 4 horas. Finalmente se retira la muestra del horno, y se espera a que se enfríe a una temperatura ambiente para nuevamente repetir el proceso de sumersión al sulfato hasta obtener el número de ciclos requeridos. [27]

➤ Cálculos:

1. Verificación cuantitativa:

1.1. Después de completar el ciclo final del ensayo y el enfriado de la muestra a temperatura ambiente, se lava cada fracción por separado con el objetivo de eliminar el sulfato (sodio o magnesio). Los últimos lavados se realizarán con agua destilada y mediante la reacción con cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) para corroborar que el agua de lavado esta libre de sales.

1.2. Después de ello, se seca la muestra a una temperatura de  $105^\circ$  a  $110^\circ\text{C}$ , luego se tamiza el agregado fino a través del tamiz en el cual estaba retenido antes del ensayo. En el caso del agregado grueso se tamizará para cada tamaño apropiado de partícula, a través de la Ilustración N°21 [27]

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	31,5 mm (1 ¼")
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (¾")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (¾") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	4,0 mm (Nº 5)

Ilustración N°23: Tamices para determinar la pérdida en el agregado grueso [27]

1.3.Finalmente se pesa el material retenido en cada tamiz, y la diferencia entre cada una de estas y el peso inicial de la muestra ensayada es la pérdida de peso, la cual será expresada como porcentaje del peso inicial utilizado.

## **Emulsiones asfálticas:**

### **1. Definición:**

Es el producto de la dispersión de agua con el asfalto haciendo uso de un molino de alta cizalla, debido a que estas no se pueden mezclar entre sí por la densidad que presenta cada una, pero haciendo uso de un emulgente se logra conseguir la unión de estos. La emulsión asfáltica se clasifica según la carga de la partícula; entre sus clasificaciones tenemos las aniónicas, no iónica y las catiónicas, siendo este último el más empleado debido a su compatibilidad y adhesión que presentan con los áridos. (Kröger & Kröger, 2020). [20]

### **2. Materiales y equipos para su fabricación:**

#### **2.1. Materiales:**

- a) **Asfalto o betún:** Proviene esencialmente de la refinación del crudo de petróleo, por ende, está compuesto de grandes moléculas de hidrocarburos y composición química variada. Las propiedades químicas y físicas del asfalto dependen básicamente a las variaciones en las fuentes de petróleo y sus sistemas de refinación de este.

Es el elemento primordial de la emulsión asfáltica, dado que constituye entre un 50 y 75% de emulsión.

Debido a su compleja interacción de las diferentes moléculas hace casi imposible predecir con precisión el comportamiento de un asfalto que será emulsificado, por este motivo se realizan continuamente controles de calidad de las emulsiones. [22]

- b) **Agua:** Es el segundo componente de la emulsión asfáltica, por lo cual es muy importante que el agua no presente impurezas dado que pueden generar un desequilibrio en los componentes de la emulsión, generando una rotura prematura.

La presencia de iones de calcio y magnesio son beneficiosos para el caso de emulsiones catiónicas, dado que las vuelve más estables durante el almacenamiento. Por el contrario, la presencia de estos

iones es perjudiciales para las emulsiones aniónicas. [22]

- c) Emulsificante o agente emulsivo : Es un agente tensioactivo o surfactante, es importante dado que determina en la clasificación de las emulsiones como catiónicas, aniónicas , non-aniónicas. Así mismomantienen las gotitas de asfalto en suspensión estable y contra el tiempo de rotura.

En el caso de emulsificantes aniónicos más comunes son los ácidos grasos, que son productos derivados de la madera (resinas, ligninas, etc.). Estos emulsificantes al reaccionar con hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) se saponifican (se convierten en jabón).

Por otra parte, los emulsificantes catiónicos más comunes son aminsgrasas, como es el caso de diaminas, imidazolinas y amidoaminas. Estas necesitan reaccionar con el ácido (ácido clorhídrico) para para saponificarse o convertirse en jabón. En cambio, las grasascuaternarias de amonio al ser solubles en agua no requieren ningún ácido [22]

- d) Ácidos: El más utilizado es el ácido clorhídrico

## 2.2.Equipo de emulsificación

Para la elaboración de la emulsión asfáltica, se requiere como equipo fundamental un molino coloidal, que es un equipo mecánico de alta velocidad(17-100Hz o 1000-6000RPM) y altas tensiones de corte, que sirve para dividir el asfalto en pequeñísimas gotas(0.001 a 0.010mm), asímismo también está conformado por un tanque para la solución del emulsificante o agente emulsivo, un tanque para el asfalto caliente(120°-140°C) , sendas bombas y medidores de caudal, los cuales estos equipos deben ser de material que sean resistentes a la corrosión dado que la solución emulsiva tiende a ser altamente corrosiva. [22]

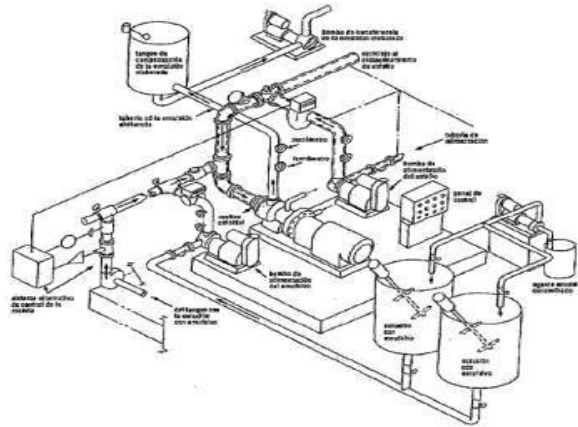


Ilustración N°24: Diagrama de una planta de elaboración de emulsión asfáltica [22]

### 2.3. Proceso de emulsificación:

El proceso consiste en que el asfalto caliente (120 a 140°C, para alcanzar una baja viscosidad, generando que se formen pequeñas gotas) y la solución jabonosa que está conformada por agua (20°-60°C), agente emulsificante (85° a 90°C) y ácido clorhídrico (depende del agente emulsificante) alimente el molino coloidal. Es importante recalcar que la temperatura de la emulsión al salir del molino coloidal debe ser menor al punto de ebullición del agua (100°C). La emulsión tras abandonar el molino coloidal es bombeada a tanques de almacenamiento a granel que pueden ser equipados con agitadores mecánicos permitiendo mantener una uniformidad de la emulsión asfáltica. [22]

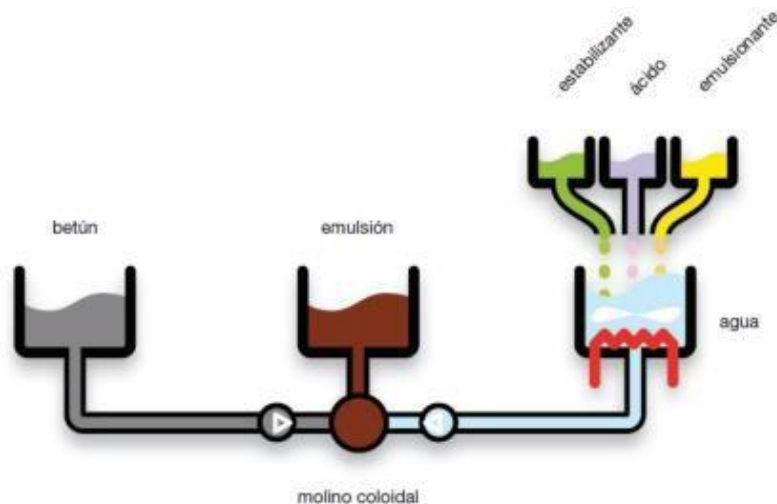


Ilustración N°25: Proceso de emulsión asfáltica [32]

El tamaño de las partículas de asfalto es un factor vital en la elaboración de una emulsión asfáltica estable. En la Ilustración N°08 se puede observar una fotografía a nivel microscópico de una típica emulsión asfáltica, donde se puede percatar los promedios de tamaños de partículas:

Menor de 0.001mm (1 $\mu$ m) .....	28%
0.01a 0.005mm (1 a 5 $\mu$ m).....	57%
0.005 a 0.010mm ( 5 a 10 5 $\mu$ m) .....	15%

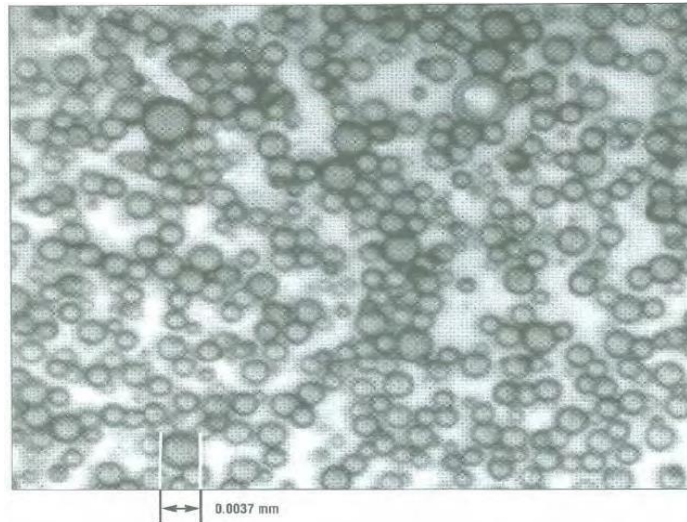


Ilustración N°26: Tamaño Relativos y distribución de las partículas de asfalto en una emulsión [22]

### 3. Clasificación de las emulsiones:

3.1. Carga de partícula: La química y tipo de emulsificante determina la aplicación final de la emulsión

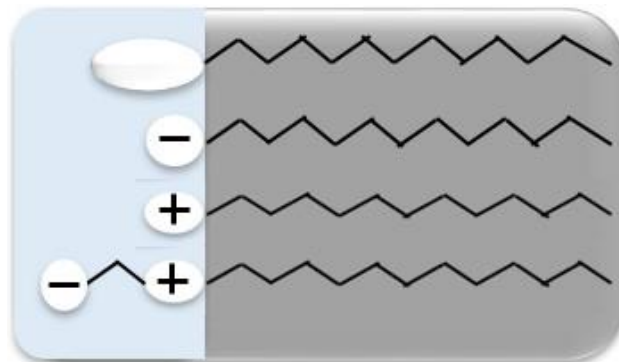


Ilustración N°27: Tipos de emulsión asfáltica por carga de partícula

- Non-iónico
- Anfotérico
- Aniónico: Se llaman así debido a que cuando dos electrodos se sumergen en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el Ánodo, por ende, estas poseen cargas negativas, siendo un aspecto importante dado que este tipo de emulsión presentan mayor adherencia o afinidad sobre los agregados cargados positivamente como, por ejemplo: calizas y balastos. Usualmente compuesta por emulsificante, agua, Soda Cáustica (NaOH) y asfalto

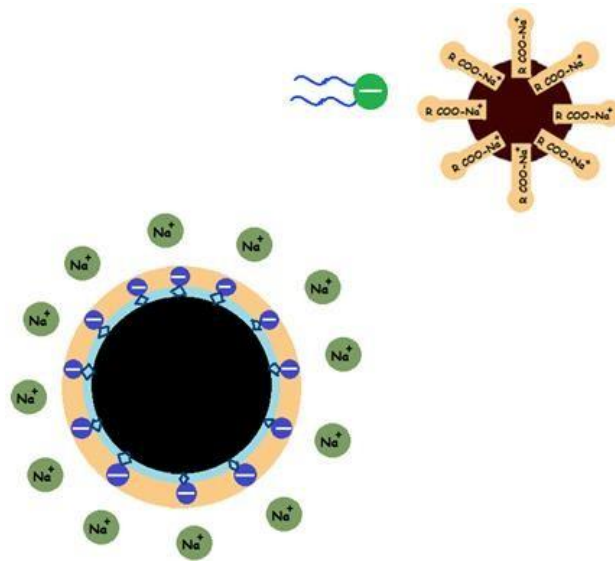


Ilustración N°28: Estructura de una emulsión Aniónica

- Cationico: En este tipo de emulsión cuando dos electrodos se sumergen en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos del asfalto se dirigen hacia el cátodo, por ende, estas poseen cargas eléctricas positivas. Presentan mayor adherencia o afinidad con las materias pétreas electronegativas como el cuarzo. Compuesta por emulsificante, agua, ácido clorhídrico (HCL) y asfalto.

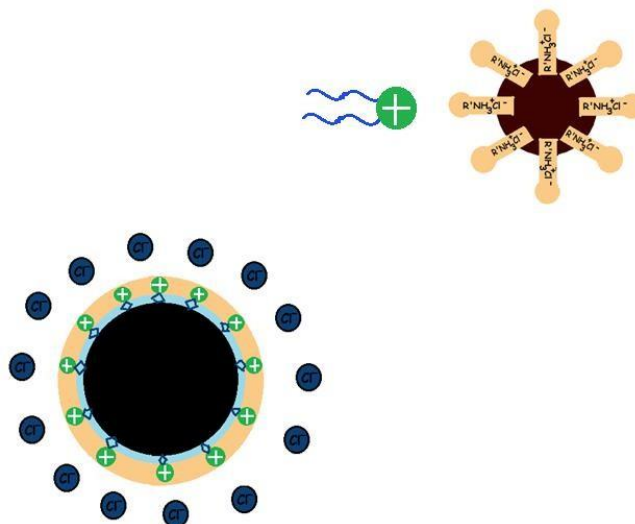


Ilustración N°29: Estructura de una emulsión Catiónica

Emulsión aniónica	Emulsión catiónica
RS - 1	CRS - 1
RS - 2	CRS - 2
MS - 1	-----
MS - 2	CMS - 2
MS - 2h	CMS - 2h
HFMS - 1	-----
HFMS - 2	-----
HFMS - 2h	-----
SS - 1	CSS - 1
SS - 1h	CSS - 1h

Ilustración N°30: Clasificación de emulsiones de acuerdo a AASHTO y ASTM [22]

### 3.2. Tipo de rompimiento:

- ✓ Rompimiento rápido (RS): Emulsiones muy reactivas por reacción con el agregado, aún con agregados muy poca carga. Adecuadas paratratamientos superficiales para mantenimiento de carreteras, ejemplo: Trabajos de bacheo, riego de gravilla, riegos de liga
- ✓ Rompimiento medio (MS): Emulsiones de reactividad y estabilidad paulatina con ruptura por reacción con el agregado. Pueden ser usadas para mezclas abiertas con pocos finos y mezclas densas con alto equivalente de arena, usado también en la reavivación de un pavimento asfáltico o antiguo.

- ✓ Rompimiento lento (SS): Emulsiones poco reactivas, en algunos casos la ruptura es por evaporación
- ✓ Rompimiento Súper-estables: Emulsiones que no reacciona con el agregado, la ruptura es por evaporación. Recomendada para mezclas densas en frío, y Slurry Seal-Slow Set
- ✓ Rompimiento Controlado o Quick Setting “QS”: El tiempo de rompimiento es controlado según el diseño. Son susceptibles a la incorporación de aditivos retardadores y reductores. Son usadas en aplicaciones de microsuperficie y Slurry Seal Quick Set-Quick traffic, para abrir al tráfico lo más rápido posible. [22]

#### 4. Nomenclatura:

- La letra “C”, encabezado que identifica una emulsión catiónica, y la ausencia de esta letra indica una emulsión aniónica.
- La numeración, indica la viscosidad relativa de la emulsión. Los grados con un “2” son más viscosos que los grados con un “1”.
- La letra “h” (hard), significa que la capa estabilizada es más consistente o dura.
- La letra “s” (soft), significa que la base asfáltica es más blanda.
- La terminología “HF” (high-float) indica alta flotación [22]

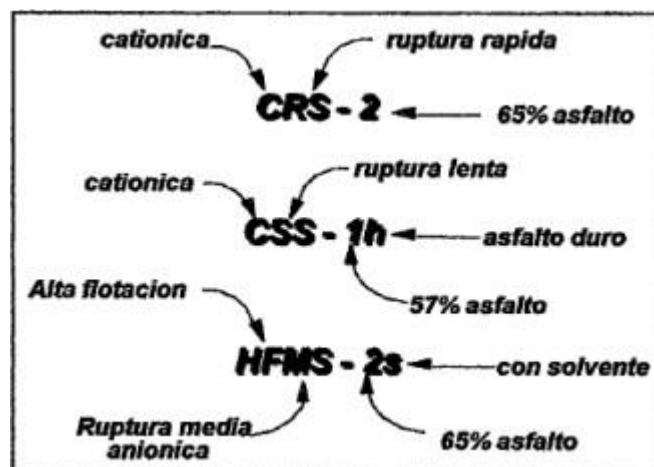


Ilustración N°31: Nomenclatura para la identificación de las emulsiones asfálticas [22]

Emulsión	Catiónica	Aniónica	Curado o Ruptura	Contenido mínimo de asfalto(%)	Observación
SS-1		X	Lento	57	
SS-1h		X	Lento	57	
QS-1h		X	Lento	57	ASTM D 3910
CSS-1	X		Lento	57	
CSS-1h	X		Lento	57	
CSS-1hP	X		Lento	57	3% polímero
CQS-1h	X		Lento	57	ASTM D 3910
MS-1		X	Medio	55	
MS-2		X	Medio	65	
MS-2h		X	Medio	65	
CMS-2	X		Medio	65	
CMS-2h	X		Medio	65	
HFMS-1		X	Medio	65	Alta flotación
HFMS-2		X	Medio	65	Alta flotación
HFMS-2s		X	Medio	65	1-7% solvente
HFMS-2h		X	Medio	65	Alta flotación
RS-1		X	Rápido	55	
RS-2		X	Rápido	63	
CRS-1	X		Rápido	60	
CRS-2	X		Rápido	65	
CRS-2P	X		Rápido	65	3% polímero
HFRS-2		X	Rápido	63	Alta flotación

Ilustración N°32: Denominación de las emulsiones asfálticas [22]

## 5. Ensayos o pruebas de calidad a las emulsiones asfálticas:

5.1. Viscosidad Saybolt Furol: Este ensayo establecido en la ASTM D 7496 y ASTM D 244. Determina la fase o estado de fluidez o viscosidad de la emulsión a la temperatura de investigación. Se desarrolla por un viscosímetro del tipo Saybolt, en el cual se cronometra el tiempo(seg) en que la muestra de emulsión llena un matraz o vasija aforado de 60cm<sup>3</sup>, se ejecuta a temperaturas de 25°C y 50°C, las cuales cubren el intervalo normal de trabajo. [33]

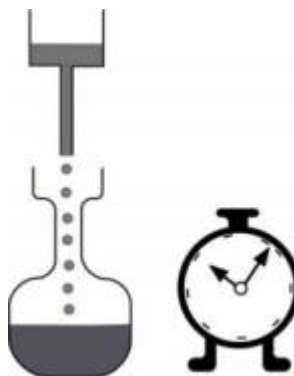


Ilustración N°33: Medición de Viscosidad Saybolt Furol [33]

5.2. Destilación, Contenido de asfalto residual: Establecido en el ASTM D244, determina las proporciones de agua y residuo asfáltico de la emulsión. El residuo asfáltico se emplea posteriormente en los ensayos de penetración, ductilidad y solubilidad [33]



Ilustración N°34: Medición de Contenido de Asfalto [34]

5.3. Estabilidad de almacenamiento, 24 horas, %: Llamado también ensayo de asentamiento o sedimentación, se fundamenta en obtener la tendencia de los glóbulos de asfalto para sedimentarse o asentarse durante un almacenamiento prolongado, lo cual se puede vincular como una medida del rompimiento o deterioro de la misma en el tiempo. [35]



Ilustración N°35: Prueba de estabilidad o asentamiento [34]

5.4. Prueba de tamizado: Llamado también prueba del tamaño de partícula (ASTM D6933), mediante este ensayo se determina cuantitativamente el contenido de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes, que podrían atascar o ocluir los equipos de aplicación. Además de indicar que tan estable pueda encontrarse la emulsión. [35]



Ilustración N°36: Prueba de tamizado o tamaño de partícula [34]

5.5. Prueba de carga eléctrica de partículas: La prueba de carga electrostática se fundamenta en determinar de forma cualitativa, el tipo de carga del emulsificante y por ende el tipo de emulsión asfáltica. [34]



Ilustración N°37: Prueba de carga eléctrica de partícula [34]

5.6. Penetración a 25°C: La prueba de penetración (ASTM D 5) es una medida de la consistencia del cemento asfáltico a una temperatura de 25°C, haciendo que una aguja sea cargada con un peso de 100gr, y se le permite penetrar en una muestra de CA durante 5 seg. La distancia que se introduce la aguja en la muestra es un indicador de la rigidez del material, por ende, los asfaltos cementos asfálticos más blandos permitirán mayores penetraciones que los asfaltos más rígidos. [34]

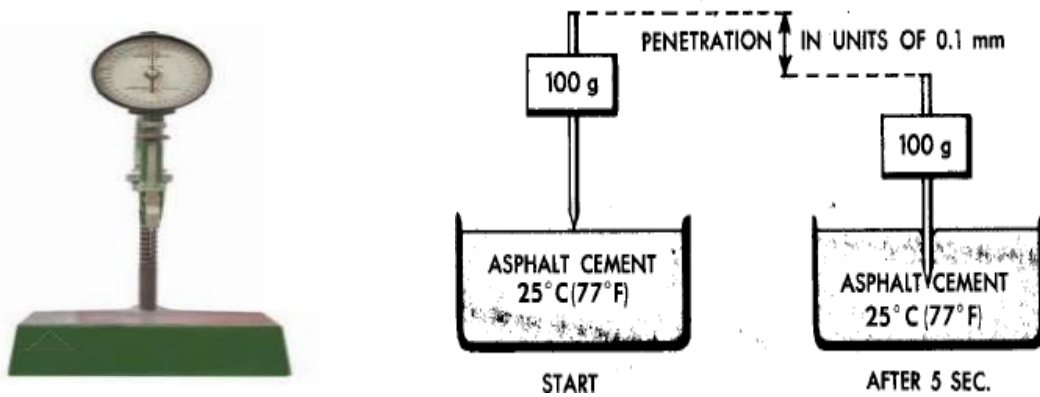


Ilustración N°38 y 39: Ensayo de Penetración de materiales bituminosos [34]

5.7. Ductilidad de asfaltos a 25°C: La prueba de ductilidad nos permite determinar la capacidad que tiene algunos materiales de experimentar grandes deformaciones sin perder su resistencia. En el caso de la emulsión asfáltica se mide la ductilidad para saber la capacidad que tiene este a elongarse antes de romperse, bajo condiciones controladas.

Asfaltos con una ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a cambios de temperatura, por lo tanto, se deformará [34]



Ilustración N°40: Ensayo de ductilidad de asfaltos a 25°C [34]

5.8. Solubilidad en Tricloroetileno, % : El ensayo de Solubilidad (ASTM D 2042), determina el contenido de compuestos aglomerantes activos y el contenido de material inerte o minerales. Es una medida de pureza del cemento asfáltico. [34]



Ilustración N°41: Ensayo de solubilidad en tricloroetileno [34]

## 6. Especificaciones para emulsiones catiónicas:

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		COS-1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<b>Prueba sobre Emulsiones</b>														
- Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h, % <sup>(**)</sup>	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demulsibilidad, 35 cm <sup>3</sup> , 0.8% Dioctilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Revestimiento y Resistencia al agua:														
- Revestimiento agregado seco					Bueno				Bueno					
- Revestimiento, agregado seco después del secado					Aceptable				Aceptable					
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable				Aceptable					
- Revestimiento, agregado húmedo después del secado					Aceptable				Aceptable					
Carra de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamiz % <sup>(**)</sup>	-	0.1	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Mezcla con Cemento, %	-		-		-		-		2.0		2.0		-	
Destilación:														
- Destilación de aceite, por volumen de destilado	-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	-	-	-
- % Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-
<b>Pruebas sobre el Residuo de destilación:</b>														
- Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 <sup>(a)</sup>	250 <sup>(a)</sup>	100 <sup>(a)</sup>	250 <sup>(a)</sup>	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
	50 <sup>(a)</sup>	150 <sup>(a)</sup>	50 <sup>(a)</sup>	150 <sup>(a)</sup>										
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
- Solubilidad en Tricloroetileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

Ilustración N°42: Especificaciones para emulsión asfáltica catiónica [29]

## 7. Aplicación de la emulsión asfáltica:

Entre los más importantes y primordiales aplicaciones en el que se puedan utilizar las emulsiones son:

- Tratamientos a la superficie: Chip seal, sellos de niebla (Fogseal), sellos de lechada asfáltica (Slurry seal), microsurfacing y capeseal.
- Asfaltos reciclados: Reciclado en frío en sitio (Cold in place), mejoramiento de base, reciclado en caliente en sitio (Hot in place), reciclado en caliente en planta.
- Otras aplicaciones: Bacheo, riego de imprimación, riego de liga, sellado de grietas, impermeabilización. [36]

Tipo de emulsión Aplicación	Aniónica			Catiónica			
	RS	MS	SS	CRS	CMS	CSS	CQS
Riegos de emulsión							
Tratamientos superficiales (TS)	•			•			
Sellos de niebla		•	•		•	•	•
Riego de liga		•	•	•	•	•	
Riego de imprimación		•	•			•	
Lechadas asfálticas							
Sellos de lechada asfáltica		•	•			•	•
Microcapas (modificada con polímero)						•	
Combinación de TS + Sellos de lechada asfáltica	•			•			
Mezcla en planta							
Granulometría abierta / semi-densa		•			•		
Granulometría densa		•	•			•	•
Reciclado en caliente (RAP)		•				•	•
Bacheo		•				•	
Mezcla en sitio							
Reciclado en frío (RAP)		•			•	•	•
Estabilización de bases			•				•
Granulometría densa			•			•	•
Bacheo		•			•		

Ilustración N°43: Técnicas de aplicación para cada tipo de emulsión asfáltica [36]

## Asfaltos líquidos o asfaltos rebajados:

### 1. Definición:

Son materiales asfálticos de consistencia blanda o fluida, que pueden ser utilizados en riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto y tratamientos superficiales. [29]

Consiste en la mezcla de cemento asfáltico y un solvente. La velocidad a la que cura se relaciona con la volatilidad de los disolventes usados. Los asfaltos rebajados con disolventes más volátiles curarán más rápido a medida que el disolvente se evapora. Por el contrario, los asfaltos rebajados hechos con disolventes menos volátiles curarán más lento a medida que el disolvente se evapora más lentamente. [37]

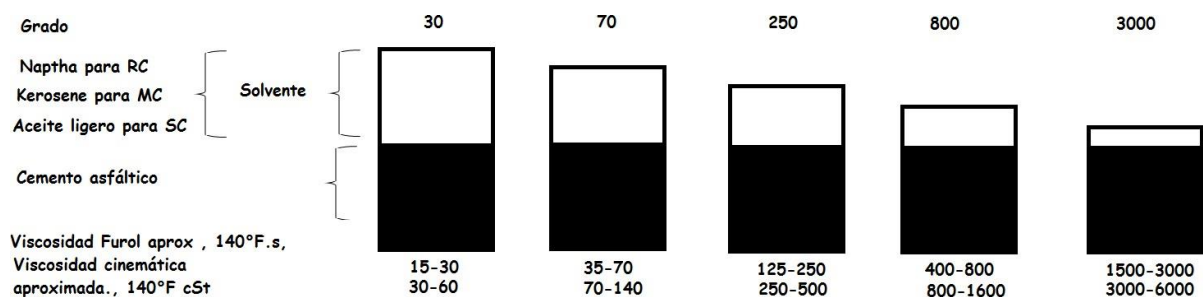


Ilustración N°44: Composición de los asfaltos diluidos [38]

### 2. Clasificación de los asfaltos rebajados:

2.1. Curado rápido (RC): Conformado por cemento asfáltico (CA) y un diluyente de alta volatilidad, generalmente en el rango del punto de ebullición de la gasolina o nafta. En este tipo de asfaltos tenemos al: RC-70, RC-250, RC-800 Y RC-3000.

2.2. Curado medio (MC): Conformado por cemento asfáltico y un diluyente mediano de volatilidad intermedia. Tenemos al: MC-30, MC-70. MC- 250, MC-800, MC-3000.

2.3. Curado lento (SC): Conformado por cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad. Empleado generalmente para controlar el polvo. [39]

### 3. Ensayos o pruebas de calidad a los asfaltos líquidos:

3.1. Viscosidad cinemática a 60°C, cSt: Establecido en el ASTM D 2170, permite determinar la viscosidad cinemática de los líquidos asfálticos a 60°C. Se cronometra el tiempo que demora un volumen fijo de líquido en fluir por gravedad a través del capilar de un viscosímetro calibrado bajo un cabezal impulsor reproducible y a una temperatura conocida y estrechamente inspeccionada dentro de un baño de viscosidad. [39]

3.2. Punto de inflamación aparato de copa abierta: Es un parámetro de seguridad fundamental para el almacenamiento y acarreo, ya que indica la temperatura mínima a la cual el asfalto empieza a generar vapores potencialmente inflamables, ocasionando así el riesgo de incendio [34].



Ilustración N°45: Punto de inflamación en copa abierta de Cleveland [34]

3.3. Destilación de asfaltos rebajados: Este ensayo determina las fracciones de destilado en diferentes cortes de temperatura, normalmente se evalúan varios puntos, por ejemplo, para asfaltos rebajados de curado rápido se valúan cuatro puntos, el corte a 190°C, 225°C, 260°C, 316°C y el residuo final en el balón de destilación.

#### 4. Especificaciones para asfaltos líquidos:

Tipo	Material Bituminoso Diluido									
	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>										
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	60	70	140	250	500	800	1.600	3000	6.000
-Punto de Inflamación, °C	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
-Ensayo de destilación										
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C										
-a 225 °C	-	25	-	20	-	10	-	-	-	-
-a 260 °C	40	70	20	60	15	55	-	35	-	15
-a 315 °C	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-	78	-	80	-
<b>Pruebas en el Residuo de Destilación:</b>										
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) <sup>(*)</sup>	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro - etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (**)										
Solvente Nafta - Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Ilustración N°46: Requisitos de material bituminoso diluido de curado medio [29]

#### 5. Aplicaciones de los asfaltos líquidos:

Los asfaltos líquidos pueden ser usados en diferentes procedimientos constructivos, así como los que se pueden mostrar en la Ilustración N°27

Aplicación	Grado de asfalto diluido
Control de polvo	SC-70, MC-70, RC-70
Riego de liga	RC-70
Imprimación	MC-30, MC-70, MC-250, RC-70, RC-250
Tratamientos superficiales	MC-800, MC-3000, RC-250, RC-800, RC-3000
Sello de Arena	MC-250, MC-800, RC-250
Mezclas en frío	SC-250, SC-800, MC-250, MC-800
Sellado de juntas y fisuras	RC-70

Ilustración N°47: Aplicaciones de los asfaltos líquidos [37]

## **Imprimación asfáltica:**

### **1. Definición:**

Es la aplicación de un ligante asfáltico sobre la parte superior de una base granular u estabilizada, así como también puede ser aplicado sobre una carpeta de rodadura, como un tratamiento preliminar antes de un tratamiento superficial bituminoso. Entre las principales funciones que tiene son:

- Generar una cohesión en la superficie de la base.
- Proteger la base del intemperismo, impermeabilizándolo esta.
- Generar un puente de adherencia entre la base y la siguiente capa asfáltica (capa estructural o tratamiento superficial).
- Penetrar la base, para que esta pueda funcionar correctamente. [40]

### **2. Tipos de imprimación asfáltica:**

2.1. Riego de imprimación o sin arenado (Spray Prime with or without Blotting Material): Es un riego de imprimación que puede ser rociada con MC o una emulsión asfáltica a una base compactada, utilizando un camión imprimador a una tasa de 0.91 lt/m<sup>2</sup>. Se recomienda utilizar un arenado o sello de arena o gravilla cuando el proyecto se construye con tráfico vehicular.

2.2. Imprimación trabajada o cortada: Es un riego de emulsión asfáltica diluida con agua cubierta con una capa de material de base fina trabajado con motoniveladora, este proceso de conformación se repite 2 o 3 veces hasta obtener una capa de arena asfáltica mayor a 1/8 de pulgada.

2.3. Imprimación invertida o imprimación cubierta (Inverted Prime or Covered Prime): Es una técnica similar al riego de imprimación de una solada pasada, salvo que en esta imprimación se riega mediante RC a una base terminada, para luego colocar la gravilla. Este tipo de imprimación es muy útil cuando la superficie a imprimir va a estar sometida a un tráfico importante o a un tráfico en un periodo prolongado.

2.4. Imprimación mixta (Mixed-in prime): Se realiza cuando se está conformando la base en las últimas 2 o 6 pulgadas. La otra opción de

escarificar y compactar. [40]

### 3. Preparación de la superficie a imprimir:

3.1. Limpieza de la superficie a imprimir: Esta puede ser una base o carpeta de rodadura no pavimentada, la cual debe estar debidamente limpia, libre de polvo, partículas sueltas o materias extrañas como materia orgánica u plásticos, debido a que se ha demostrado que una superficie lisa influye en la resistencia al corte por torsión de interfaces en la superficie a imprimir. Por ende, es necesario que se realice dicha limpieza con una escoba mecánica, cepillo manual o soplado con aire a alta presión. [41]

3.2. Tiempo de Curado: Una base demasiado seca puede ocasionar un fino recubrimiento de polvo que inhibe la unión de la capa de imprimación con la superficie a imprimir, por ende, el contenido de humedad de la base debe ser el óptimo, para que se logre una imprimación adecuada. Curar la superficie de la base hasta que el contenido de humedad sea al menos 2 puntos porcentuales por debajo del óptimo.

3.3. Penetración: La profundidad de la penetración depende mucho de la densidad de la superficie a imprimir, es decir una densidad más alta produce menor penetración.

La penetración depende de varios factores, incluido el método de recubrimiento primario, el recubrimiento primario ligante, material de la superficie a imprimir y la permeabilidad de esta. La profundidad de penetración típica de una imprimación oscila entre 1/8 in a 3/8 in. Generalmente puede exceder 1/2 in.

Materiales a emplear:

1. Ligante bituminoso: Pudiendo ser estas emulsiones asfálticas o asfaltos líquidos, con una tasa de aplicación entre 0.7 a 1.5 litros/m<sup>2</sup>
  - ❖ Las emulsiones asfálticas recomendadas para este tipo de procedimiento es las de curado lento, siendo estas la CSS-1, la CSS-1H y la CSS-1HP, además deben cumplir con lo

estipulados por la Tabla 416.01 del EG 2013. La penetración para emulsiones debe estar entre 5.0 a 7.0 mm

- ❖ Entre los asfaltos líquidos tenemos los de curado medio siendo estos: MC-30, MC-70 o MC-250, además deben cumplir con los requisitos estipulados por la Tabla 416.02 del EG 2013. La penetración para estos debe estar entre 5.0 a 7.5mm. [29]

## Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación:

De acuerdo con el desarrollo de la investigación es de tipo: EXPERIMENTAL

Ya que se requirió de un análisis del tema a investigar mediante recolección de datos, asimismo se evaluó los resultados alcanzados a través de los ensayos realizados en laboratorio, y de esta manera con ayuda de los conocimientos agenciados a lo largo de la carrera profesional, se pudo observar las características físicas que son modificadas en el afirmado una vez realizada la imprimación reforzada.

De acuerdo con el fin que se persiguió la investigación fue: APLICADA

Ya que a través de la ejecución de esta investigación se buscó utilizar y comprobar los conocimientos y criterios adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil Ambiental.

Diseño de investigación:

Hipótesis

La imprimación reforzada mediante MC-30 y emulsión asfáltica mejorará las propiedades físicas como la durabilidad, adherencia y penetración de la carpeta de rodadura no pavimentada del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac, Distrito de Túcume, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque.

Variables-Operacionalización

Se determinó el objeto de estudio, así como la variable dependiente, independiente, siendo estas del tipo cuantitativo (Ver cuadro N°01).

Objeto de Estudio	Variable Independiente(Y)	Variable Dependiente(X)
Afirmado de la Trocha Carrozable Payesa-Entrada al Bosque de Pómac -Túcume	Líquidos asfálticos	Tratamiento superficial de caminos no pavimentados

**Cuadro N°01:** Variables y objeto de estudio

**Fuente:** Elaboración propia

Variable	Tipo	Dimensión	Indicador	Instrumento
Líquidos asfálticos	Independiente	Característica ambiental	Monitoreo ambiental	Compuesto orgánico Volatil

**Cuadro N°02:** Operacionalización de variable independiente

**Fuente:** Elaboración propia

Variable	Tipo	Dimensión	Indicador	Instrumento
Tratamiento superficial de caminos no pavimentados	Dependiente	Características físicas	Penetración	Ensayo de penetración para asfaltos líquidos y emulsión asfáltico
			Adherencia	Ensayo Riedel Weber( MTC E 220)
			Durabilidad	Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio(MTC E 214)

**Cuadro N°03:** Operacionalización de variable dependiente

**Fuente:** Elaboración propia

Población, muestra y muestreo

Población

Para efectos de la presente investigación, la población de estudio fueron los caminos vecinales con carpeta de rodadura no pavimentada de la Provincia de Lambayeque.

Fueron también aquellas fuentes que traten acerca del procedimiento y ensayos para realizar una imprimación reforzada.

Muestra:

La muestra estadística estuvo conformada por los 140 metros lineales del afirmado del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac. La muestra además estuvo conformada por los ensayos que se realizaron al afirmado antes de la imprimación, así como después de la imprimación reforzada.

El tipo de muestra fue no probabilística, dado que la elección de los elementos se realizó de acuerdo al juicio del investigador. Para las muestras se tomaron solamente los lugares más representativos y críticos del camino vecinal.

## Método, técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Se utilizó como técnica de recolección de datos la observación experimental aplicada a ensayos de laboratorio controlados, los instrumentos que se usaron para llevar a cabo esta técnica son las hojas de registro de datos en base a los protocolos normalizados por el Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

También se hizo uso del análisis de documentos a fuentes primarias y secundarias de información anterior mencionadas, así mismo se hizo uso de fichas de registro y de organización (Ver Cuadro N°04).

TÉCNICA:	INSTRUMENTO:	APLICACIÓN:
Observación experimental	Hojas de registro de datos	Ensayos de laboratorio
Análisis de documentos	Fichas de registro	Fuentes primarias y secundarias de información

**Cuadro N°04:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Fuente:** Elaboración propia

### Plan de procesamiento de datos:

Para el proceso de datos de estudios con respecto a la influencia que genera la imprimación reforzada en el afirmado, se usó como medio u herramienta principal el programa de hojas de cálculo Excel, cuyos formatos abarcan la información adecuada para cada uno de los ensayos realizados en la presente investigación. El análisis logrado de los resultados de laboratorio se presentó mediante gráficos, los ~~cu~~ fueron de barra, histogramas y líneas de dispersión.

### Ensayos de laboratorio:

#### ❖ Afirmado (Ensayos físicos):

- Ensayo de contenido de humedad (MTC E 108)
- Ensayo de granulometría por tamizado (MTC E 107-ASTM D 422)
- Ensayo de desgaste los Ángeles (MTC E 207)
- Ensayo de límite líquido (MTC E 110)
- Ensayo índice de plasticidad (MTC E 111)

- Ensayo de densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el cono de arena
  - Ensayo de equivalente de arena (MTC E 114)
  - Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E 214) o Ensayo normalizado para la determinación de la desintegración de los áridos mediante el método de los sulfatos de sodio o sulfato de magnesio.
- ❖ Afirmado con la imprimación reforzada- ensayos físicos:
- Ensayo de adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos- procedimiento Riedel Weber (MTC E 220)
  - Ensayo de densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el cono de arena (MTC E 117)
  - Ensayo de penetración para emulsiones asfálticas
  - Ensayo de penetración para asfaltos líquidos

#### Monitoreo Ambiental

Se realizó la medición del compuesto orgánico volátil (COV) durante el proceso de curado del líquido asfáltico. Dicha medición se realizó mediante un monitoreo ambiental, el cual los valores de concentraciones obtenidos durante esta medición deben ser menores a los niveles de concentración máxima para calidad del aire que son establecidos por el estado mediante el decreto supremo N°074-2001- PCM y el decreto supremo N°003-2008-MINAM.

#### Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis

##### a) Secuencia de desarrollo de actividades

#### 1) Ensayos al afirmado del camino vecinal propuesto antes del tratamiento superficial:

Se realizó el ensayo de Granulometría por tamizado para clasificar que tipo de material es, además se llevó a cabo el ensayo de Desgaste de los Ángeles para determinar la abrasión del material, además de estos se desarrolló los ensayos de Límite Líquido e Índice Plástico, equivalente de arena, Proctor Modificado, el ensayo de California Bearing

Ratio (CBR). Los ensayos mencionados cumplen con los requisitos de calidad constituidos por las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del MTC para un afirmado. Adicionalmente a los mencionados ensayos se realizó el ensayo de durabilidad del agregado a los sulfatos (magnesio o sodio).

- 2) **Topografía:** Se midió el ancho de la vía, la cual tiene 7.50 metros lineales, se realizó, se hizo el levantamiento topográfico para tener el peralte y bombeo adecuado para la realización del tratamiento superficial.
- 3) **Escarificado y perfilado:** Se realizó el replanteo y luego haciendo uso de una motoniveladora se procedió a escarificar entre 20 a 25mm el afirmado, lo que permitió la conformación de una caja sobre el cuál se realizó el riego de agua mediante una cisterna de 5000 galones, después de ello se procedió al extendido y perfilado del afirmado, teniendo en cuenta las plantillas colocadas tras la nivelación para lograr el peralte de 8% y el bombeo de 2%. Finalmente se compacto con un rodillo liso vibratorio a un 95% de compactación de la MDS para que posteriormente el material permita la penetración del asfalto. No se compactó a 100% de la máxima densidad seca(MDS), dado que, al tener una superficie totalmente sellada, esta iba a impedir que el asfalto penetre en el afirmado. Por ende, se optó un grado de compactación de 95% de la MDS.
- 4) **Ensayos de densidad de campo:** Se realizarán los ensayos de densidad de campo in situ, mediante el ensayo de cono de arena, teniendo en cuenta ya los resultados del Proctor modificado, para verificar que la compactación mediante el rodillo liso vibratorio llegó o superó por poco al 95% de la máxima densidad seca (MDS) para tener una superficie compactada pero queesta no se encuentre sellada en su totalidad.
- 5) **Primer Riego:** Después de realizarse el perfilado y compactado del material, se procedió a colocar el asfalto a la cocina asfáltica y calentarla. En el caso de la emulsión asfáltica, se calentó a una temperatura de 40°C para el primer riego. Se utilizó una tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup>, estando entre la tasa de aplicación de 1.7 a 2.0 lt/m<sup>2</sup> que menciona el manual de carreteras no pavimentadas. En el caso del MC-30 se calentó a una temperatura de 60°C

para la realización del primer riego, el cual se desarrolló con una tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup>. Para ambos riegos se hizo uso de una cocina asfáltica y de una camioneta para la movilización de esta tras el primer riego. Cabe recalcar que para el primer riego con emulsión asfáltica CSS-1h, se hizo uso de la recomendación del proveedor, el cual menciona una dosificación de agua/emulsión de 2:1.

Al finalizar el primer riego, se circuló el área que se imprimó para no tener problemas con piedras y cintilla amarilla de peligro.

- 6) **Proceso de curado del líquido asfáltico:** El proceso de curado consistió en la medición del lapso de tiempo en el cual el asfalto, ya sea la emulsión asfáltica y MC-30 penetró al material y ya no se encuentra el asfalto líquido en la superficie.
- 7) **Verificación de penetración y adherencia:** Se realizó la verificación de la penetración del primer riego tanto de la emulsión asfáltica como del MC-30, después de que ambos pasaron por el proceso de curado. La medición de la penetración en campo con el ensayo de penetración para líquidos asfálticos y emulsiones asfálticas, el cual consiste en realizar mediciones con se hizo con un vernier digital, el cual nos permitió tener una medida exacta en milímetros, cabe recalcar que el Manual de carreteras conservación vial establece que se debe asegurar una penetración mayor a 13mm. La verificación de la adherencia del asfalto con el afirmado se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos- procedimiento Riedel Weber, dado que no está normalizado ningún ensayo para determinar la adherencia árido-ligante en campo.
- 8) **Medición de la carga orgánica volátil:** Se realizó la medición de la carga o compuesto orgánica(o) volátil (COv) tanto de la imprimación reforzada con MC-30 como con la emulsión asfáltica CSS-1h, mediante un monitoreo ambiental, haciendo uso de la metodología EPA Method 21, el cual consistió en detectar los gases que conforman el compuesto orgánico volátil haciendouse de un Monitor multigas (MULTIRAE). La detección o medición de cada gas se dio durante 15 minutos por cada gas o parámetro en el primer riego de la imprimación reforzada tanto de MC-30 como con emulsión asfáltica CSS-1h. Se midió solamente en el primer riego debido a que presenta mayor tasa de aplicación con respecto al segundo riego, por ende, genera mayores gases Cov's.

- 9) Compactación:** Se colocó una capa de arena triturada menor a 5mm para evitar la adherencia del rodillo con el afirmado ya imprimado por el primer riego. Posteriormente a ello se procedió a una compactación ligera con un rodillo liso vibratorio. No se llevó a cabo también con el rodillo neumático dado la carencia de estos equipos en Lambayeque.
- 10) Segundo Riego:** Después de realizada la compactación con el rodillo liso vibratorio, se aplicó el segundo riego del asfalto. En el caso de la emulsión asfáltica se calentó a la misma temperatura que en el primer riego(40°C), y se realizó el segundo riego con una tasa de aplicación de 0.55 lt/m<sup>2</sup>. Por otro lado, para llevar a cabo el segundo riego del MC-30 se calentó a una temperatura de 60°C, y se ejecutó con tasa de aplicación entre 0.53 lt/m<sup>2</sup>. Cabe mencionar que en el Manual de Carreteras de conservación vial establece un segundo riego con una tasa de aplicación de 0.5 a 0.6 litros/m<sup>2</sup>
- 11) Proceso de curado del líquido asfáltico:** Se volvió a verificar el tiempo decurado que tiene el asfalto que se evapore y ya no se encuentre en estado líquido en la superficie.
- 12) Distribución de arena:** Se colocó una capa de arena triturado no mayor a5mm, que permitió absorber el asfalto que se encontraba aún en estado fresco y de esta manera se impidió que haya una adherencia con los neumáticos de los vehículos que transiten en el camino vecinal
- 13) Compactación final:** Se realizó una compactación final con un rodillo liso vibratorio con lo cual se obtuvo una superficie totalmente sellada a un grado de compactación de 100% la Máxima densidad seca (MDS).
- 14) Procesamiento de resultados:** Se cuantificó y recolectó los datos empleando el programa Excel, de esta manera se logró procesar los datos engabinete y con ello se realizó gráficos de barras, de dispersión tras los resultados obtenidos.

- 15) Verificación de la durabilidad:** Se realizará visitas a campo para determinar la durabilidad que presenta la imprimación reforzada a agentes y acciones externas. Se verificará cada mes si presenta fallas superficiales.
- 16) Evaluación de la Hipótesis:** Tras el procesamiento de los resultados obtenidos que nos permitirá darle sustento a la investigación, se pasará a realizar seguidamente el análisis y comparación de ello, para determinar si la hipótesis fue acertada o no.
- 17) Estudio de Factibilidad:** Se realizó el análisis de costo de la imprimación reforzada tanto con emulsión asfáltica como con MC-30, teniendo que verificarse la durabilidad que tiene este cada mes ante acciones o agentes agresivos.
- 18) Conclusiones y recomendaciones**

b) Ensayos al afirmado del camino vecinal propuesto antes del tratamiento superficial:

**1. Ensayo de determinación del contenido de humedad natural de un suelo (ASTM D 2216 o MTC E 108)**



Ilustración 48: Pesado del material de humedad natural



Ilustración 49: Colocación del material al horno

## 2. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422 o MTC E 107)



Ilustración 50: Granulometría de finos



Ilustración 51: Granulometría integral del agregado

### 3. Determinación del límite líquido (ASTM D -4318 o MTC E 110)



Ilustración 52: División de la muestra contenido en la cuchara de Casagrande mediante el acanalador

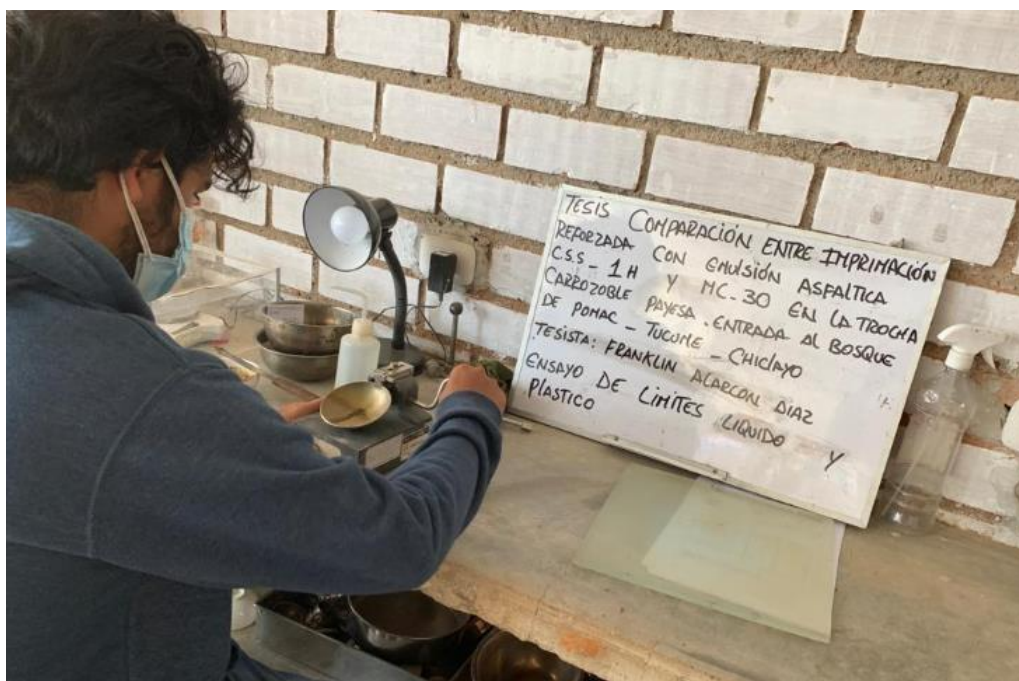


Ilustración 53: Girado del manubrio de la cuchara de casa grande para levantar y soltar la muestra.

#### 4. Determinación del límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D -4318 o MTC E 111)



Ilustración 54: Moldeado de la muestra hasta darle forma elipsoide



Ilustración 55: Colocación de las porciones obtenidas en pesa filtros



Ilustración 56: Colocación de las porciones al horno para determinar el contenido de humedad del suelo.

##### 5. Prueba de los Ángeles AASHTO T96(ASTM C 131):

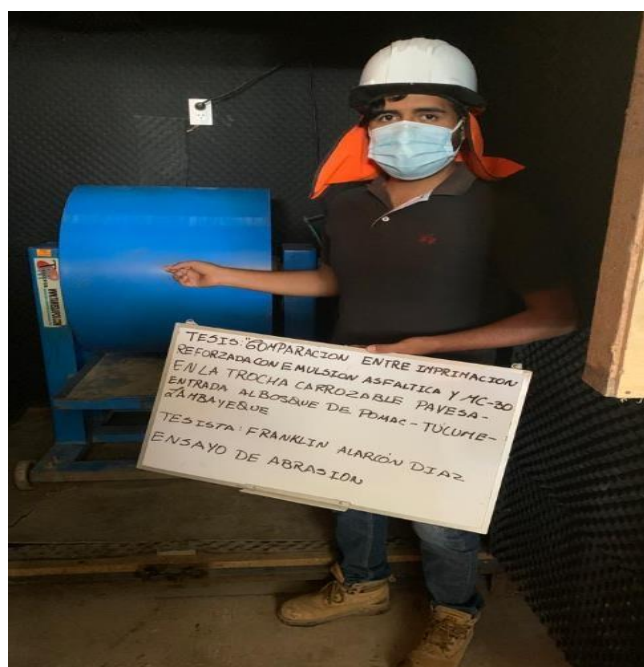


Ilustración 57: Rotación del tambor a velocidades de 30 a 33 rev/min



Ilustración 58: Descargue de material de la máquina de los Ángeles

## 6. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino (ASTM D 2419 o MTC E 114)



Ilustración 59 y 60: Colocación de material mediante el embudo a la probeta de plástico



Ilustración 61: Agitación manual horizontal de la probeta



Ilustración 62: Reposo del contenido y la probeta por un periodo de 20min

**7. Ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada, "Proctor Modificado" (ASTM D 1557 o MTC E 115)**



Ilustración 63: Compactación del material con el pisón o martillo



Ilustración 64: Enrasado del material mediante una regla

## 8. Ensayo razón de soporte California “CBR” (ASTM D 1883 o MTC E 132)



Ilustración 65: Compactación del material con el pisón o martillo



Ilustración 66: Sumergido del molde cilíndrico al agua

9. Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio o sulfato de magnesio” (ASTM C 88 o MTC E 209)



Ilustración 67: Colocación de sulfato de sodio y reposo del material por 18 horas



Ilustración 68: Eliminación del sulfato de sodio y reposo del material



Ilustración 69: Colocación del material al horno

## 10. Ensayo de adhesividad – procedimiento Riedel Weber para emulsiones asfálticas (MTC E 220)



Ilustración 70: Ebullición del agua con carbonato sódico durante 1 minuto



Ilustración 71: Desplazamiento total de la emulsión y el agregado

### 11. Ensayo de adhesividad – procedimiento Riedel Weber para MC-30 (MTC E 220)

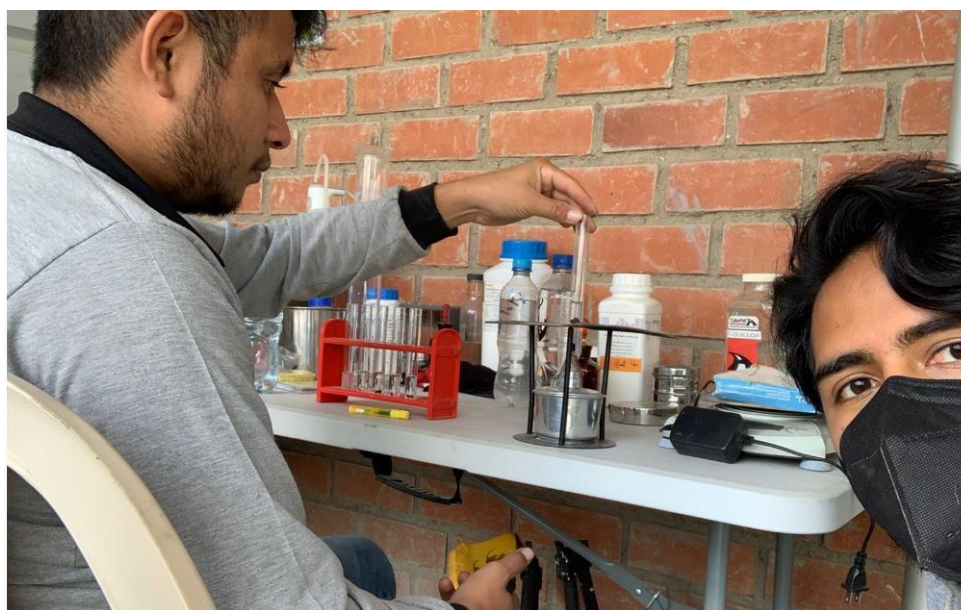


Ilustración 72: Ebullición del agua con carbonato sódico durante 1 minuto



Ilustración 73: Desplazamiento total del MC-30 y el agregado

## 12. Medición de penetración en el primer riego de emulsión asfáltica en laboratorio



Ilustración 74: Primer Riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica con tasas de 1.70, 1.85 y 2.00 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 75: Penetración 2.21mm del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h con tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 76: Penetración 2.60 mm del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h con tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 77: Penetración 1.30 mm del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h con tasa de 2.00 lt/m<sup>2</sup>

### 13. Medición de penetración en el primer riego de MC-30 en laboratorio



Ilustración 78: Primer Riego de imprimación con MC-30 con tasas de 1.70, 1.85 y 2.00 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 79: Penetración 9.01 mm del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 a tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 80: Penetración 18.40 mm del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 a tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 81: Penetración 12.70 mm del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 con tasa de 2.00 lt/m<sup>2</sup>

- c) Procedimientos en la ejecución en la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H:

### 1. Topografía:



Ilustración 82: Ancho de la vía es 7.50 metros lineales



Ilustración 83: Levantamiento topográfico con estación total y prisma

2. Trabajo de gabinete:

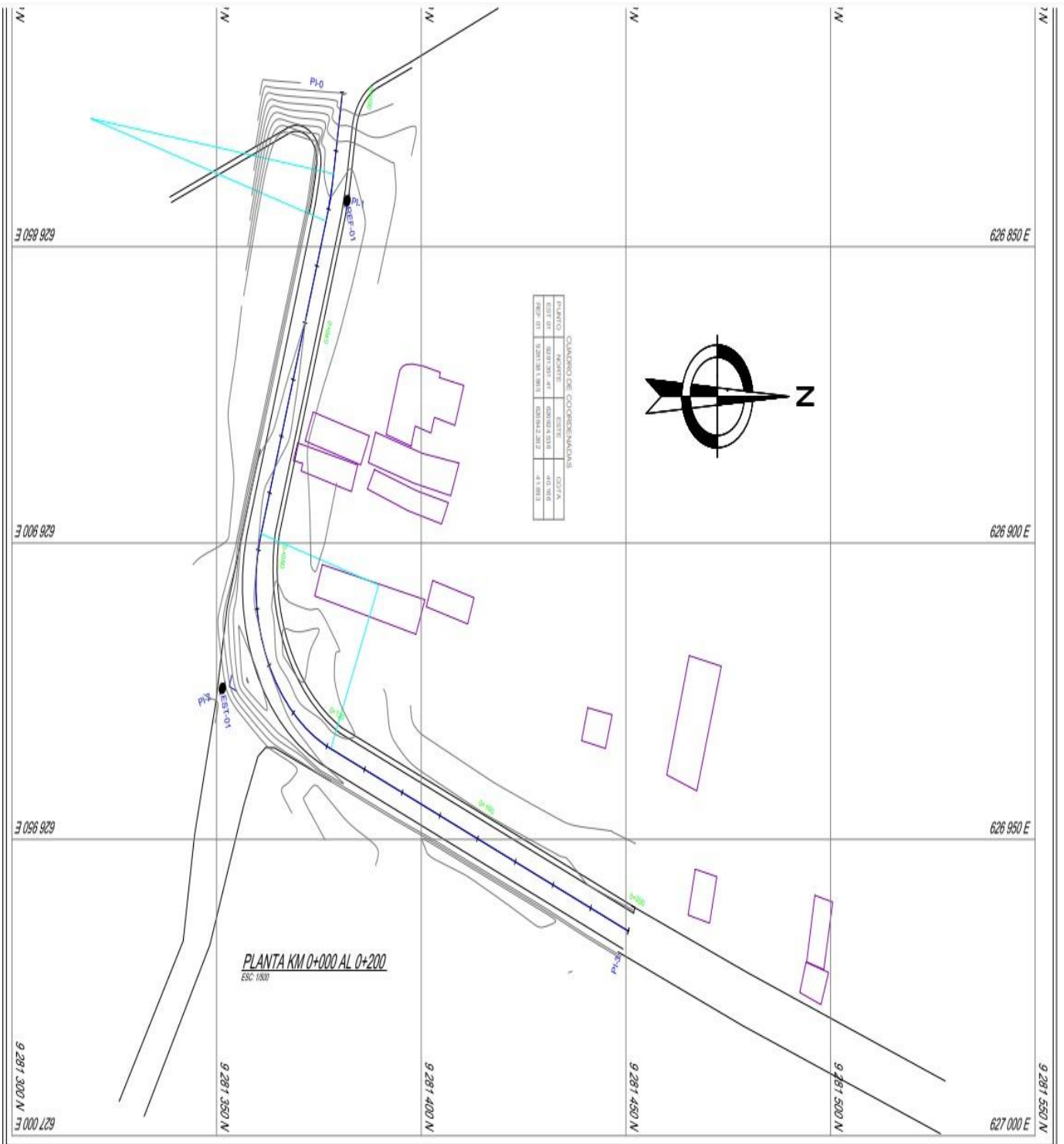


Ilustración 84: Plano de Planta

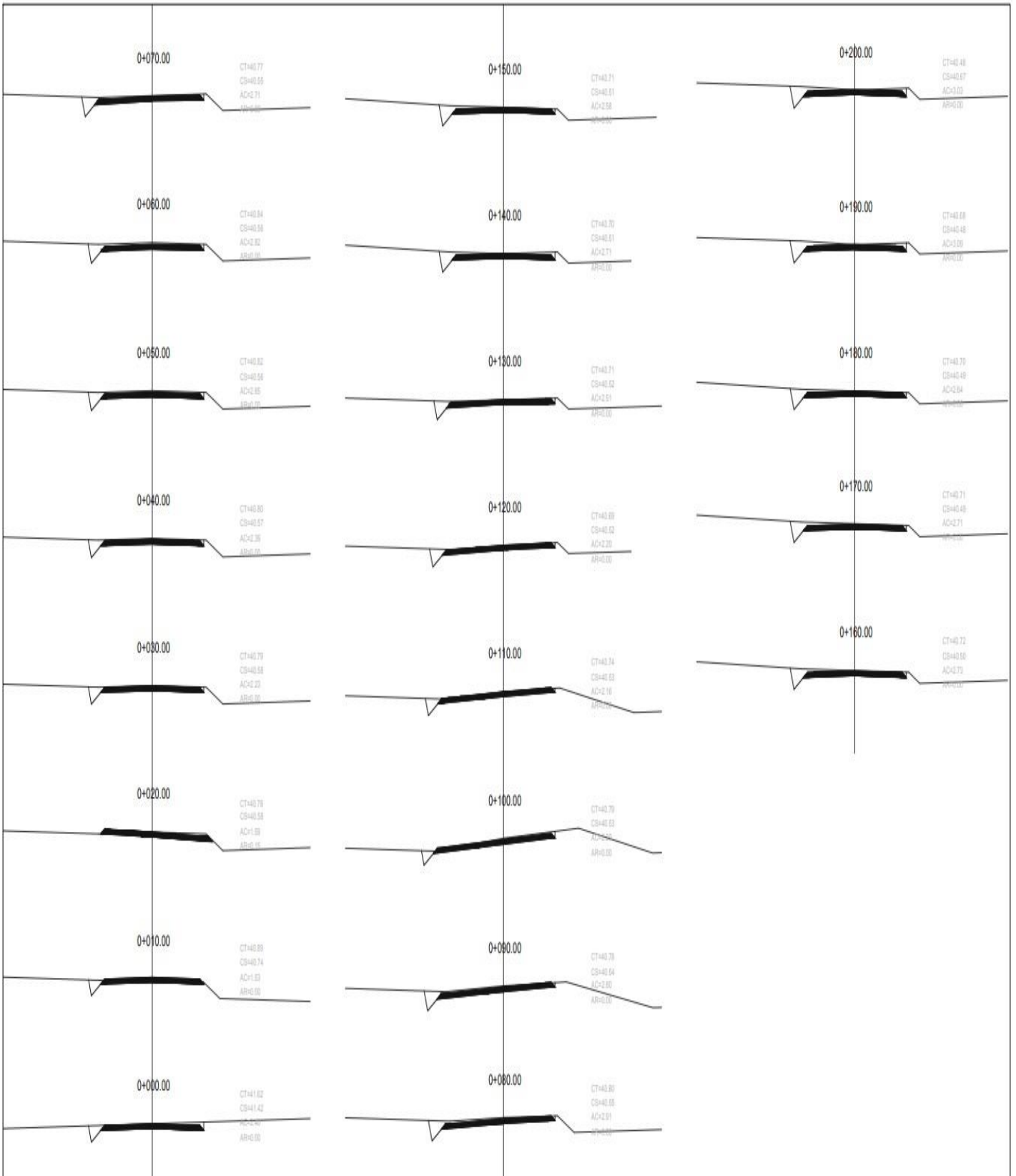


Ilustración 85: Plano de Secciones

### 3. Riego total del primer tramo:



Ilustración 86: Riego de todo el ancho de la vía del Primer Tramo de 70ml

### 4. Escarificado, perfilado, riego y compactado:



Ilustración 87: Escarificado con una Motoniveladora CAT 140G



Ilustración 88: Perfilado del ancho de la vía con Motoniveladora



Ilustración 89: Compactación mediante un rodillo CAT, ModeloCS54B

5. Colocación de plantillas para tener un peralte de 8% y bombeo de 2%, perfilado y compactado final a un 95% de la máxima densidad seca



Ilustración 90: Nivelación con nivel y mira para colocación de plantillas



Ilustración 91: Colocación de plantillas



Ilustración 92: Compactación final (95% MDS) del afirmado

## 6. Ensayo de densidad de campo con cono de arena



Ilustración 93: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+010km



Ilustración 94: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+070km

## 7. Primer riego de imprimación con emulsión asfáltica CSS-1h



Ilustración 95: Imprimación de la emulsión asfáltica CSS-1h con una tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



Ilustración 96: Imprimación con emulsión CSS-1h en los primeros 70 metros lineales

#### 8. Medición de penetración del primer riego con emulsión asfáltica:



Ilustración 97: Ensayo de Penetración en emulsiones asfálticas



Ilustración 98: Penetración de 3.23mm, progresiva 0+030



Ilustración 99: Penetración de 1.79mm, progresiva 0+070km

## 9. Medición de carga orgánica volátil del primer riego con emulsión asfáltica:

### a) Isobutileno o Isobutylene ( $(CH_3)_2C$ ):



Ilustración 100: Valor máximo de Isobutileno obtenido (0.2ppm)

### b) Hexano o n-hexane ( $C_6H_{14}$ ):



Ilustración 101: Valor máximo de Hexano obtenido (0.4ppm)

c) **Benceno o Benzene ( $C_6H_6$ ):**

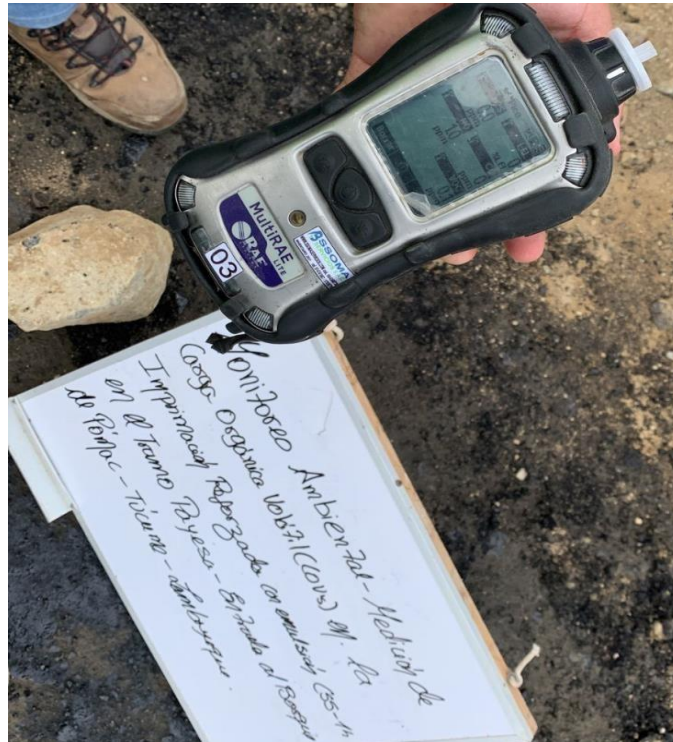


Ilustración 102: Valor máximo de Benceno obtenido (0.1ppm)

d) **Tolueno o Toluene ( $C_7H_8$ ):**



Ilustración 103: Valor máximo de Tolueno obtenido (0.2ppm)

e) Xileno o Xylene ( $C_8H_{10}$ ):



Ilustración 104: Valor máximo de Xileno obtenido (0.1 ppm)

10. Distribución de arena:



Ilustración 105: Colocación de arena triturada menor a 5mm



Ilustración 106: Transporte y colocación de la arena

### 11. Compactación:



Ilustración 107: Compactación mediante rodillo liso de 0+000km a 0+070km

## 12. Segundo riego de imprimación:



Ilustración 108: Medición de la temperatura tras ser calentada en la cocina asfáltica(40.0°C)



Ilustración 109: Segundo riego de emulsión asfáltica CSS-1h

### 13. Transporte y colocación de arena menor a 5mm:



Ilustración 110: Colocación de arena menor a 5mm



Ilustración 111: Transporte y colocación de arena menor a 5mm

#### 14. Compactación final:



Ilustración 112: Compactación final mediante rodillo liso de 0+000km a 0+070km

#### 15. Densidades de campo con densímetro nuclear



Ilustración 113: Progresiva 0+030 Km, grado de compactación 101.7%



Ilustración 114: Progresiva 0+070 Km, grado de compactación 102.1%

- d) Procedimientos en la ejecución en la imprimación reforzada con emulsión MC-30:

### 1. Topografía:



Ilustración 115: Levantamiento topográfico con estación total y prismas



Ilustración 116: Levantamiento topográfico con estación total y prismas



Ilustración 117: Ancho de calzada de 6.60ml y sobrancho de 0.90ml

2. Trabajo de gabinete:

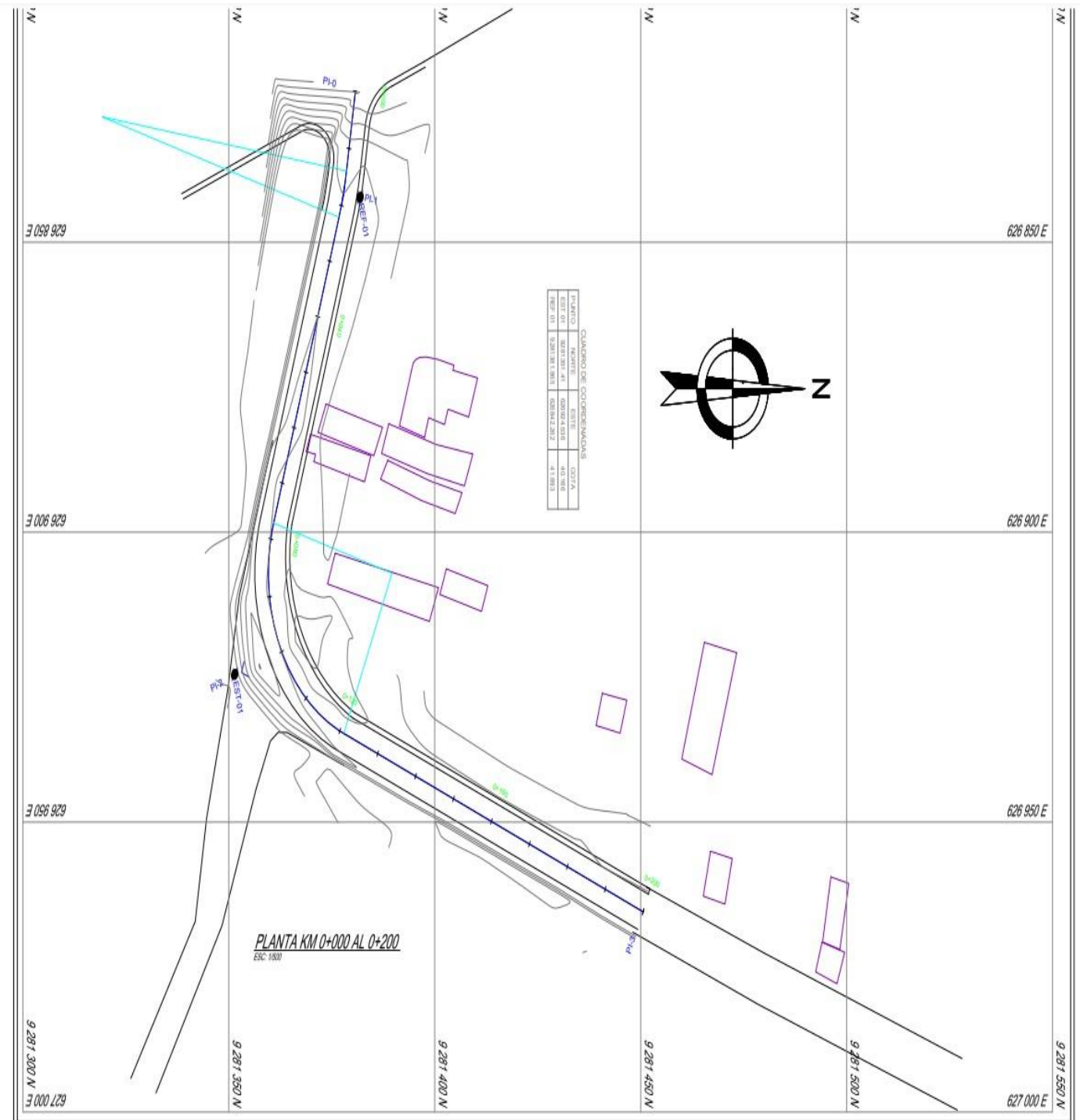


Ilustración 118: Plano de Planta

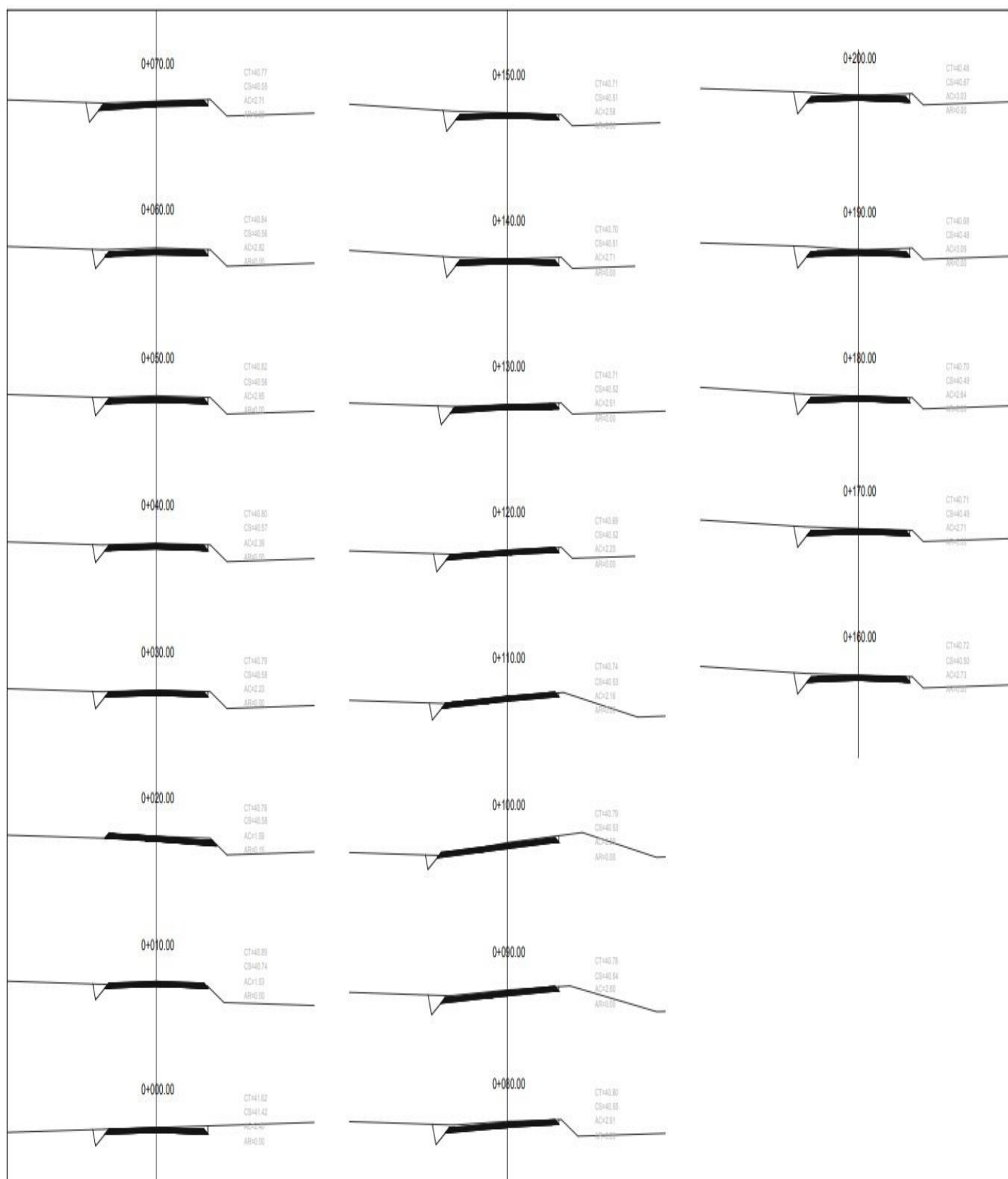


Ilustración 119: Plano de Secciones

### 3. Riego total del segundo tramo:



Ilustración 120: Riego de todo el ancho de la vía desde 0+070km hasta 0+0180km

### 4. Escarificado, perfilado, riego y compactado:



Ilustración 121: Escarificado con una Motoniveladora CAT 140G



Ilustración 122: Perfilado y compactado de la plataforma

5. Colocación de plantillas para tener un peralte de 8% y bombeo de 2%, perfilado y compactado final a un 95% de la máxima densidad seca



Ilustración 123: Nivelación haciendo uso de nivel y mira para colocación de plantillas



Ilustración 124: Perfilado conforme a la pendiente y bombeo



Ilustración 125: Compactación final (95% MDS) del afirmado

## 6. Ensayo de densidad de campo con cono de arena



Ilustración 126: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+080km



Ilustración 127: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+140km

## 7. Primer riego de imprimación con MC-30



Ilustración 128: Medición de la temperatura del MC-30 tras ser calentado por la cocina asfáltica



Ilustración 129: Imprimación con MC-30

## 8. Medición de penetración del primer riego con MC-30



Ilustración 130: Penetración 25.93mm, progresiva 0+110km



Ilustración 131: Penetración 36 mm, progresiva 0+140km

9. Medición de carga orgánica volátil del primer riego con MC-30:



Ilustración 132: Gases que conforman el Compuesto Orgánico Volátil(Cov's)

a) Isobutileno o Isobutylene (  $(CH_3)_2 C$  ):



Ilustración 133: Valor máximo de Isobutileno obtenido (0.3 ppm)

b) Hexano o n-hexane ( $C_6H_{14}$ ):



Ilustración 134: Valor máximo de Isobutileno obtenido (2.1 ppm)

c) Benceno o Benzene ( $C_6H_6$ ):



Ilustración 135: Valor máximo de Benceno obtenido (0.2ppm)

d) Tolueno o Toluene ( $C_7H_8$ ):

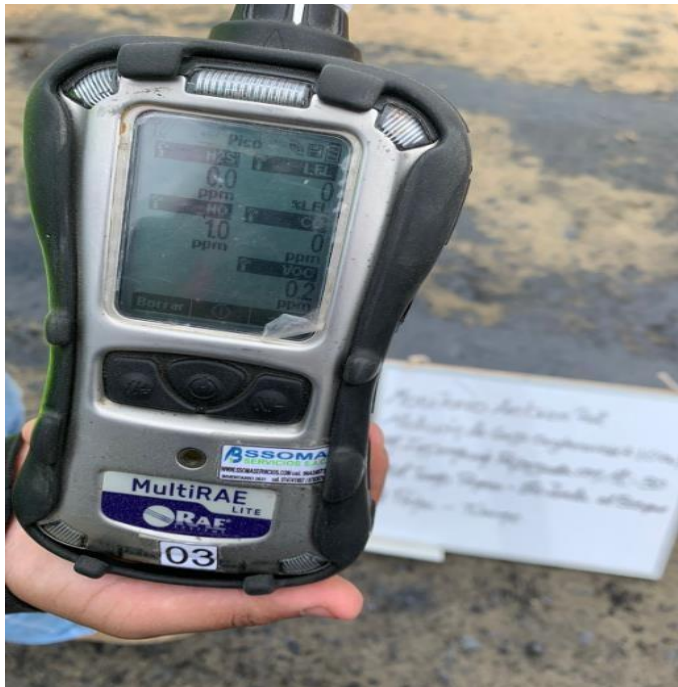


Ilustración 136: Valor máximo de Tolueno obtenido (0.2ppm)

e) Xileno o Xylene ( $C_8H_{10}$ ):



Ilustración 137: Valor máximo de Xileno obtenido (0.2 ppm)

## 10. Distribución de arena:



Ilustración 138: Transporte y colocación de arena triturada menor a 5mm

## 11. Compactación:



Ilustración 139: Compactación mediante rodillo liso

## 12. Segundo riego de imprimación:



Ilustración 140: Medición de la temperatura tras ser calentada en la cocina asfáltica(60.0°C)



Ilustración 141: Segundo riego de MC-30 para imprimación reforzada

### 13. Transporte y colocación de arena menor a 5mm:



Ilustración 142: Transporte y colocación de arena menor a 5mm

### 14. Compactación final



Ilustración 143: Compactación con rodillo liso SEM de 12 toneladas

### 15. Densidades de campo con densímetro nuclear

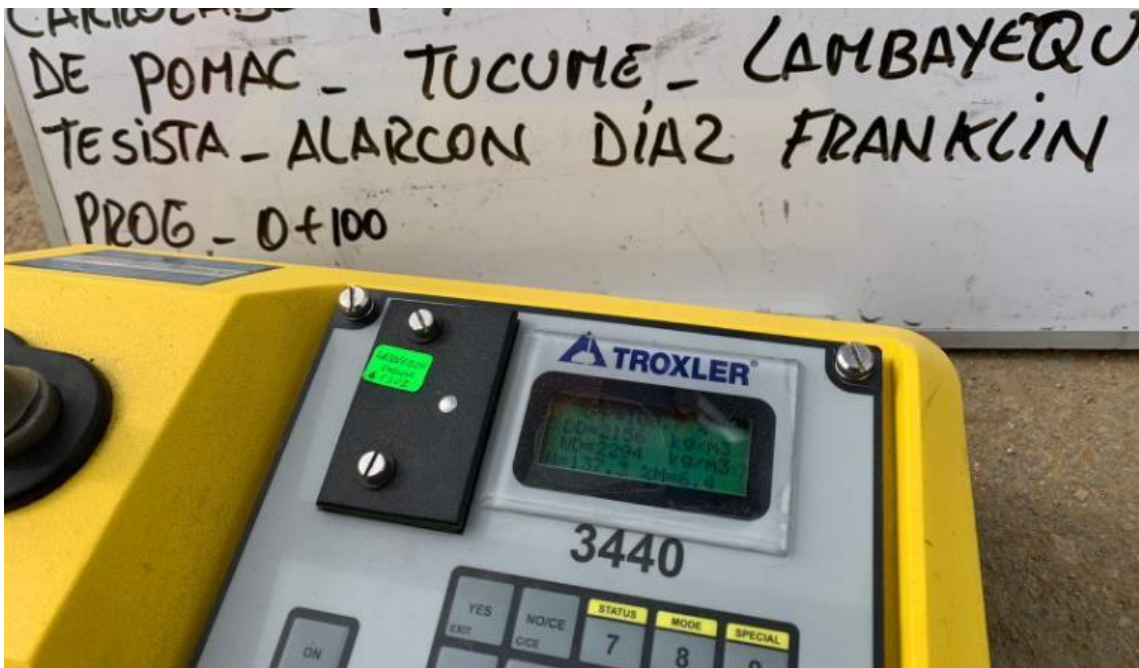


Ilustración 144: Progresiva 0+100Km, grado de compactación 100.7%

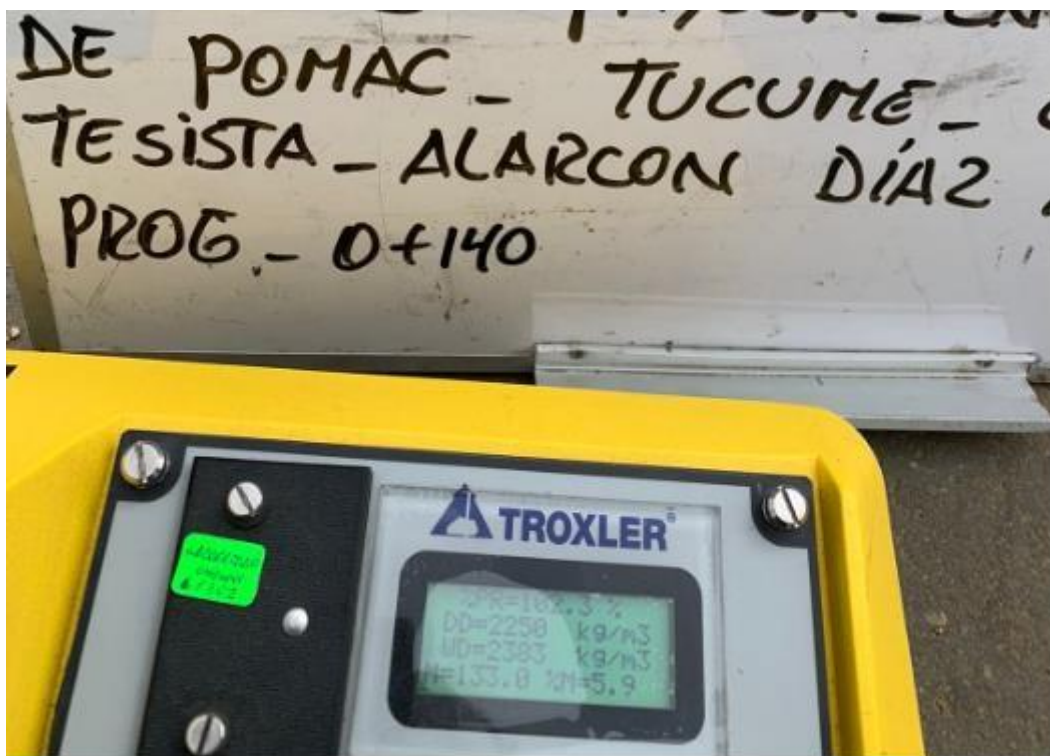


Ilustración 145: Progresiva 0+140Km, grado de compactación 102.3%

e) Durabilidad de la imprimación reforzada:

1. Durabilidad durante los primeros 6 meses de serviciabilidad

**1.1. Durabilidad de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h en un periodo de 6 meses (Marzo-Setiembre)**



Ilustración 146: Pérdida del revestimiento asfáltico, generación de polución



Ilustración 147: Peladuras ,disgregación del árido pétreo y fino por carencia de afinidad físico-químico y presencia de ahuellamiento



Ilustración 148: Peladuras y pérdida del revestimiento asfáltico.



Ilustración 149: Riego por parte de la población aledaña

**1.2. Durabilidad de la imprimación reforzada con MC-30 en un periodo de 6 meses (Marzo-Setiembre)**



Ilustración 150: Peladuras por el tránsito de vehículos con orugas



Ilustración 151: Presencia de pequeños ahuellamientos y desprendimientos



Ilustración 152: Presencia de pequeños baches con severidad baja

## 2. Durabilidad durante los primeros 7 meses de serviciabilidad

### 2.1. Durabilidad de la imprimación reforzada con Emulsión asfáltica CSS-1h en un periodo de 7 meses (marzo-04 de octubre)



Ilustración 153: Pérdida del revestimiento asfáltico



Ilustración 154: Peladuras, disgregación del árido pétreo y fino por carencia de afinidad físico-química y presencia de ahuellamiento



Ilustración 155: Pérdida del revestimiento asfáltico y peladuras

## 2.2. Durabilidad de la imprimación reforzada con emulsión CSS-1h en un periodo de 7 meses (marzo- 24 de octubre)



Ilustración 156: Presencia de peladuras y pérdida del revestimiento asfáltico



Ilustración 157: Disgregación del árido pétreo y fino por carencia de afinidad físico-químico



Ilustración 158: Ahuellamiento de aproximadamente 2 cm

### 2.3. Durabilidad de la imprimación reforzada con MC-30 en un periodo de 7 meses (Marzo-04 de Octubre)



Ilustración 159: Presencia de pequeños baches con severidad baja



Ilustración 160: Presencia del agregado grueso del afirmado en la superficie de la imprimación reforzada con MC-30



Ilustración 161: Presencia de baches con severidad baja

#### 2.4. Durabilidad de la imprimación reforzada con MC-30 en un periodo de 7 meses (Marzo-24 de Octubre)



Ilustración 162: Presencia de ahuellamiento de aproximadamente 2 cm y disgregamiento



Ilustración 163: Peladuras y pérdida del revestimiento asfáltico



Ilustración 164: Presencia de agregado grueso en la superficie del pavimento

## Resultados

En el presente capítulo se presenta y analiza los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados sobre la muestra de afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac, Túcume, así como también los ensayos in situ como el ensayo de cono de arena y también el monitoreo ambiental para la medición de Cov's.

Los ensayos de contenido de humedad, granulometría por tamizado, límites de Atterberg se llevaron a cabo para la caracterización del suelo y posteriormente poder clasificarlo según la normativa AASHTO y SUCS, el ensayo de prueba de los Ángeles se realizó para determinar la resistencia a la abrasión, el ensayo de equivalente de arena de suelos y agregado fino se llevó a cabo para determinar la proporción relativa del agregado fino y el polvo (limpieza del agregado fino), además se desarrolló el ensayo de durabilidad al sulfato de sodio o magnesio para determinar la durabilidad y resistencia a la desintegración que tendrá el material a las condiciones de intemperie que simula los sulfatos, además se efectuó los ensayos de proctor modificado y cbr para evaluar la resistencia del suelo.

Características físicas del afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac

### 1. Contenido de humedad natural del suelo (MTC E 108 – ASTM D 2216)

Debido a que se tomó solo una muestra de material, el resultado obtenido del laboratorio muestra que en estado natural el afirmado in situ contenía una humedad de 5%.

MUESTRA N°	M-01
HUMEDAD NATURAL	5.00%

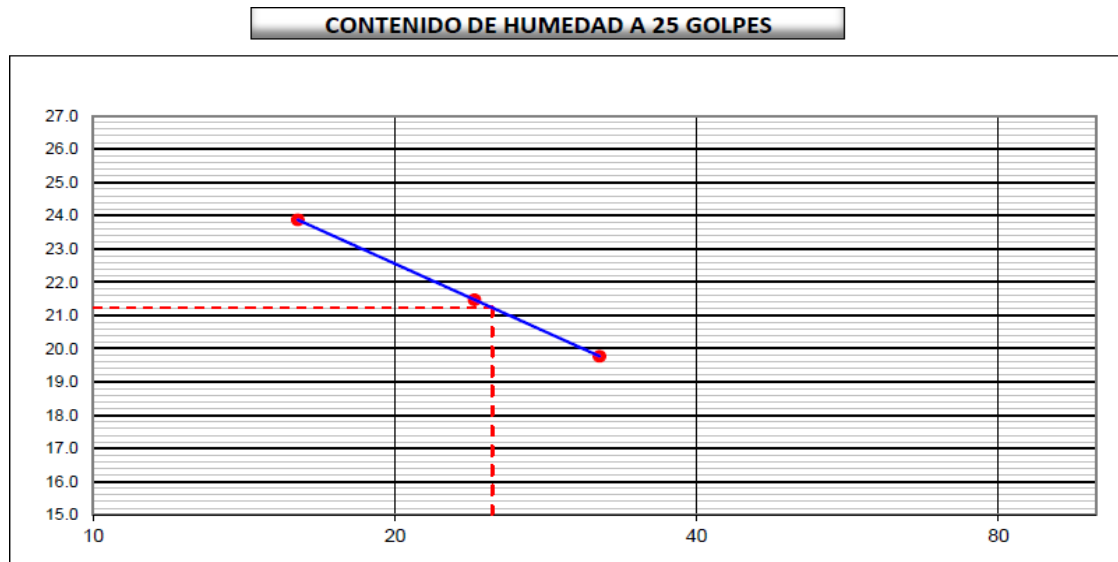
*Cuadro N°05: Resultado del ensayo de contenido de humedad en suelo natural*

*Fuente: Elaboración propia*

### 2. Límites de Atterberg

Se llevó a cabo este ensayo para determinar el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP) del afirmado, se tomó como base el Manual de Ensayo de Material del MTC, para el desarrollo del ensayo de límite líquido se usó la normativa MTC E 110 y para el Límite plástico e índice de plasticidad se usó la MTC E 111. Obteniendo como resultado un Límite líquido con 21%, siendo menor al máximo establecido en el MTC E 110 que es 35%, además se obtuvo un Límite plástico de 16% ,

por lo cual con la diferencia de estos dos límites se obtuvo el Índice de plasticidad, que presenta un valor de 5%, estando entre los rangos que establece el MTC E 111, que especifica un límite de plasticidad entre 4% a 9%.



*Cuadro N°06: Resultado del ensayo de Límite Líquido en la curva Número de Golpes (16,24 y 32 golpes) vs Contenido de Humedad a 25 golpes*

*Fuente: Elaboración propia*

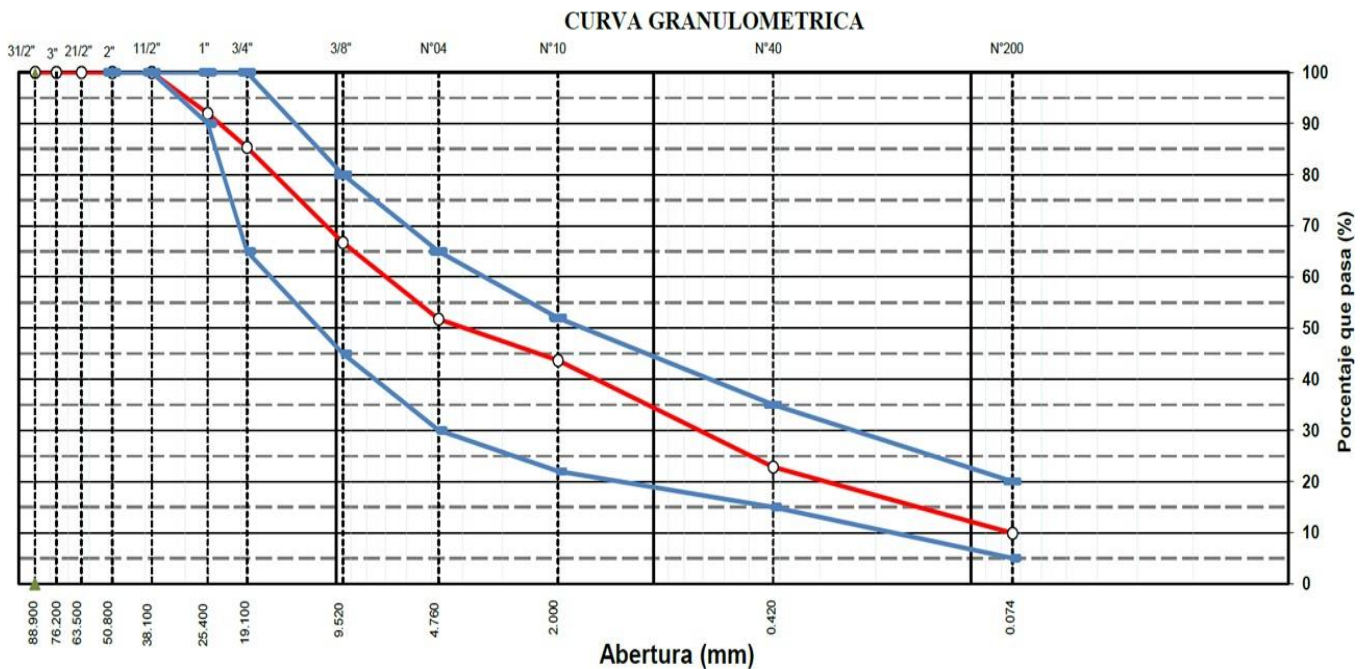
<b>Constantes Físicas de la Muestra</b>	
Límite Líquido	<b>21</b>
Límite Plástico	<b>16</b>
Índice de Plasticidad	<b>5</b>

*Cuadro N°07: Resultado del Índice de Plasticidad*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3. Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107 – ASTM D 422)

Se tomó como base al Manual de Ensayos de Materiales del MTC para el desarrollo del ensayo de granulometría por tamizado, para determinar la distribución de tamaños de las partículas del afirmado. Se puede que el porcentaje que pasa cumple con la graduación A-1 establecida en los requisitos de calidad de afirmado AASHTO-M147.



*Cuadro N°08: Curva Granulométrica del afirmado, con los Husos A-1 Fuente:*

*Elaboración propia*

### 4. Clasificación del suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos en los anteriores ensayos, se procedió a realizarla clasificación del afirmado, según las metodologías SUCS y AASHTO. De la clasificación SUCS, se obtiene que es una **Grava Pobrementamente Graduada con Arcilla y Arena (GP-GC)**, y de acuerdo a la clasificación AASHTO, el porcentaje que pasa del afirmado por el tamiz #10, #40 y #200 es 43.7, 22.8 y 9.9, siendo menor lo establecido, que es 50, 30 y 15 por cada tamiz respectivamente. Además, posee un índice de plasticidad de 5 (menor a 6), por ende, es un suelo A-1-a (0)

## 5. Ensayo de Equivalente de Arena

Se llevó a cabo este ensayo tomando como base el Manual de ensayo de materiales, específicamente el MTC E 114, en el cual se determinó la proporción relativa del contenido de polvo fino o material arcilloso en el agregado, teniendo un valor promedio entre las tres muestras de 23%, siendo un porcentaje mayor a 20% y menor al 40%, lo que indica un suelo poco plástico y no heladizo.

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Equivalente de arena	22.70%	23.10%	22.00%
<b>Promedio</b>	<b>23.00%</b>		

*Cuadro N°09: Promedio de Muestras en el ensayo Equivalente de Arena Fuente: Elaboración propia*

## 6. Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio

Mediante este ensayo se determinó la resistencia de los agregados a la desintegración mediante la solución saturada de sulfato de magnesio. Tras realizar el debido proceso establecido en el MTC E 209, se obtuvo una pérdida 7.47%. Siendo un valor menor al máximo establecido que es 18%.

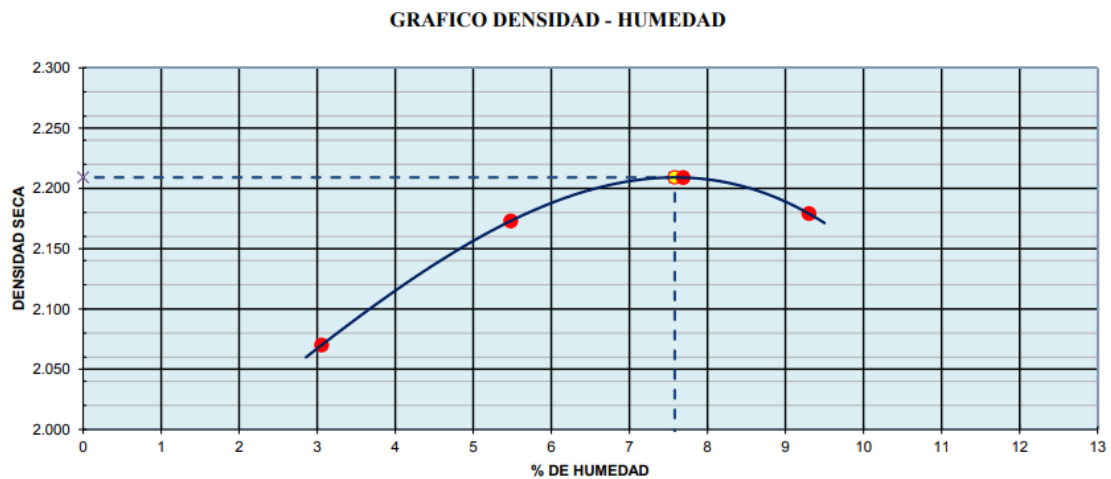
Propiedades mecánicas del afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac

### 1. Ensayo de abrasión (máquina de los Ángeles)

Con el presente ensayo, que se encuentra implantado en el MTC E 207, se obtuvo como resultado un 22% de desgaste del afirmado a la abrasión. Siendo este un valor que se encuentra menor al límite máximo establecido para un afirmado que es 50%.

## 2. Ensayo de proctor modificado

Se llevó a cabo este ensayo para determinar la relación entre la máxima densidad seca y el porcentaje de humedad de compactación de material, se tomó como base el MTC E 115, tras realizar el gráfico densidad-humedad, se obtuvo como resultado una máxima densidad seca de 2.209 gr/cm<sup>3</sup>



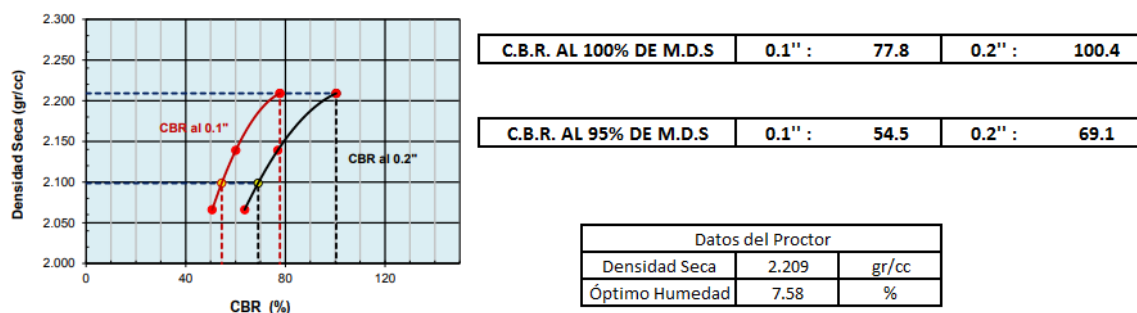
*Cuadro N°10: Gráfico Densidad-Humedad  
Fuente: Elaboración propia*

Decripción	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de humedad %
Afirmado	2.209 g/cm <sup>3</sup>	7.58%

*Cuadro N°11: Resultado de la máxima densidad seca y Contenido de humedad Óptimo  
Fuente: Elaboración propia*

### 3. Ensayo de California bearing ratio (CBR)

Se ejecutó el ensayo para determinar la resistencia del afirmado, teniendo como datos los resultados del proctor modificado. Se siguió el procedimiento establecido en el MTC E 132. Teniendo como resultados el esfuerzo (CBR) a una penetración a 0.1'' y 0.2''



Cuadro N°12: Resultado de CBR a 0.1'' y 0.2'' de penetración Fuente: Elaboración propia

Ensayo de adherencia o procedimiento de Riedel Weber al primer riego de la imprimación reforzada.

#### 1. Procedimiento Riedel Weber con emulsión asfáltica CSS-1H

Tras desarrollar el procedimiento Riedel Weber, los resultados obtenidos según el MTC E 220, establecen que el afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac no presenta buena adherencia con la emulsión asfáltica CSS-1h, dado que no cumple con la adherencia mínima que es 4.

DATOS DEL ENSAYO				
DENOMINACION			DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	PARCIAL: 4
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	PARCIAL	
	M/16	5	PARCIAL	TOTAL: 10
	M/8	6	PARCIAL	
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
M/1	9	PARCIAL		

Cuadro N°13: Adherencia de la emulsión CSS-1h con árido fino del afirmado Fuente: Elaboración propia

## 2. Procedimiento Riedel Weber MC-30

Como resultado del procedimiento Riedel Weber se obtuvo que el MC-30 tiene buena adherencia con el afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac, cumpliendo con la adherencia mínima que es 4.

DATOS DEL ENSAYO			
DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	NULO
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
	M/1	9	PARCIAL
			<b>PARCIAL:</b> 5
			<b>TOTAL:</b> 10

*Cuadro N°14: Adherencia del MC-30 con árido fino del afirmado Fuente: Elaboración propia*

## 3. Comparación entre adherencia del afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac con emulsión CSS-1h y MC-30

Se evidenció en los resultados del ensayo Riedel Weber que el MC-30 tiene mejor adherencia que la emulsión CSS-1H con el afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac.

Ensayos de densidad de Campo

### 1. Ensayos de densidad de campo mediante el cono de arena

El presente ensayo se desarrolló mediante el método de cono de arena. Se tomaron 14 densidades de campo, desde la progresiva 0+010 a la 0+140, a pesar de en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción establezcan 1 cada 250m2.

Los resultados de las densidades de campo arrojaron valores un poco mayores al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS), cumpliendo con lo especificado para el desarrollo del primer riego.

N° de Prueba	Material	Fecha	Progresiva(Km)	Lado	Resultado	Especificación
1	Afirmado	21/04/2022	0+010	DER	95.7	95%
2			0+020	IZQ	96.4	95%
3			0+030	DER	95.2	95%
4			0+040	EJE	96.6	95%
5			0+050	DER	95.4	95%
6			0+060	IZQ	95.6	95%
7			0+070	EJE	96.2	95%
8			0+080	DER	96.1	95%
9			0+090	EJE	95.4	95%
10			0+100	IZQ	96.4	95%
11			0+110	EJE	95.3	95%
12			0+120	DER	95.6	95%
13			0+130	IZQ	95.9	95%
14			0+140	DER	95.1	95%

*Cuadro N°15: Resultados de densidades de campo mediante el cono de arena Fuente: Elaboración propia*

## 2. Ensayos de densidad de campo mediante el densímetro nuclear

El presente ensayo se desarrolló mediante el método nuclear, haciendo uso del densímetro nuclear. Se tomaron 4 densidades de campo, dos en cada tramo de prueba de imprimación reforzada.

Los resultados de las densidades de campo arrojaron valores un poco mayores al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS), cumpliendo con lo especificado

N° de Prueba	Nivel	Ubicación	Progresiva (Km)	Resultado	Especificación
1	AFIRMADO	Imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h	0+030	101.7%	100.0%
2			0+070	102.1%	100.0%
3		Imprimación reforzada con MC-30	0+100	100.7%	100.0%
4			0+140	102.3%	100.0%

*Cuadro N°16: Resultados de densidades de campo mediante el Cono de Arena  
Fuente: Elaboración propia*

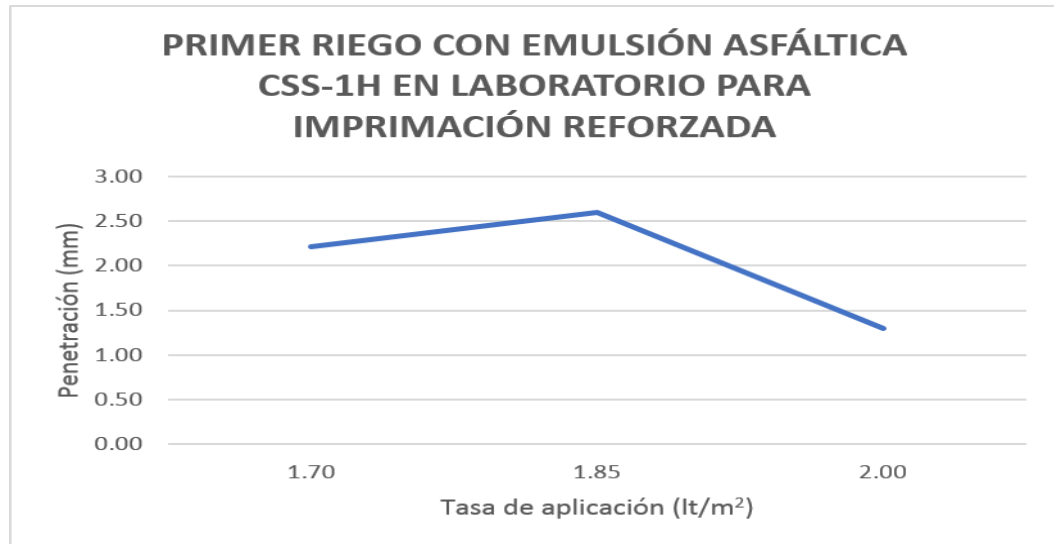
Mediciones al primer riego de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac

#### **1. Penetración del primer riego de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h en laboratorio**

Se realizó 3 ensayos de imprimación con CSS-1h al afirmado de la trocha carrozable Payesa en los moldes del ensayo de Proctor. Se tuvo como base ellímite mínimo y máximo de tasa de aplicación indicado en el Manual de Conservación Vial de Carreteras del MTC, y el promedio de estas tasas para la verificación de penetración. Se obtuvo como resultados que ante una tasa mínima de 1.70 lt/m<sup>2</sup>, la penetración fue 2.21mm, así mismo con una tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup> se logró una penetración de 2.60mm y finalmente a una tasa máxima de 2.00 lt/m<sup>2</sup> se obtuvo 1.30mm.

DESCRIPCION	N° DE ENSAYO	TASA DE APLICACIÓN(lt/m <sup>2</sup> )	PENETRACION(mm)
PRIMER RIEGO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H EN LABORATORIO PARA IMPRIMACIÓN REFORZADA	01	1.70	2.21
	02	1.85	2.60
	03	2.00	1.30

*Cuadro N°17: Primer riego de imprimación con CSS-1h en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia*



*Cuadro N°18: Primer riego de imprimación con CSS-1h en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia*

## 2. Penetración del primer riego de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h en tramo de prueba

Teniendo en cuenta que el Manual de Carreteras de conservación vial establece que se debe asegurar una penetración mayor a 13 milímetros. Para el primer riego con emulsión asfáltica CSS-1h, no se han obtenido los resultados deseados, siendo la mayor penetración 3.23mm, siendo mucho a lo establecido.

UBICACIÓN	PROGRESIVA(KM)	N° DE ENSAYO	Penetración
PRIMER RIEGO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H EN LA IMPRIMACIÓN REFORZADA - TROCHA CARROZABLE PAYESA- ENTRADA HACIA SANTUARIO BOSQUE DE PÓMAC- TÚCUME	0+000	01	2.34 mm
	0+010	02	1.97 mm
	0+020	03	1.30 mm
	0+030	04	3.23 mm
	0+040	05	1.08 mm
	0+050	06	2.93 mm
	0+060	07	2.07 mm
	0+070	08	1.79 mm

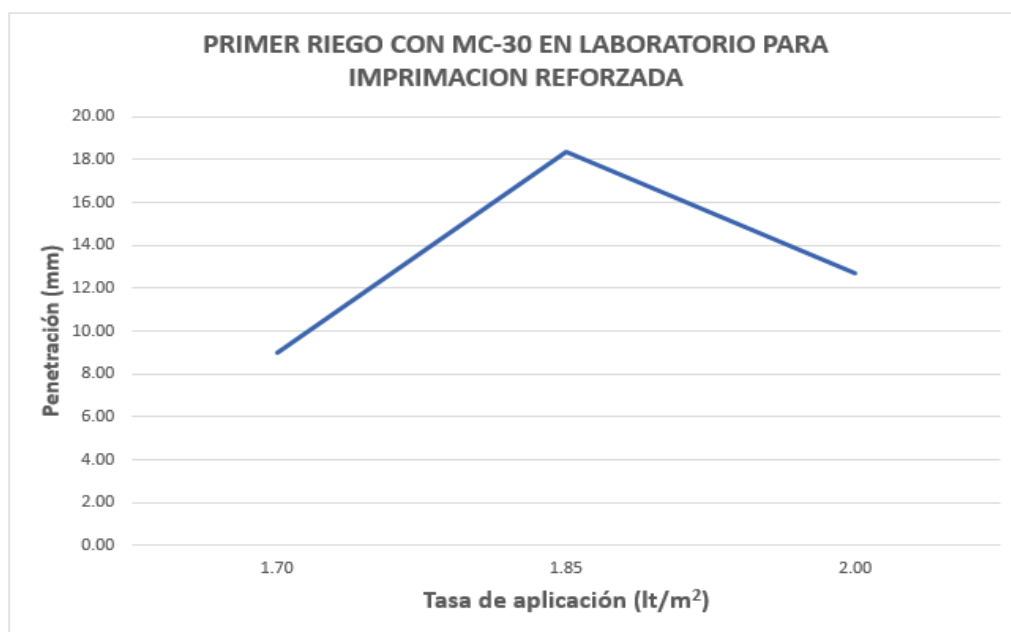
*Cuadro N°19: Primer riego de imprimación con emulsión asfáltica CSS-1h  
Fuente: Elaboración propia*

### 3. Penetración del primer riego de la imprimación reforzada con MC-30 en laboratorio

Se realizó 3 ensayos de imprimación con MC-30 al afirmado de la trocha carrozable Payesa en los moldes del ensayo de Proctor. Se tuvo como base el límite mínimo y máximo de tasa de aplicación indicado en el Manual de Conservación Vial de Carreteras del MTC, y el promedio de estas tasas para la verificación de penetración. Se obtuvo como resultados que ante una tasa mínima de 1.70 lt/m<sup>2</sup>, la penetración fue 9.01 mm, así mismo con una tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup> se logró una penetración de 18.40 mm y finalmente a una tasa máxima de 2.00 lt/m<sup>2</sup> se obtuvo 12.70 mm.

DESCRIPCION	N° DE ENSAYO	TASA DE APLICACIÓN(lt/m <sup>2</sup> )	PENETRACION(mm)
PRIMER RIEGO CON MC-30 EN LABORATORIO PARA IMPRIMACIÓN REFORZADA	01	1.70	9.01
	02	1.85	18.40
	03	2.00	12.70

*Cuadro N°20: Primer riego de imprimación con MC-30 en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia*



*Cuadro N°21: Primer riego de imprimación con MC-30 en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia*

#### 4. Penetración del primer riego a la imprimación reforzada con MC-30 en tramo de prueba

En la verificación del primer riego a la imprimación reforzada con MC-30, se han obtenido resultados bastante favorables, dado que la mayor penetración obtenida fue 36.00mm, seguida de 25.93mm, habiendo superado los 13mm que es lo normalizado. Cabe mencionar que de la progresiva 0+080 a la 0+140, todas las verificaciones de penetración, han superado con éxito los 13mm.

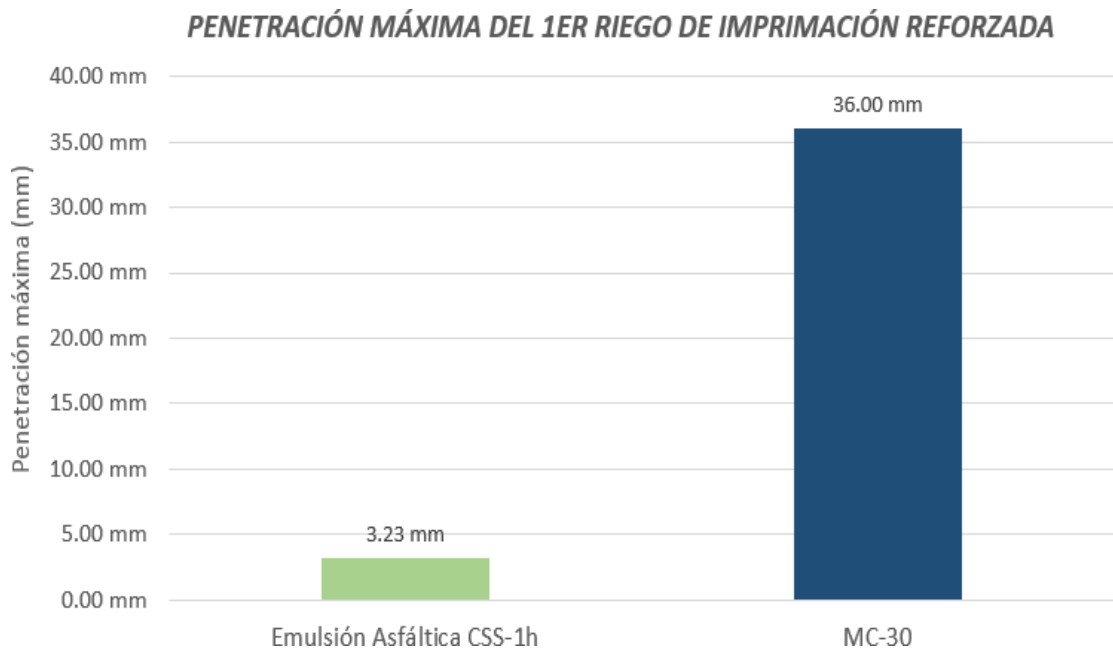
UBICACIÓN	PROGRESIVA(KM)	N° DE ENSAYO	PENETRACION
PRIMER RIEGO CON MC-30 EN LA IMPRIMACION REFORZADA-TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA HACIA SANTUARIO BOSQUE DE PÓMAC-TUCUME	0+080	01	18.80 mm
	0+090	02	24.55 mm
	0+100	03	18.45 mm
	0+110	04	25.93 mm
	0+120	05	22.23 mm
	0+130	06	20.00 mm
	0+140	07	36.00 mm

*Cuadro N°22: Primer riego de imprimación con MC-30*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 5. Comparación de resultados del primer riego entre MC-30 y CSS-1h en tramo de prueba

Como se puede observar en el Cuadro N°19, la máxima penetración obtenida en la emulsión asfáltica CSS-1h fue 3.23mm y en el cuadro N° 22 se obtuvo como resultado la penetración máxima con MC-30 fue 36.00mm. Sin embargo, considerando que la penetración requerida para el primer riego de imprimación reforzada fue 13.00mm como mínimo, la emulsión asfáltica CSS-1h no llegó a superar la penetración mínima. Por el contrario, el MC-30 superó notablemente la penetración mínima, siendo incluso casi el triple del mínimo requerido.



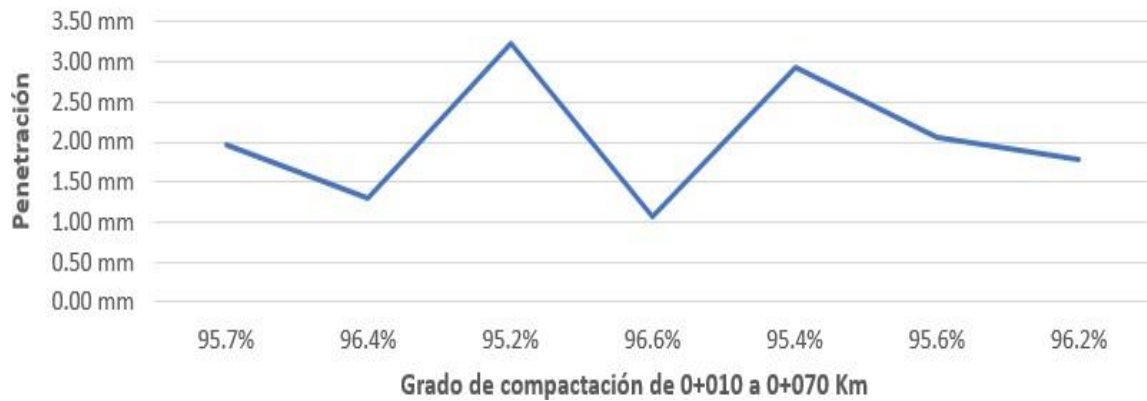
*Cuadro N°23: Comparación del primer riego de imprimación reforzada*

*Fuente: Elaboración propia*

**6. Comparación de las penetraciones del primer riego con emulsión asfáltica CSS-1h respecto al grado de compactación de la imprimación reforzada en la trocha carrozable Payesa, entrada hacia el Santuario Bosque de Pómac**

Teniendo las mediciones del ensayo de penetración para emulsiones asfálticas y el grado de compactación obtenido mediante el ensayo de cono de arena, se pudo determinar que a mayor grado de compactación que presente la carpeta de rodadura de afirmado, menor penetración se obtendrá, por ende, el Cuadro N°24 indica una variación de la penetración respecto al grado de compactación. Cabe resaltar que por objeto de estudio se realizó la compactación al 95% de la Máxima Densidad Seca, pero al mismo tiempo se determinó que la emulsión asfáltica CSS-1h no penetra lo mínimo establecido que son 13 milímetros.

### PENETRACIÓN DEL 1ER RIEGO CON CSS-1H VS GRADO DE COMPACTACIÓN



*Cuadro N°24: Penetraciones del primer riego de imprimación reforzada con CSS-1h vs Grado de compactación del afirmado*

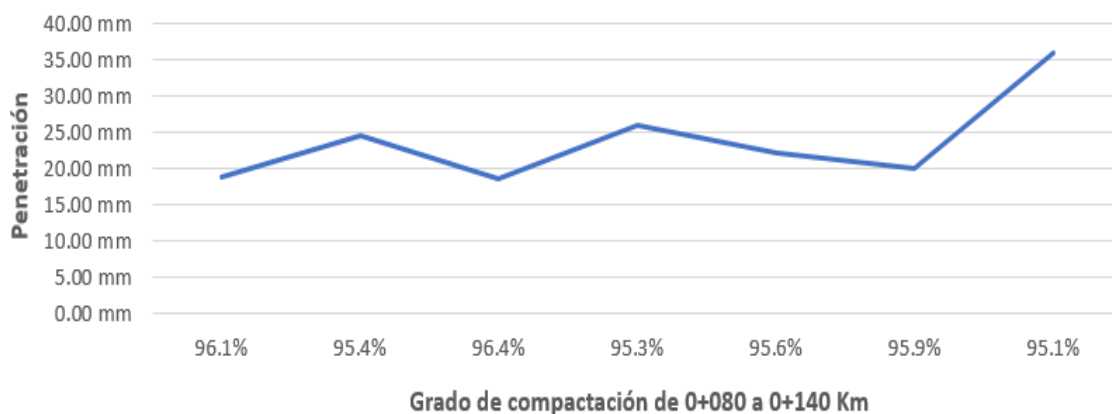
*Fuente: Elaboración propia*

#### **7. Comparación de las penetraciones del primer riego con MC-30 respecto al grado de compactación de la imprimación reforzada en la trocha carrozable Payesa, entrada hacia el Santuario Bosque de Pómac**

En el Cuadro N°25, se observa una variación de la penetración del MC-30 al afirmado conforme varíe el grado de compactación. Conforme disminuya el grado de compactación mayor penetración se obtendrá debido a que la superficie no se encuentra sellada. Cabe señalar que las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción en la calidad del trabajo determinado en afirmados como carpeta de rodadura establece 100% de la máxima densidad seca. Pero por objeto de estudio se consideró 95%.

Ante ello se obtuvo que valores de compactación más próximos al 95% de MDS, presentan mayor penetración.

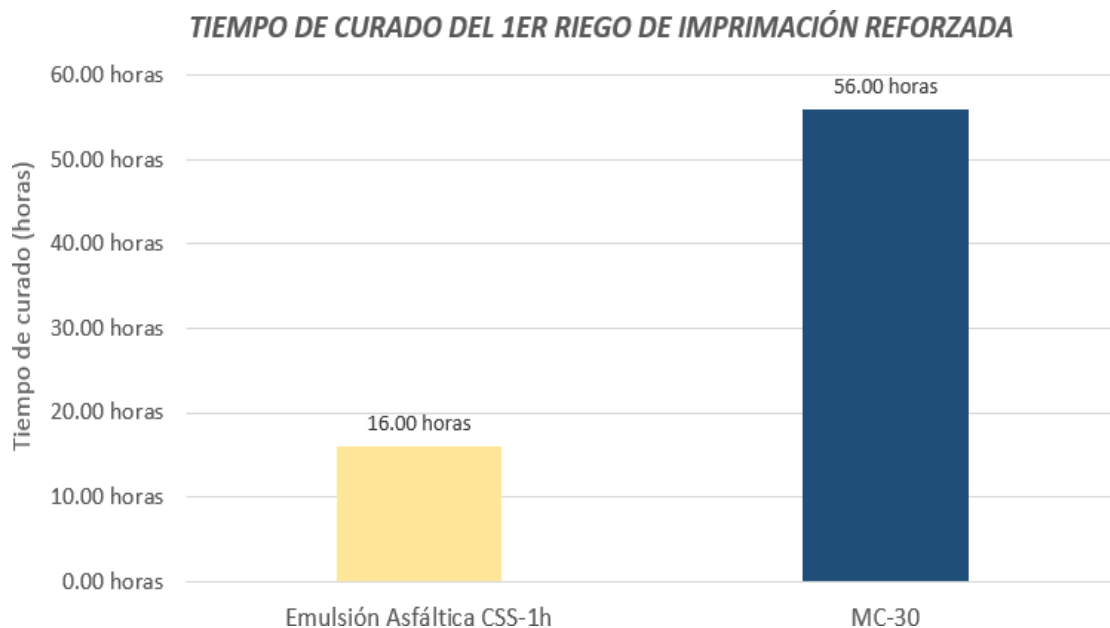
**PENETRACIÓN DEL 1ER RIEGO CON MC-30 VS GRADO DE COMPACTACIÓN**



*Cuadro N°25: Penetraciones del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 vs Grado de compactación del afirmado*

*Fuente: Elaboración propia*

**8. Comparación del tiempo de curado del primer riego de imprimación reforzada con emulsión CSS-1h y MC-30**



*Cuadro N°26: Comparación del tiempo de curado entre Emulsión Css-1h y MC-30 en el primer riego de la imprimación reforzada*

*Fuente: Elaboración propia*

### 9. Medición del Compuesto Orgánico Volátil (Cov's) en el primer riego con emulsión asfáltica

<i>Parámetro COv evaluado</i>	<i>Monitoreo del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS – 1H</i>
<i>Isobutylene(2 – methylpropene)</i>	<i>0.2 ppm</i>
<i>n – hexane( C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)</i>	<i>0.4 ppm</i>
<i>Benzene(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</i>	<i>0.1 ppm</i>
<i>Toluene(C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>)</i>	<i>0.2 ppm</i>
<i>Xylene(C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)</i>	<i>0.1 ppm</i>

*Cuadro N°27: Gases que conformar el Compuesto orgánico volátil (Cov's)*

*Fuente: Elaboración propia*

### 10. Medición del Compuesto Orgánico Volátil (Cov's) en el primer riego con MC-30

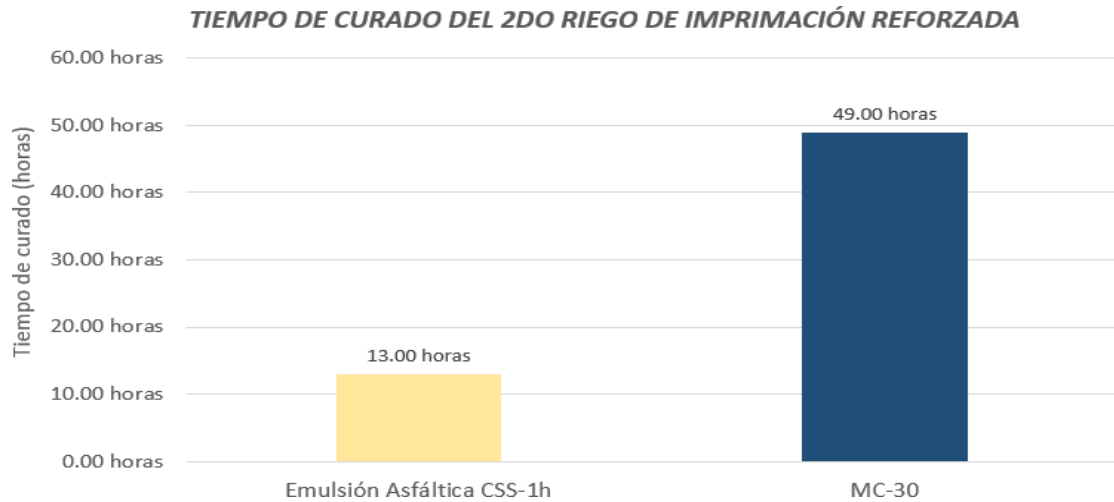
<i>Parámetro COv evaluado</i>	<i>Monitoreo del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS – 1H</i>
<i>Isobutylene(2 – methylpropene)</i>	<i>0.3 ppm</i>
<i>n – hexane( C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)</i>	<i>2.1 ppm</i>
<i>Benzene(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</i>	<i>0.2 ppm</i>
<i>Toluene(C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>)</i>	<i>0.2 ppm</i>
<i>Xylene(C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)</i>	<i>0.2 ppm</i>

*Cuadro N°28: Gases que conformar el compuesto orgánico volátil (Cov's)*

*Fuente: Elaboración propia*

Mediciones al segundo riego de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac

### 1. Comparación del tiempo de curado del segundo riego de imprimación reforzada con emulsión CSS-1h y MC-30



*Cuadro N°29: Comparación del tiempo de curado entre emulsión Css-1h y MC-30 en el segundo riego de la imprimación reforzada*

*Fuente: Elaboración propia*

Comparación del análisis de costos unitarios de la imprimación reforzada al afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac con emulsión asfáltica CSS-1h y MC-30

Partida	01.01.01	IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSION ASFALTICA CSS-1H					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por :	m2	9.29	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	27.46	0.11	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	18.56	0.07	
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0240	16.78	0.40	
					<b>0.58</b>		
<b>Materiales</b>							
02010500010009	EMULSION ASFALTICA CSS-1H	gal		0.5000	11.64	5.82	
02070200010004	ARENA GRUESA ZARANDEADA 3/8"	m3		0.0030	48.39	0.15	
					<b>5.97</b>		
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.58	0.02	
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP.	hm	1.0000	0.0040	170.00	0.68	
0301100007	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPU	hm	1.0000	0.0040	150.00	0.60	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.5000	0.0020	184.12	0.37	
03012200080004	CAMION IMPRIMADOR 210 HP 2,000	hm	1.0000	0.0040	241.19	0.96	
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7	hm	0.5000	0.0020	54.73	0.11	
					<b>2.74</b>		

*Cuadro N°30: Análisis de costos de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h*

*Fuente: Elaboración propia*

Partida	01.01.02		IMPRIMACION REFORZADA CON MC-30			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		9.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	27.46	0.11
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	18.56	0.07
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0240	16.78	0.40
					<b>0.58</b>	
<b>Materiales</b>						
02010500010009	ASFALTO DILUIDO TIPO MC - 30	gal		0.5000	12.90	6.45
02070200010004	ARENA GRUESA ZARANDEADA 3/8"	m3		0.0030	48.39	0.15
					<b>6.60</b>	
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.58	0.02
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP.	hm	1.0000	0.0040	170.00	0.68
0301100007	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPU	hm	1.0000	0.0040	150.00	0.60
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.5000	0.0020	184.12	0.37
03012200080004	CAMION IMPRIMADOR 210 HP 2,000	hm	1.0000	0.0040	241.19	0.96
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7	hm	0.5000	0.0020	54.73	0.11
					<b>2.74</b>	

*Cuadro N°31: Análisis de costos de la imprimación reforzada con MC-30*

*Fuente: Elaboración propia*

### Discusiones:

La principal finalidad de esta investigación es considerar a la imprimación reforzada como una opción ideal para carreteras no pavimentadas para evitar el deterioro prematuro de estas, mitigar la formación del polvo, y siendo esta una alternativa durable y económica.

Por ende, fue necesario realizar un tramo de prueba, el cual fue en la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac, que tuvo un material in situ con las siguientes características:

Características físicas	Afirmado in Situ Trocha Carrozable Payesa-Entrada al bosque de Pómac
Contenido de Humedad natural del suelo	5.00%
Límite Líquido	21
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	5
Clasificación Granulométrica SUCS	GP-GC
Clasificación Granulométrica AASHTO	A-1-a (0)
Ensayo de equivalente de Arena	23%
Ensayo de durabilidad al sulfato de Magnesio	7.47%

*Cuadro N°32: Características físicas*

*Fuente: Elaboración propia*

El afirmado posee un límite líquido de 21%, siendo menor valor al 35% establecido como máximo, además presenta un índice de plasticidad entre los rangos establecidos por el MTC E 111 (4 – 9% de IP). Por la clasificación SUCS, es un material GP-GC (Grava pobremente graduada con arcilla y arena), mientras que por la clasificación AASHTO el porcentaje que pasa por el tamiz N° 10, 40 y 200 es 43.7% , 22.8% y 9.9% , siendo porcentajes menores a lo establecido ( 50%, 30% y 15%) por cada tamiz mencionado, además el IP que presenta el afirmado es 5( menor a 6%), por lo tanto es un suelo A-1-a (0). Presenta un equivalente de arena de 23% (20%-40%), y además presenta una pérdida de desintegración tras el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio de 7.47%, lo cual es un material durable dado que el máximo valor de pérdida por desintegración es 18%.

Por otro lado, el material presenta las siguientes características mecánicas:

Características mecánicas	Afirmado in Situ Trocha Carrozable Payesa-Entrada al bosque de Pómac
Abrasión	22.00%
Proctor Modificado	2.209
Óptimo contenido de humedad	7.58%
CBR al 100% de la M.D.S	100.40%

*Cuadro N°33: Características mecánicas*

*Fuente: Elaboración propia*

El afirmado presenta una regular resistencia a la abrasión o degradación tras ser sometida a la máquina de los ángeles, arrojando un valor de 22%, siendo este menor al 50% que es lo máximo establecido, así mismo presenta un óptimo contenido de humedad de 7.58% que se corroboró en campo para que el material tenga una compactación adecuada. Respecto al ensayo de CBR, se realizó dos veces este ensayo, dado que la norma te establece que se debe tomar el 100% de la Máxima Densidad Seca y penetración de carga de 0.1'', pero en este caso en el primer ensayo el CBR el valor más alto al 100% de la MDS arrojó en una penetración de carga de 0.2'', por ende la norma te establece que debes realizarlo nuevamente. Tras realizarlo nuevamente la penetración de carga de 0.2'' al 100% de la MDS arrojó un valor de 100.4'', siendo mayor al de penetración de 0.1'' ( 77.8%), además siento el CBR mayor al mínimo establecido que es 40%.

En el cuadro N°34 se puede observar el resultado del ensayo Riedel Weber del afirmado con la emulsión asfáltica CSS-1h realizado en laboratorio, en el cual se observó que el afirmado tras colocarle una concentración de carbonato sódico M/32, este presentó desprendimiento parcial con la emulsión, no llegando a lo mínimo requerido con las especificaciones técnicas generales del MTC que especifica que como mínimo en la concentración M/32 no haya desprendimiento árido-asfalto.

DATOS DEL ENSAYO				
DENOMINACION			DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	PARCIAL	<b>PARCIAL:</b> 4
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	<b>TOTAL:</b> 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	PARCIAL	

*Cuadro N°34: Ensayo Riedel Weber del árido fino del afirmado con la emulsión CSS-1h*

*Fuente: Elaboración propia*

En el cuadro N°35 por el contrario ante una concentración de carbonato sódico M/32, el árido fino del afirmado con el MC-30 presentan un desprendimiento nulo, más bien ante la solución M/16 se observó un desprendimiento parcial, pero llegando a cumplir lo mínimo estipulado por el MTC.

DATOS DEL ENSAYO				
DENOMINACION			DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	<b>PARCIAL:</b> 5
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	<b>TOTAL:</b> 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	PARCIAL	

*Cuadro N°35: Ensayo Riedel Weber del árido fino del afirmado con el MC-30*

*Fuente: Elaboración propia*

En laboratorio también se realizó o simuló la penetración del primer riego de imprimación reforzada, tanto con la emulsión como con el MC-30. El ensayo consistió en colocar afirmado en el molde del ensayo Proctor estándar o Proctor modificado, realizar el proceso establecido por las especificaciones técnicas generales del MTC. Tras tener el molde con el material enrasado, se deja al aire libre por aproximadamente 30 min, para luego colocar el líquido asfáltico o la emulsión asfáltica. En el caso del MC-30 se calentó hasta llegar a los 60°C y en la emulsión asfáltica a T° de 40°C. Se procedió a calcular el área del molde del Proctor y pesar el líquido para obtener la tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup> , 1.85 lt/m<sup>2</sup> y 2.00 lt/m<sup>2</sup> . Finalmente, el líquido pesado en gr se colocó en la superficie superior del molde, y se esperó que este se cure para luego ser medido.

La penetración idónea para ambos líquidos fue de 1.85 lt/m<sup>2</sup>, dado que a una tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup> no se llegó a la penetración mínima, y en el caso de 2.00 lt/m<sup>2</sup> se observó una saturación y una exudación por parte del asfalto que impidió que este penetrara, por el contrario, ante una tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup> se llegó a la mayor penetración en ambos líquidos. En el MC-30 se logró una penetración de 18.40 mm y en la emulsión asfáltica se llegó a una penetración de 2.60 mm, siendo esta última la que no superando los 13mm estipulados por las especificaciones técnicas generales del MTC.

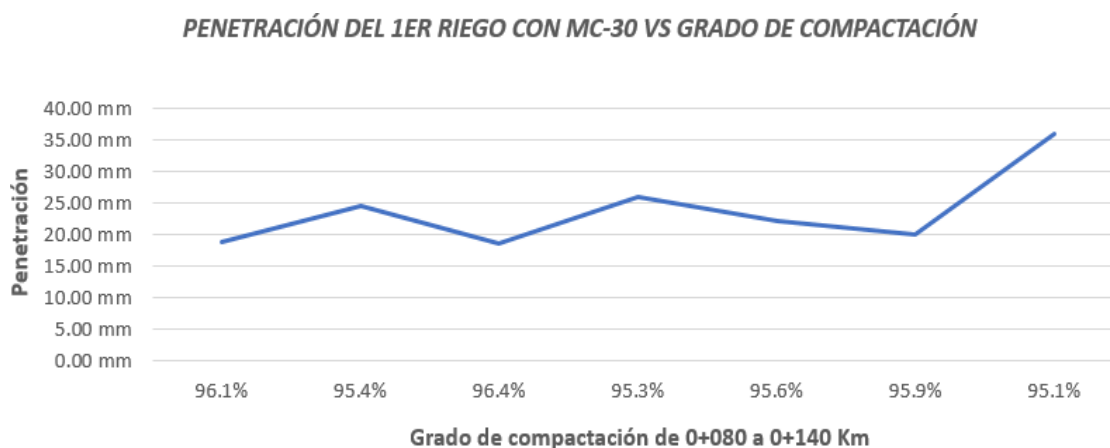
En el tramo de prueba se realizó el escarificado, batido, conformación del afirmado, y una compactación del afirmado con un rodillo liso vibratorio. En el presente estudio se optó por considerar un grado de compactación del 95%, tras ello se realizó el primer riego de imprimación reforzada con una tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup>, en el cual se pudo corroborar que, a mayor grado de compactación, es decir mientras más cerrada se encuentre la base a imprimir, más propensa se encuentra a esta a tener menor penetración. En el cuadro N°36, se puede corroborar que mientras mayor compactación presente la base del afirmado menor penetración esta posee. Como es el caso de la progresiva 0+040 Km, donde presentó una compactación de 96.6%, obteniendo como penetración 1.08 mm. Por el contrario en la progresiva 0+030 km, esta presentó un grado de compactación de 95.2% , obteniendo una penetración de 3.23mm , siendo la mayor penetración alcanzada en el tramo de prueba en el primer riego de imprimación.



*Cuadro N°36: Penetraciones del primer riego de imprimación reforzada con emulsión CSS-1h vs Grado de compactación del afirmado*

*Fuente: Elaboración propia*

El mismo efecto ocurrió en el tramo del primer riego de la imprimación reforzada con MC-30, el cual se puede verificar en el cuadro N° 37, donde la progresiva 0+100 km, que poseyó un grado de compactación de 96.4% , se obtuvo una penetración de 18.45mm , siendo la menor obtenida en este tramo, por el contrario en la progresiva 0+140, presentó un grado de compactación de 95.1% , obteniendo por ende mayor grado de penetración, siendo este de 36.00 mm, superando por mucho los 13 mm mínimos establecidos por el MTC.



De acuerdo con los resultados por el autor Franklin Patiño, en la Investigación De la Imprimación Reforzada Para La Conformación De Capas De Rodadura De Caminos Rurales De Bajo Tránsito , se obtuvo que tras realizar una verificación de espesores del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 en sus 4 vías de análisis, las cuales fueron: La vía troncal Amazónica – Mutinsa , La vía Troncal Amazónica – Bellavista , La vía acceso al Camal de Méndez y la vía

junto a la pista de aterrizaje de Patuca presentando 15,13,20 y 12 mm de penetración respectivamente, obteniendo como espesor máximo de penetración 20mm . Mientras que en la presente investigación en el primer riego de imprimación reforzada con MC-30 se obtuvo 36 mm de penetración como máximo, siendo superior a lo estipulado por las Especificaciones Técnicas Generales de la Construcción.

El MC-30 presentó mayor tiempo de curado del primer y segundo riego de imprimación reforzada, el primero fue de 56 horas, mientras que el segundo fue de 49 horas, dado que este está compuesto por una mezcla de cemento asfáltico y un solvente que es el kerosene que demora en evaporarse. Caso contrario ocurre con la emulsión asfáltica que durante el primer y segundo riego presenta menor tiempo de curado, con 16 horas y 13 horas respectivamente, esto debido a que está conformado por asfalto, agua y un emulsificante, lo cual al poseer agua facilita el rápido curado.

El monitoreo de gases del compuesto orgánico volátiles en los tramos del primer riego de imprimación reforzada con MC-30 y emulsión asfáltica, presentan valores bajos respecto a los valores permisibles del medidor , tomando como base el “Epa Method 21” , el único valor que posee un valor un poco mayor al resto es el gas Hexano en la medición del tramo con MC-30, esto debido a que es un gas que afecta a las personas que trabajan en la imprimación con este asfalto, siendo la inhalación de este ocasionar somnolencia, vértigo, por lo cual es necesario que el personal que trabaje con este producto cuente con los EPP’s adecuados.

En base al análisis de precios unitarios de imprimación reforzada bituminosa realizada por el autor Jhony Mantilla, en su proyecto Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo: Curgos-Choctmalca -Sector Miraflores- Distrito de Curgos-Sánchez Carrión-La Libertad, obtuvo como resultado un análisis de precios de 7.82 soles por metro cuadrado considerando como insumo el MC-30. Sin embargo, en esta tesis el análisis de precios unitarios para una Imprimación reforzada con MC-30 resulta 9.92 soles por metro cuadrado.

El análisis costo/beneficio que se puede generar de la presente investigación es que la imprimación reforzada con MC-30 presenta un precio un poco mayor al de la emulsión asfáltica CSS-1h, pero este presenta mejor adherencia con el afirmado, superar la penetración mínima requerida por el MTC, así como presenta mayor durabilidad, performance y serviciabilidad de la trocha carrozable.

## Conclusiones:

De los resultados obtenidos de la presente investigación se concluye que:

- Se ejecutó la imprimación reforzada, los primeros 70 metros lineales fueron con emulsión asfáltica CSS-1h, mientras que los otros 70 metros fueron con el MC-30. Ambos tramos fueron ejecutados en el camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac.
- Podemos concluir que, en esta investigación, la tasa media (1.85 lt/m<sup>2</sup>) fue la dosificación óptima para el primer riego de la imprimación reforzada tanto con emulsión asfáltica CSS-1h y MC-30, obteniéndose con esta, la mayor penetración de acuerdo a los límites especificados en el Manual de Conservación Vial del MTC.
- De acuerdo con el objetivo de la comparación de penetración, adhesividad y durabilidad de la imprimación reforzada con emulsión CSS-1h y MC-30, en el estudio se demuestra que la penetración del primer riego con emulsión CSS-1h en laboratorio, con ninguna de las tasas de aplicación de 1.70, 1.85 y 2.00 lt/m<sup>2</sup> se logra llegar y/o superar los 13 milímetros de penetración establecidos por el Manual de Conservación Vial. Por el contrario, la tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup> fue la única tasa de las tres ya mencionadas, que supera los 13 mm en el primer riego de imprimación reforzada con MC-30
- De este modo, se estableció mediante el ensayo Riedel Weber, que la emulsión asfáltica CSS-1h con el afirmado de la trocha carrozable Payesa, entrada al Bosque de Pómac no presenta buena adherencia, dado que se muestra un desprendimiento nulo hasta la concentración M/64 (denominación de Adherencia 3), no llegando a la adherencia mínima que es 4. Sucede lo contrario al aplicar el MC-30 con el afirmado de la trocha carrozable, dado que tuvo buena adherencia, mostrando desprendimiento nulo hasta la concentración M/16 (denominación de adherencia 4) , cumpliendo con la adherencia mínima requerida .
- En virtud de lo estudiado, en la investigación se concluyó que a menor grado de compactación del afirmado hay mayor penetración del primer riego de imprimación. En el caso del primer riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica en el tramo de prueba, con la tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup> con un grado de referencia de 95.2% de la máxima densidad seca, se obtuvo una penetración de 3.23 mm, siendo esta menor a lo establecido por el Manual de Conservación Vial del MTC. Por el contrario, con una tasa de aplicación de 1.85 lt/m<sup>2</sup> de MC-30 para el primer riego con un grado de compactación de 95.1% se obtuvo una penetración de 36.00 mm.

- El tiempo de curado del primer riego de imprimación reforzada para el caso de la emulsión asfáltica fue un aproximado de 16.00 horas, por el contrario, con el MC-30 se obtuvo un tiempo de curado de 56.00 horas. En cambio, el tiempo de curado del segundo riego de imprimación reforzada para la emulsión CSS-1h fue un aproximado de 13.00 horas, caso contrario con el MC-30 que se obtuvo un tiempo de curado de 49.00. La gran diferencia del tiempo de curado entre el primer riego y segundo riego de curado se debe a la tasa de aplicación que estas poseen. Así mismo el tiempo de curado que difiere la emulsión CSS-1h con MC-30 se debe a que el primero en sus componentes presenta agua, lo cual se evapora fácilmente y genera un tiempo de curado menor que el MC-30.
- La medición de Cov's haciendo uso del "Epa Method 21", se obtuvo que ninguna de las imprimaciones reforzadas emite gases volátiles considerables que afecten el medio ambiente, tomando como límites los establecidos por el medidor en mención. Siendo el gas Hexano en la medición de imprimación reforzada con MC-30, el que posee un valor mayor al resto de gases.
- El tramo de imprimación reforzada con MC-30, se encuentra en mejor estado de serviciabilidad que el tramo de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H. En los 6 meses de prueba, en este último se encuentra mayor grado de peladuras, desprendimiento y baches en la vía. Por el contrario, en el tramo de MC-30, se verifica un mejor performance, poseyendo menor porcentaje de cantidad de fallas superficiales y teniendo menor desprendimiento del árido-ligante.
- En un periodo de serviciabilidad de 7 meses, se realizaron dos visitas a campo, donde en la primera visita se realizó una limpieza del tramo mediante escobas para limpiar el polvo, verificando que el tramo de imprimación reforzada con emulsión asfáltica no presenta mayor fallas superficiales, ni desprendimientos, por el contrario en el tramo de la imprimación reforzada con MC-30, se observa la presencia del agregado grueso en la superficie, y mayor presencia de baches con una severidad baja.

En la segunda visita, se utilizó una compresora mecánica para sopletar de manera eficiente las partículas finas y gruesas encontradas por el desprendimiento del afirmado sin imprimación reforzada, observándose que en el tramo de prueba de Emulsión asfáltica CSS-1h, presenta una zona crítica entrando a la curva, encontrándose mayores peladuras y disgregación del árido pétreo con el fino, así como también pequeños ahuellamientos. En el caso del tramo con MC-30, se observa ahuellamientos de aproximadamente 2 cm

respecto a la primera visita del mes 7 de serviciabilidad, así como también encontrándose mayores peladuras, pero siendo esta la que mejor performance tiene comparándose con el tramo de imprimación reforzada con emulsión asfáltica.

- Tras verificar la durabilidad de los tramos de prueba, se realizó una relación costo/beneficio, siendo la imprimación reforzada con MC-30 económica correspondiente al costo de ejecución de esta, además fue la mejor performance poseyó tras haber sido sometida a tráfico, mitigando en gran porcentaje el polvo y no siendo ambientalmente perjudicable

**Recomendaciones:**

- Se recomienda realizar la caracterización química al agregado que conforma el afirmado, para determinar si estos son silíceos (más compatible con emulsiones catiónicas) o calizos (más compatible con emulsiones aniónicas).
- Realizar la compactación del afirmado al 100% de la MDS, como se encuentra establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de la Construcción para evitar problemas de desprendimiento acelerado en los extremos de la vía.
- Se recomienda realizar la compactación final de la imprimación reforzada con un rodillo neumático y/o tándem
- Se recomienda realizar ensayos con emulsión asfáltica prime, para determinar si estos presentan mayor adherencia y penetración en la imprimación reforzada con respecto a la emulsión CSS-1h
- Se recomienda para tramos de imprimación reforzada de mayor kilometraje, considerar el uso de un camión imprimador.
- Se recomienda desviar o tener en consideración el tránsito de vehículos pesados para el mantenimiento y la preservación de la imprimación reforzada.
- Para una mejor evaluación de este tratamiento controlador de polvo, se recomienda realizarlo en los dos carriles, para evitar que el material grueso del otro tramo no perjudique el tramo con el tratamiento superficial.
- Se recomienda que para realizar la imprimación reforzada con MC-30, el personal debe contar con los implementos de seguridad personal, dado que este emite el gas Hexano, el cual genera mareos, náuseas e irritación de la garganta.
- Se recomienda considere la imprimación reforzada en los sobrecanchos (1m como mínimo) para evitar peladuras en los bordes de la calzada.
- Se recomienda considerar tratamientos que consideren como líquido asfáltico a la emulsión asfáltica para mantener una base con una serviciabilidad alta como las bases estabilizadas con emulsión asfáltica, los tratamientos superficiales (simple, doble) , Slurry seal, micropavimentos, entre otros.

## Bibliografía

- [1 ] Municipalidad Distrital de Túcume , «Plan de Desarrollo Concertado de Túcume al 2025,» Túcume .
- [2 ] J. Addo, T. Sanders y M. Chenard, Road Dust Supression : Effect on Maintenance Stability, Safety and the Environment, Colorado: Colorado Transportation Information Center, 2004.
- [3 ] Centro Nacional de Estimulación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre, «Informe de Evaluación de Riesgo de Inundación Pluvial en el Sector A- Noroeste, Distrito de Túcume, Provincia y Departamento de Lambayeque,» 2018.
- [4 ] Ministerio de Transporte y Comunicaciones , «Informe Multianual de Inversiones en Asociaciones Público Privadas 2020-2023,» 2020.
- [5 ] Ministerio de Transporte y comunicaciones-Provías Nacional, «Memoria Anual 2019,» 2020.
- [6 ] Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Programación Multinacional de Inversiones 2020-2022,» 2020.
- [7 ] L. D. Herra Gomez , S. Guerrero Aguilera, J. D. Rodriguez Morera, M. Salas Chaves, W. Sequeira Rojas y G. Loría Salazar, «Tratamientos Superficiales Como Alternativa en Rutas de Lastre,» 2017.
- [8 ] Tribunal Constitucional , «Sentencia del Tribunal Constitucional , Exp N° 35102003-AA/TC,» Lima, 2005.
- [9 ] Ministerio de Economía y Finanzas-Dirección General de Inversión Pública, «Pautas Metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la

formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras,»2015.

- [10 Defensoría del Pueblo, «La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y laaire de sus habitantes».
- [11 D. V. Berrú Tirado , «Influencia de la contaminación del aire en las enfermedades asmáticas bronquial en niños del Distrito de Chiclayo en los años 2013-2015,» Chiclayo, 2018.
- [12 F. E. Patiño Guaraca y P. T. M. Vera, «Investigación de la imprimación reforzada para la conformación de capas de rodadura de caminos rurales de bajo tránsito",» Cuenca , 2016.
- [13 R. J. U. Mantilla , «Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo : Curgos-Choctamalca-Sector Miraflores,Distrito de Curgos-Sánchez Carrión-La Libertad,»Trujillo , 2017.
- [14 Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Manual de Carreteras, "Suelos,Geología, Geotecnica y Pavimentos ",» Lima, 2013.
- [15 Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Manual de Diseño de Carreteras noPavimentadas de Bajo Volúmen de Transito,» Lima , 2008.
- [16 Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Manual de Carreteras-Conservación Vial Pavimentos,» Lima , 2013.
- [17 Ministerio de Obras Públicas,Gobierno de Chile , «Manual de Carreteras,VolúmenN°5, Especificaciones Técnicas Generales de Construcción,» Chile , 2018.
- [18 Asphalt Emulsión Manufacturers Association, Recommended PerformanceGuidelines, 2017.

- [19 ] Ministerio de Transporte y Comunicaciones , Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, Lima, 2018.
- [20 ] I. Kröger y S. Kröger, Tratamientos Superficiales de alto desempeño, Uruguay, 2020.
- [21 ] J. R. Menéndez Acurio, Ingeniería de Pavimentos, Tomo 1, Instituto de Construcción y Gerencia , 2016.
- [22 ] A. E. M. ASSOCIATION, Manual Básico de Emulsiones Asfálticas.
- [23 ] Programa de Infraestructura del Transporte, «Aplicación de riego de Liga , Guía para inspectores,» Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales , 2019.
- [24 ] W. Ibañez, Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales, Lima: Empresa Editora Macro, 2012.
- [25 ] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Estadísticas Ambientales Abril 2018,» 2018.
- [26 ] E. Juárez Bobadillo y A. Rico Rodríguez, Fundamentos de la mecánica de suelos, México: Limusa Noriega editores, 2005.
- [27 ] Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Manual de Ensayo de Materiales,» Lima, 2016.
- [28 ] M. D. Braja, «Principles of Geotechnical Engineering,» 1998.
- [29 ] Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción,» 2013.

- [30 AASHTO, Guide for design of pavement structures. American Association of,  
] Washington D.C, 1993.
- [31 AASHTO, Materials for Aggregate and Soil-Aggregate Subbase,Base and Surface  
] Courses, Washington D.C, 2013.
- [32 Aksonobel, «Emulsiones asfálticas,» Ámsterdam, 2010.  
]
- [33 Universidad de los Andes , «Emulsiones asfálticas, usos-rompimiento,» Venezuela,  
] 2008.
- [34 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales(LANAMME),  
] «Catálogo de ensayos de materiales para pavimentos,» Costa Rica, 2019.
- [35 Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales(LANAMME), «Guía  
] para la realización de ensayos y clasificación de asfaltos,emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados según el Reglamento Técnico Centroamericano,» Costa Rica, 2011.
- [36 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales(LANAMME),  
] «Preparación de emulsiones afálticas en laboratorio,» Costa Rica, 2012.
- [37 J. R. Menéndez Acurio, Ingeniería de pavimentos, Lima: Instituto de la  
] Construcción y gerencia , 2016.
- [38 R. Brown, F. Roberts, P. Kandhal, D.-Y. Lee y T. W. Kennedy, Hot mix asphalt  
] materials mixture design and construction, National Asphalt Pavement AssociationResearch and Education Foundation , 1996.
- [39 Instituto del asfalto, Manual del asfalto, 1989.  
]

- [40 M. Vignarajah y S. Senadheera, «Investigation of Prime Coat Effectiveness in  
] Surface Treatments Constructed on Base,» Transportation Research Board ,  
Washington, 2007.
- [41 C. A. Mantilla y J. W. Button, Prime Coat Methods and Material to Replace  
] Cutback Asphalt, Texas: Texas Transportation Institute, 1994.
- [42 J. R. Orellana Muñoz, «Aplicación de la emulsión imprimante Primatec en la  
] conservación de la base granular-Huancayo,» Huancayo, 2020.
- [43 Municipalidad Distrital de Túcume , «Plan de Desarrollo Concertado de Túcume al  
] 2025,» Túcume.
- [44 T. J. Freeman, J. W. Button y C. K. Estakhri, Effective Prime Coats for Compacted  
] Pavement Bases, Texas: Texas Transportation Institute, 2010.

## Anexos

### Anexo N° 1: Fotografías complementarias



**Anexo N°01.1:** Fallas de la carpeta de rodadura del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac

**Fuente:** Elaboración propia



**Anexo N°01.2:** Emisión de polvo producto de la abrasión de los neumáticos con la carpeta de rodadura del camino vecinal Payesa, entrada al Bosque de Pómac

**Fuente:** Elaboración propia

## Anexo N° 2: Panel Fotográfico

### Anexo N°2.1. Ensayos de Laboratorio

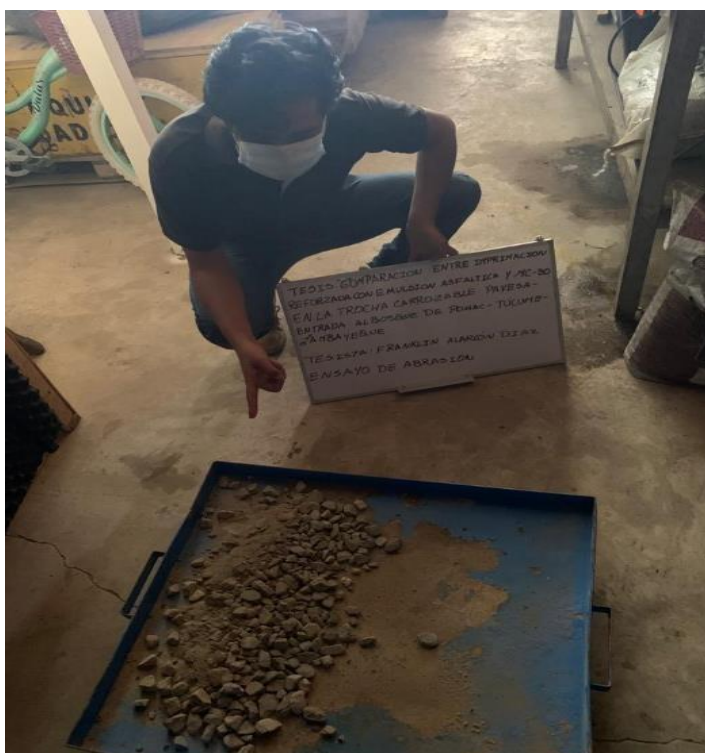
- Prueba de abrasión de los Ángeles (AASHTO T 96)



**Anexo N°02.1:** Colocación de las bolas de acero



**Anexo N°02.2:** Colocación de 5000g de agregado grueso



Anexo N°02.3: Descargue de material de la máquina de los Ángeles



Anexo N°02.4: Tamizado del material obtenido, por el tamiz 1,70mm(N°12)

➤ Ensayo de límite líquido



Anexo N°02.5: Tamizado de material por el tamiz 425 $\mu$ m(N°40)



Anexo N°02.6: División de la muestra contenido en la cuchara de Casagrande mediante el acanalador



**Anexo N°02.7:** Girado del manubrio de la cuchara de casa grande para levantar y soltar la cuchara.

➤ Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad



**Anexo N°02.8:** Moldeado de la muestra hasta darle forma elipsoide



**Anexo N°02.9:** Colocación de las porciones obtenidas en pesa filtros



**Anexo N°02.10:** Colocación de las porciones al horno para determinar el contenido de humedad del suelo.

- Ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino:



**Anexo N°02.11:** Solución de cloruro de calcio



**Anexo N°02.12:** Colocación de solución de cloruro de calcio en la probeta cilíndrica de plástico



**Anexo N°02.13 y 14:** Colocación de material mediante el embudo a la probeta de plástico



**Anexo N°02.15:** Agitación manual horizontal de la probeta



**Anexo N°02.16 y 17:** Lavado del material fino presente en las paredes de la probeta con el tubo irrigador



**Anexo N°02.18:** Reposo del contenido y la probeta por un periodo de 20min

➤ Ensayo Proctor Modificado



**Anexo N°02.19:** Compactación del material con el pisón o martillo



**Anexo N°02.20:** Enrasado del material mediante una regla

➤ Ensayo razón de soporte California “CBR”



**Anexo N°02.21:** Compactación del material con el pisón o martillo



**Anexo N°02.22:** Sumergido del molde cilíndrico al agua

- Ensayo de durabilidad al sulfato de sodio o sulfato de magnesio



**Anexo N°02.23:** Colocación de sulfato de sodio y reposo del material por 18 horas



**Anexo N°02.24:** Eliminación del sulfato de sodio y reposo del material



**Anexo N°02.25:** Colocación del material al horno

- Ensayo de Adhesividad- Procedimiento Riedel Weber para emulsiones asfálticas



**Anexo N°02.26:** Tamizado del agregado fino por los tamices N°30 y 70



**Anexo N°02.27:** Lavado del material sobre el tamiz N°70



**Anexo N°02.28:** Colocación en el horno a temperatura de  $145^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora



**Anexo N°02.29:** Colocación del carbonato sódico al agua para elaboración de concentraciones



**Anexo N°02.30:** Elaboración de la mezcla del material con emulsión con un peso aproximado de 0.50 gramos



**Anexo N°02.31:** Calentado del tubo que contiene el agua y la mezcla hasta el punto de ebullición.



**Anexo N°02.32:** Desprendimiento total de la emulsión con el agregado, tras mantenerse calentado 1 minuto después del punto de ebullición

- Ensayo de Adhesividad-Procedimiento Riedel Weber para MC-30



**Anexo N°02.33:** Tamizado del agregado fino por los tamices N°30 y 70



**Anexo N°02.34:** Lavado del material sobre el tamiz N°70



**Anexo N°02.35:** Colocación en el horno a temperatura de  $145^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora



**Anexo N°02.36:** Elaboración de la mezcla del material con MC-30 con un peso aproximado de 0.50 gramos



**Anexo N°02.37:** Desprendimiento total del MC-30 con el agregado, tras mantenerse calentado 1 minuto después del punto de ebullición



**Anexo N°02.38:** Desprendimiento total del MC-30 con el agregado, tras mantenerse calentado 1 minuto después del punto de ebullición

- Ensayo para medición de penetración en el primer riego de emulsión asfáltica en laboratorio



**Anexo N°02.39:** Ensayo de Proctor modificado para realizar el primer riego de imprimación con emulsión CSS-1h



**Anexo N°02.40:** Calentado de la emulsión asfáltica a 40.0°C



**Anexo N°02.41:** Primer Riego de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h con tasas de 1.70,1.85 y 2.00 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.42:** Penetración 2.21mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.43:** Penetración 2.21mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.44:** Penetración 2.60mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.45:** Penetración 2.60mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.46:** Penetración 2.60mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.47:** Penetración 1.30mm, 1er riego de imprimación con tasa de 2.00 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.48:** Penetración 1.30mm, 1er riego de imprimación reforzada con tasa de 2.00 lt/m<sup>2</sup>

- Ensayo para medición de penetración en el primer riego de MC-30 en laboratorio



**Anexo N°02.49:** Calentado del MC-30 a 60.0°C



**Anexo N°02.50:** Primer Riego de imprimación con MC-30 con tasas de 1.70, 1.85 y 2.00 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.51:** Primer Riego de imprimación con MC-30 con tasa de 1.70 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.52:** Primer Riego de imprimación con MC-30 con tasa de 1.85 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.53:** Primer Riego de imprimación con MC-30 con tasa de 2.00 lt/m<sup>2</sup>

Anexo N°2.2. Procedimiento constructivo en el tramo de prueba de imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1H

➤ Topografía



Anexo N°02.58: Medición del ancho de la vía de los primeros 70 ml



Anexo N°02.59: Ancho de la vía es 7.50 metros lineales



**Anexo N°02.60:** Nivelación con estación total y prismas



**Anexo N°02.61 y 62:** Nivelación con estación total y prismas

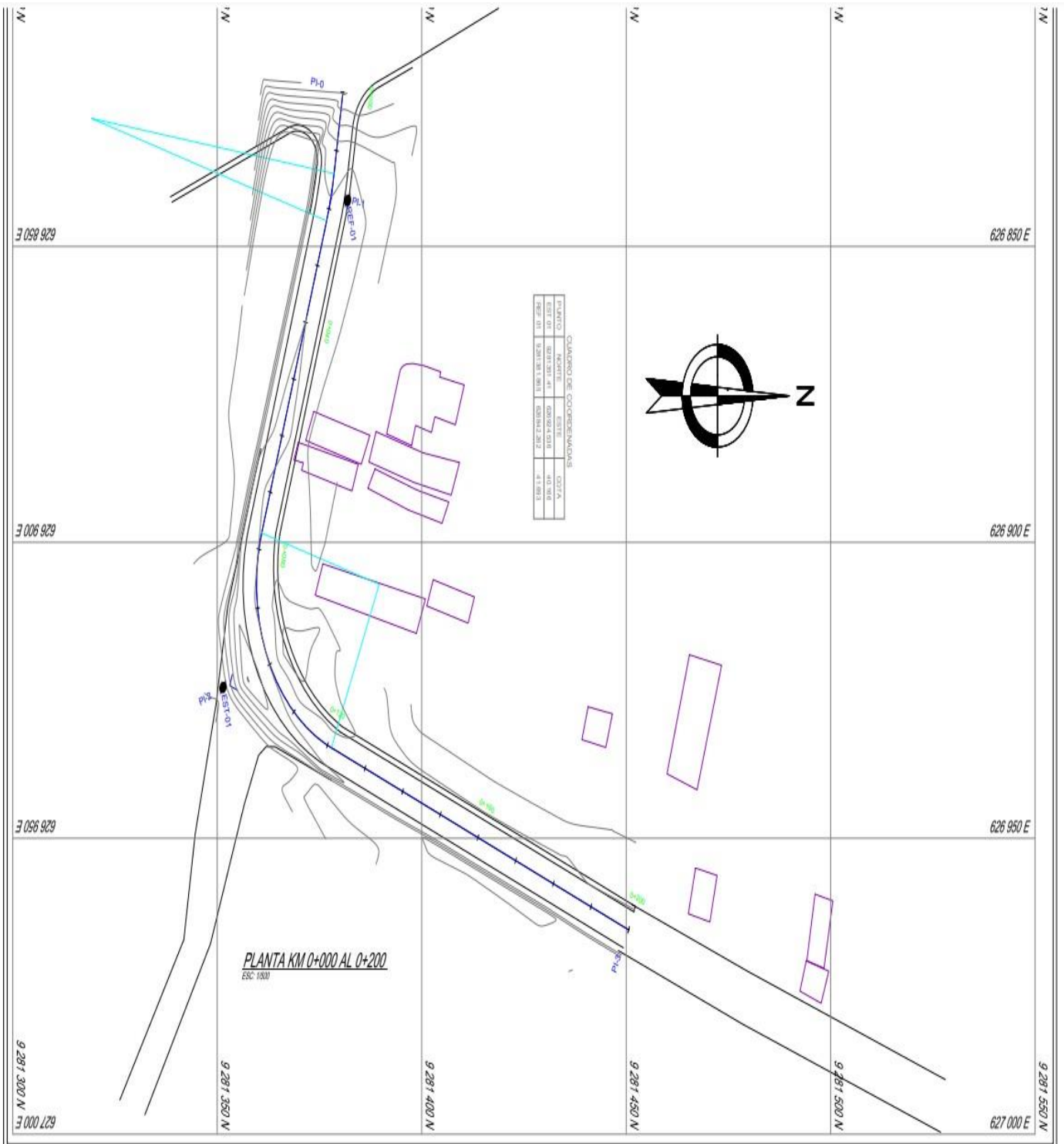


**Anexo N°02.63:** Colocación de progresivas

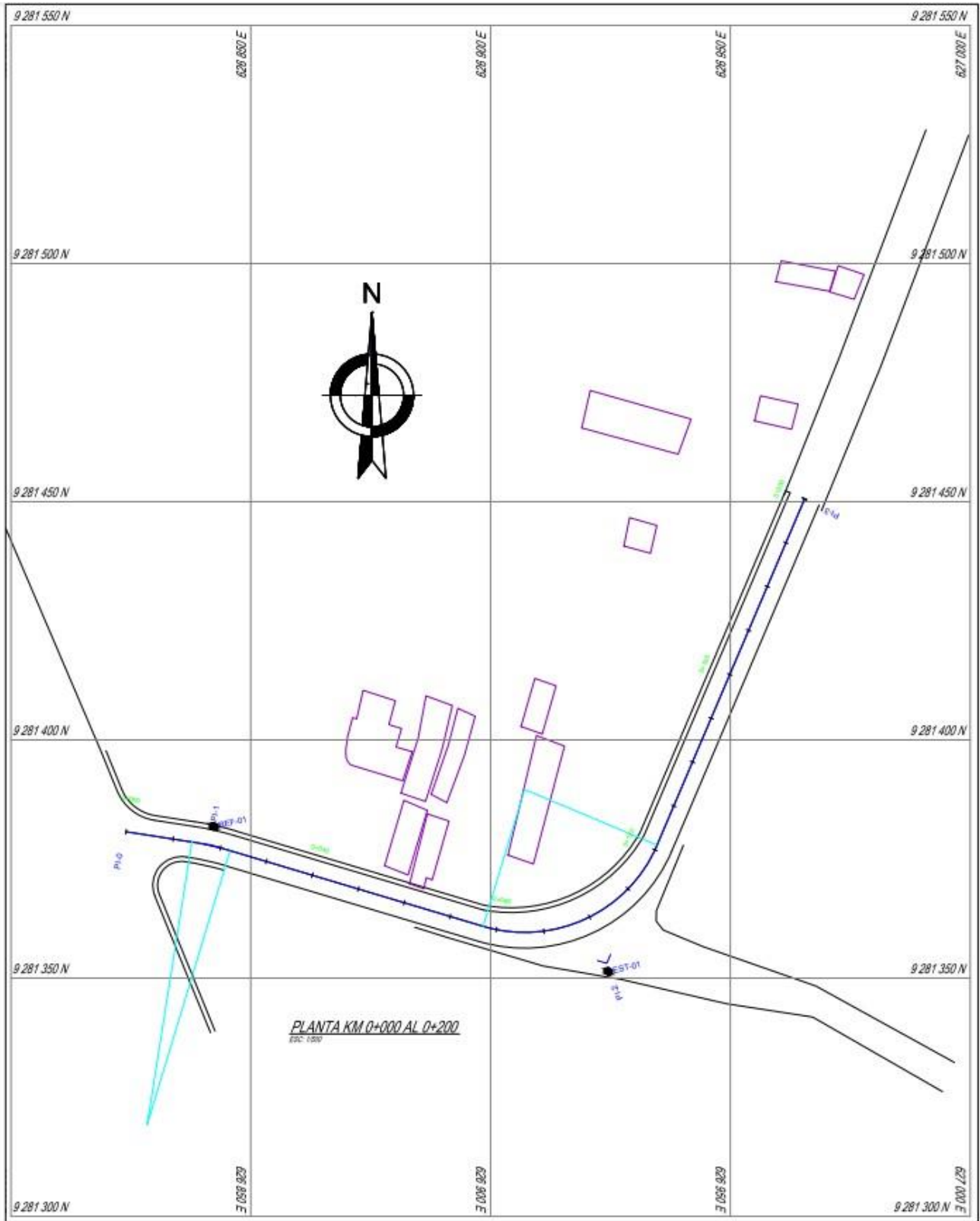


**Anexo N°02.64:** Última progresiva 0+070km

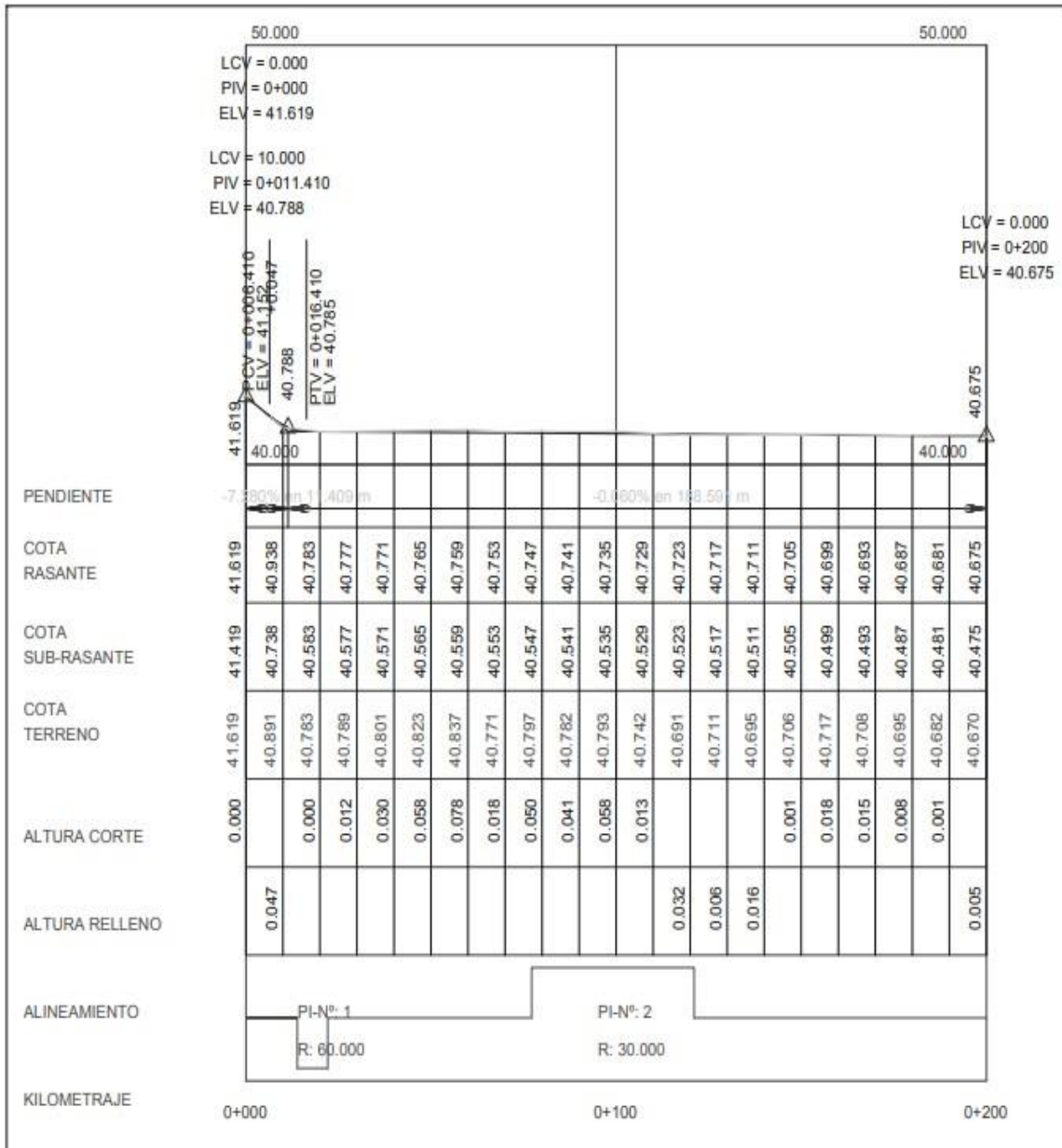
➤ Trabajo de gabinete



Anexo N°02.65: Plano de Planta



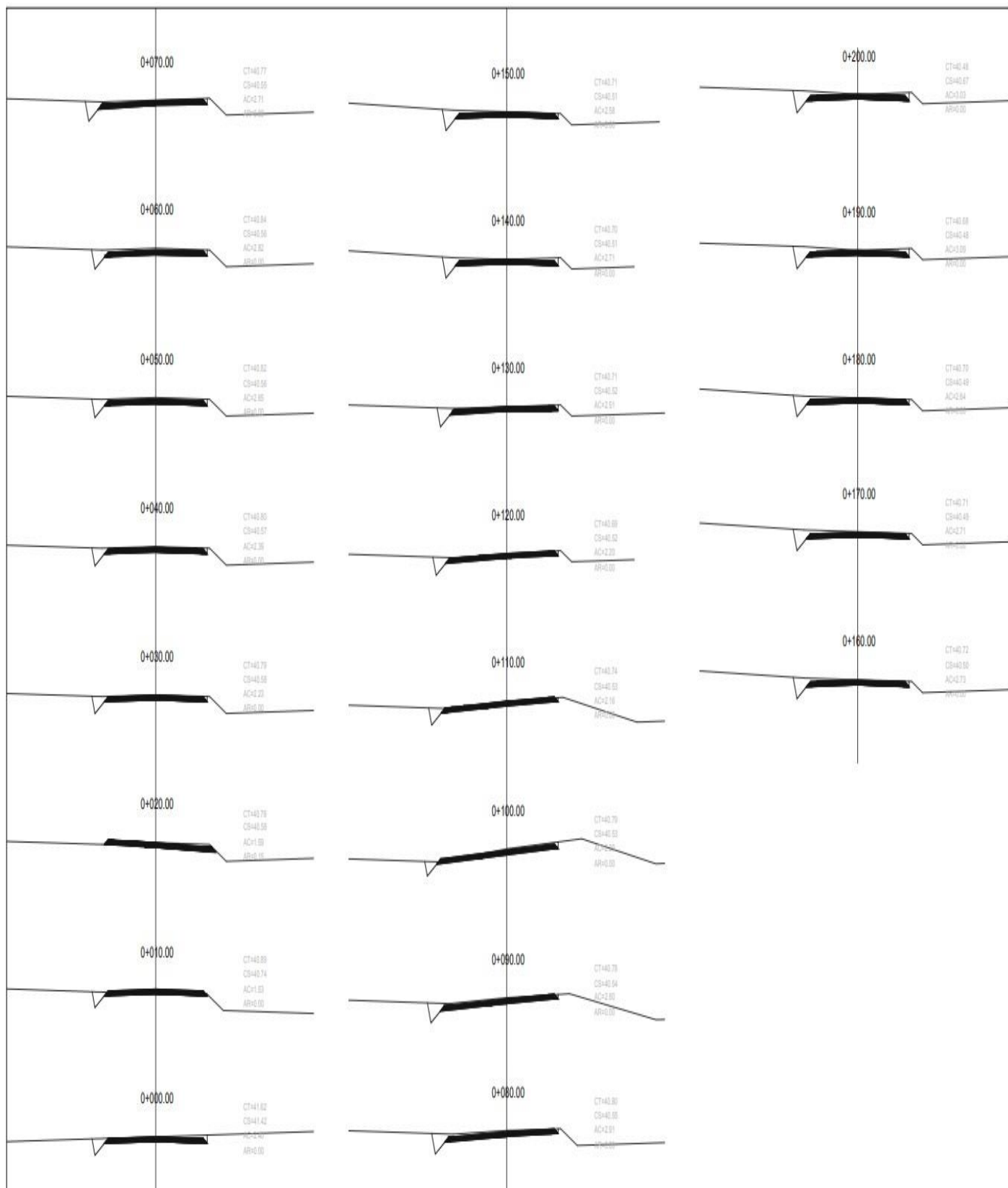
Anexo N°02.66: Plano de Planta



**PERFIL LONGITUDINAL KM 0+000 AL 0+200**  
 ESC. VER = 1/100  
 ESC. HOR = 1/100

Nº DE	SENT	DELTA	RADIO	TANG.	LC	SC	PI	PC	PT	NORTE	ESTE	Pta	SA
0	+	180°00'	50.000	0.000	0.000	0.000	0+300.000	0+300.000	0+300.000	9281380.720	928223.074	0	0.00
1	0	7°48'10"	50.000	4.301	8.180	0.140	0+310.216	0+313.915	0+322.104	9281377.607	928241.771	0	0.30
2	+	63°48'20"	30.000	25.904	45.880	0.410	0+324.110	0+377.186	0+421.071	9281353.112	928254.225	7	1.50
3	-	-	-	-	-	-	0+200.000	-	-	9281435.000	928265.673	7	1.50

**Anexo N°02.67: Plano de Perfil Longitudinal**



Anexo N°02.68: Plano de Secciones

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	9281383.983	626824.486	41.586	LI
2	9281380.723	626823.973	41.619	0+000
3	9281377.463	626823.461	41.652	LD
4	9281382.431	626834.364	41.004	LI
5	9281378.982	626833.822	40.938	0+010
6	9281375.533	626833.280	40.872	LD
7	9281380.507	626844.512	40.892	LI
8	9281376.987	626843.586	40.783	0+020
9	9281373.467	626842.660	40.613	LD
10	9281377.630	626854.210	40.843	LI
11	9281374.367	626853.228	40.777	0+030
12	9281371.105	626852.246	40.711	LD
13	9281374.748	626863.786	40.705	LI
14	9281371.588	626862.835	40.771	0+040
15	9281368.428	626861.884	40.705	LD
16	9281371.866	626873.361	40.699	LI
17	9281368.706	626872.410	40.765	0+050
18	9281365.546	626871.460	40.699	LD
19	9281368.984	626882.937	40.676	LI
20	9281365.824	626881.986	40.759	0+060
21	9281362.664	626881.035	40.796	LD
22	9281366.581	626892.657	40.614	LI
23	9281363.181	626891.634	40.753	0+070
24	9281359.782	626890.611	40.786	LD
25	9281364.256	626901.990	40.543	LI
26	9281360.604	626901.255	40.747	0+080
27	9281356.953	626900.521	40.849	LD
28	9281364.330	626910.515	40.472	LI
29	9281360.466	626911.040	40.741	0+090
30	9281356.601	626911.564	40.912	LD
31	9281367.101	626918.464	40.402	LI
32	9281363.492	626920.289	40.735	0+100
33	9281359.882	626922.114	40.963	LD
34	9281371.819	626925.450	40.459	LI
35	9281369.126	626928.230	40.729	0+110
36	9281366.434	626931.010	40.875	LD
37	9281378.658	626930.574	40.534	LI
38	9281377.097	626933.923	40.723	0+120
39	9281375.537	626937.273	40.813	LD
40	9281387.591	626934.752	40.593	LI
41	9281386.219	626937.993	40.717	0+130
42	9281384.847	626941.235	40.747	LD
43	9281396.629	626939.054	40.645	LI
44	9281395.343	626942.093	40.711	0+140
45	9281394.057	626945.132	40.645	LD
46	9281405.838	626942.950	40.639	LI
47	9281404.552	626945.989	40.705	0+150
48	9281403.266	626949.029	40.639	LD
49	9281415.048	626946.847	40.633	LI
50	9281413.762	626949.886	40.699	0+160
51	9281412.476	626952.925	40.633	LD
52	9281424.257	626950.744	40.627	LI
53	9281422.971	626953.783	40.693	0+170
54	9281421.685	626956.822	40.627	LD
55	9281433.467	626954.640	40.621	LI
56	9281432.181	626957.680	40.687	0+180
57	9281430.895	626960.719	40.621	LD
58	9281442.676	626958.537	40.615	LI
59	9281441.390	626961.576	40.681	0+190
60	9281440.105	626964.615	40.615	LD
61	9281451.886	626962.434	40.609	LI
62	9281450.600	626965.473	40.675	0+200
63	9281449.314	626968.512	40.609	LD

Anexo N°02.69: Cotas de Rasante

- Riego total del primer tramo



**Anexo N°02.70:** Riego de todo el ancho de la vía del Primer Tramo de 70ml

- Escarificado, perfilado, riego y compactado:



**Anexo N°02.71:** Escarificado con una Motoniveladora CAT 140G



**Anexo N°02.72:** Escarificado de todo el ancho de la vía



**Anexo N°02.73:** Perfilado del ancho de la vía con Motoniveladora



**Anexo N°02.74:** Riego con cisterna de 2500gln



**Anexo N°02.75:** Compactación mediante un rodillo CAT, ModeloCS54B

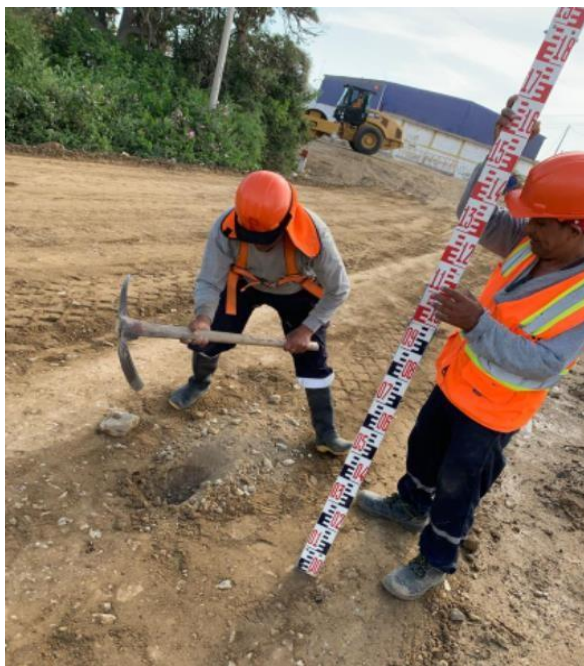


**Anexo N°02.76:** Compactación de todo el ancho de la vía

- Colocación de plantillas para tener un peralte de 8% y bombeo de 2%, perfilado y compactado final a un 95%



**Anexo N°02.77:** Nivelación con nivel y mira para colocación de plantillas



**Anexo N°02.78:** Colocación de plantillas



**Anexo N°02.79:** Pintado de Plantillas



**Anexo N°02.80:** Búsqueda y colocación de yeso tras el paso de motoniveladora



**Anexo N°02.81:** Compactación final(95% MDS) del afirmado

➤ Ensayo de densidad de campo con cono de arena



Anexo N°02.82: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+010km



Anexo N°02.83: Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+020km



**Anexo N°02.84:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+030km



**Anexo N°02.85:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+040km



**Anexo N°02.86:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+050km



**Anexo N°02.87:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+060km



**Anexo N°02.88:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+070km

- Primer riego de imprimación con emulsión asfáltica CSS-1h



**Anexo N°02.89:** Colocación de la emulsión asfáltica a la cocina asfáltica



**Anexo N°02.90:** Calentado de la cocina asfáltica y la emulsión mediante 2 balones de gas



**Anexo N°02.91:** Demarcación de la mitad del ancho de carril, por los 70ml del tramo a imprimir



**Anexo N°02.92:** Imprimación de la emulsión asfáltica CSS-1h con una tasa de aplicación de 1.95 lt/m<sup>2</sup>



**Anexo N°02.93:** Imprimación con emulsión CSS-1h en el afirmado



**Anexo N°02.94:** Imprimación con emulsión CSS-1h en los primeros 70 metros lineales

- Medición de penetración del primer riego con emulsión asfáltica:



**Anexo N°02.95:** Ensayo de Penetración en emulsiones asfálticas



**Anexo N°02.96:** Penetración 2.34mm, progresiva 0+000km



**Anexo N°02.97:** Penetración de 1.97mm, progresiva 0+010km



**Anexo N°02.98:** Penetración de 1.30mm, progresiva 0+020km



**Anexo N°02.99:** Cuarta medición de penetración, progresiva 0+030km



**Anexo N°02.100:** Penetración de 3.23mm, progresiva 0+030km



**Anexo N°02.101:** Penetración de 1.08mm, progresiva 0+040km



**Anexo N°02.102:** Penetración de 2.93mm, progresiva 0+050km



**Anexo N°02.103:** Penetración de 2.07mm, progresiva 0+060km



**Anexo N°02.104:** Penetración de 2.07mm, progresiva 0+060km



**Anexo N°02.105:** Penetración de 1.79mm, progresiva 0+070km

➤ Distribución de arena



**Anexo N°02.106:** Colocación de arena triturada menor a 5mm



**Anexo N°02.107:** Transporte y colocación de la arena

➤ Compactación



**Anexo N°02.108:** Compactación mediante rodillo liso de 0+000km a 0+070km

➤ Segundo riego de imprimación:



**Anexo N°02.109:** Medición de la temperatura tras ser calentada en la cocina asfáltica  
(40.0°C)



**Anexo N°02.110:** Segundo riego de emulsión asfáltica CSS-1h



**Anexo N°02.111:** Segundo riego de emulsión asfáltica CSS-1h

- Transporte y colocación de arena menor a 5mm:



**Anexo N°02.112:** Colocación de arena menor a 5mm



**Anexo N°02.113:** Transporte y colocación de arena menor a 5mm

➤ Compactación final:



**Anexo N°02.114:** Compactación final mediante rodillo liso desde progresiva 0+000 hasta 0+07km

Anexo N°2.3 Procedimientos en la ejecución en la imprimación reforzada con MC-30

➤ Topografía



**Anexo N°02.115:** Nivelación con estación total y prismas



**Anexo N°02.116:** Nivelación con estación total y prismas



**Anexo N°02.117:** Medición del ancho de la calzada y el sobrancho

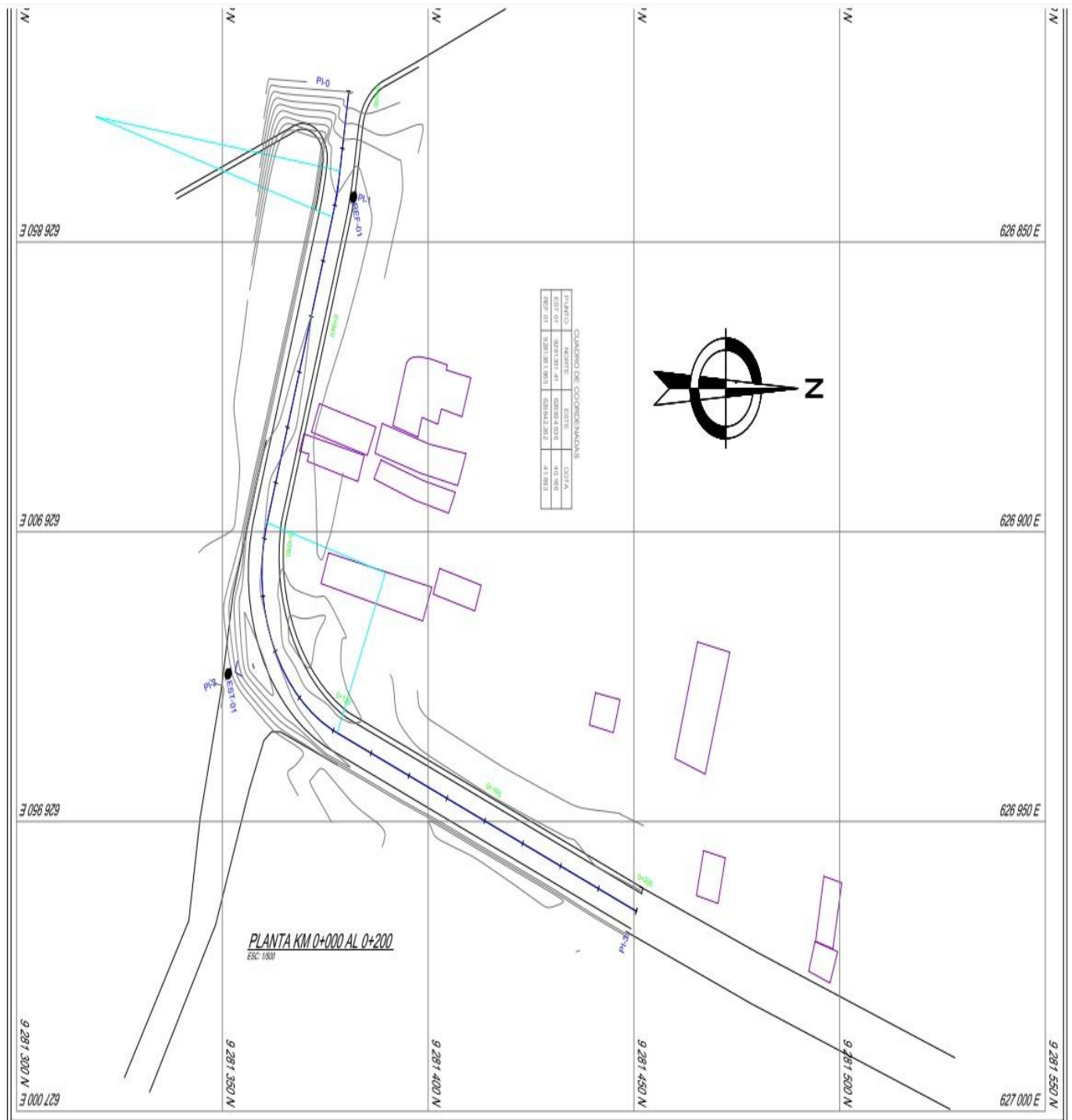


**Anexo N°02.118:** Ancho de calzada de 6.60ml y sobrecancho de 0.90ml

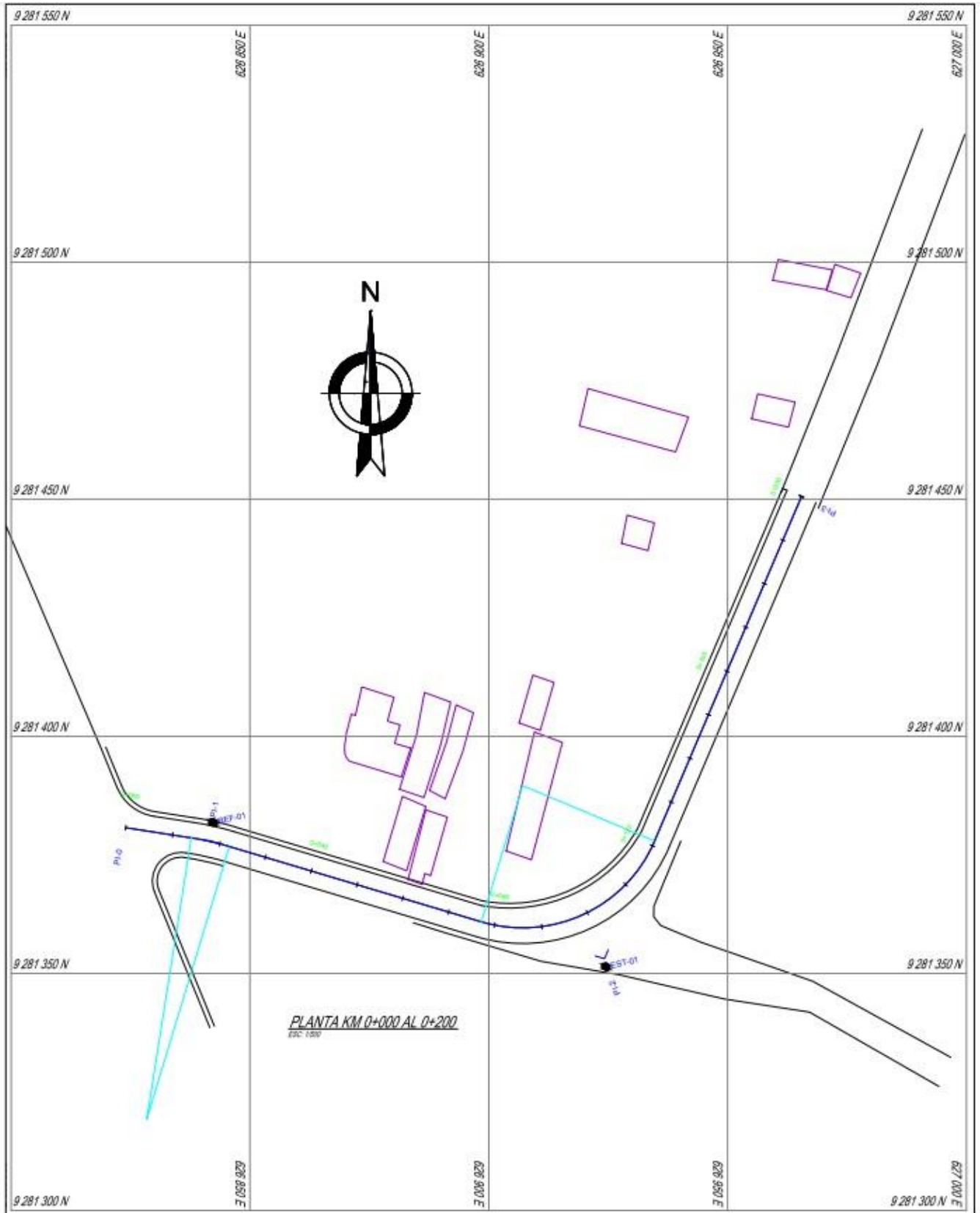


**Anexo N°02.119:** Colocación de progresivas

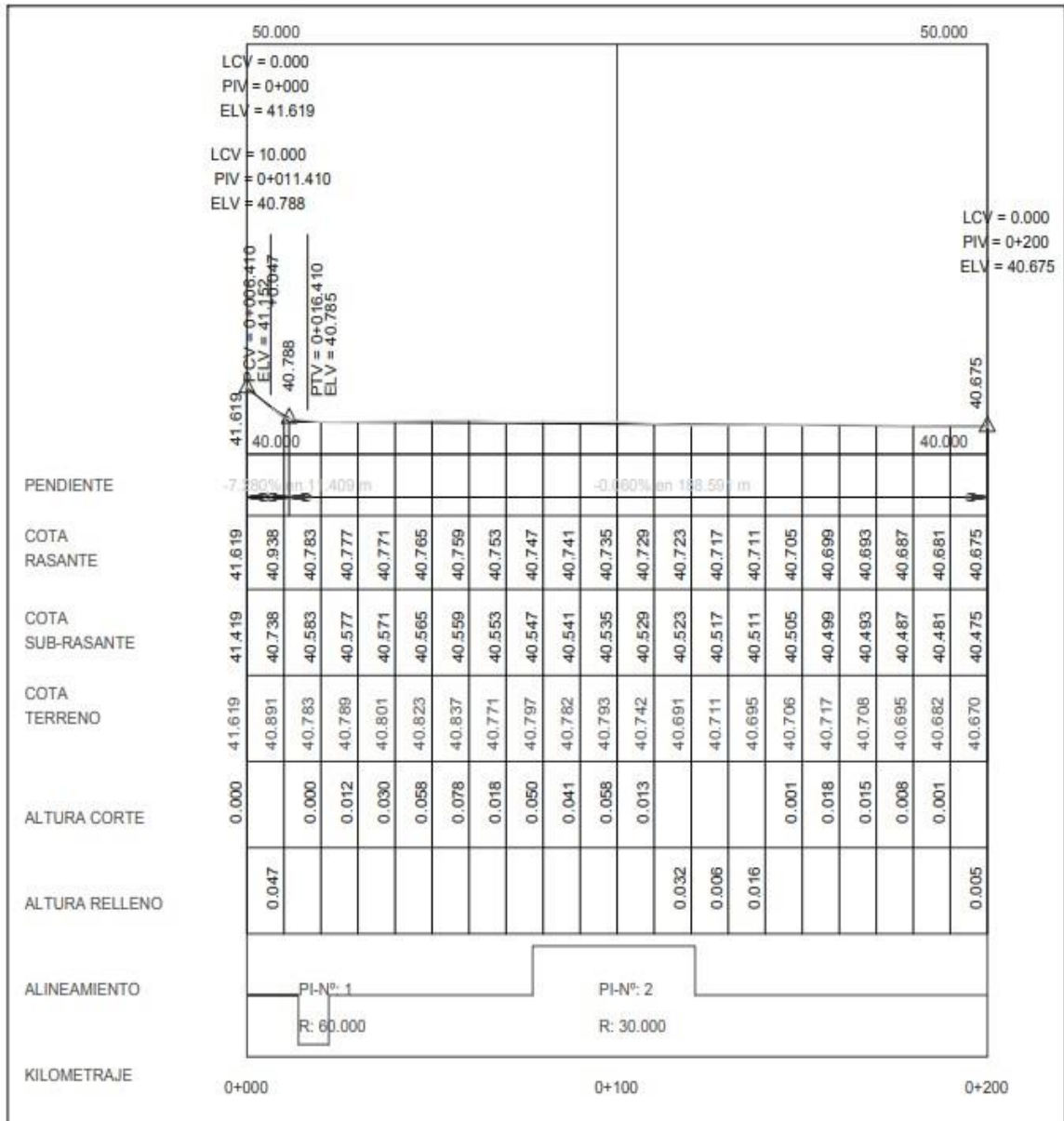
➤ Trabajo de gabinete:



Anexo N°02.120: Plano de Planta



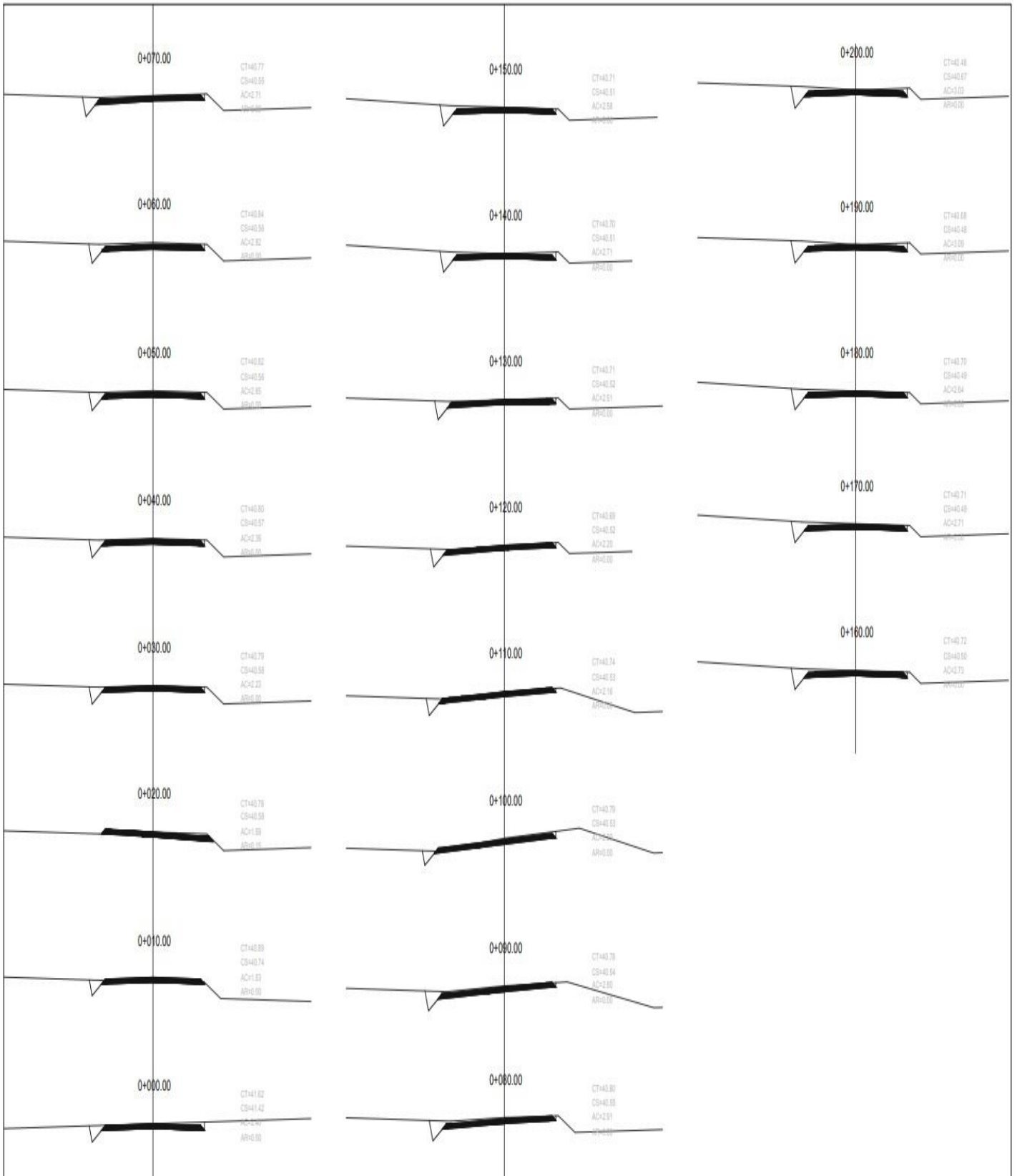
Anexo N°02.121: Plano de Planta



**PERFIL LONGITUDINAL KM 0+000 AL 0+200**  
 ESC. VER = 1/100  
 ESC. HOR = 1/100

PI-Nº	SENT	DELTA	RADIO	TANG.	LC	EC	PI	PC	PT	NORTE	ESTE	P <sub>0</sub>	SA
0	+	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	40.6194721	40.6194721	0	0.00
1	0	7°48'42"	60.000	4.301	3.190	0.140	0+012.216	0+013.916	0+022.104	40.6177621	40.6417771	0	0.30
2	+	83°48'32"	30.000	25.304	40.885	10.410	0+094.110	0+077.196	0+121.071	40.61303112	40.694222	7	1.50
3	—	—	—	—	—	—	0+200.000	—	—	40.6143001	40.6954721	7	1.50

**Anexo N°02.122: Plano de perfil longitudinal**



Anexo N°02.123: Plano de secciones

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	9281383.983	626824.486	41.586	LI
2	9281380.723	626823.973	41.619	0+000
3	9281377.463	626823.461	41.652	LD
4	9281382.431	626834.364	41.004	LI
5	9281378.982	626833.822	40.938	0+010
6	9281375.533	626833.280	40.872	LD
7	9281380.507	626844.512	40.892	LI
8	9281376.987	626843.586	40.783	0+020
9	9281373.467	626842.660	40.613	LD
10	9281377.630	626854.210	40.843	LI
11	9281374.367	626853.228	40.777	0+030
12	9281371.105	626852.246	40.711	LD
13	9281374.748	626863.786	40.705	LI
14	9281371.588	626862.835	40.771	0+040
15	9281368.428	626861.884	40.705	LD
16	9281371.866	626873.361	40.699	LI
17	9281368.706	626872.410	40.765	0+050
18	9281365.546	626871.460	40.699	LD
19	9281368.984	626882.937	40.676	LI
20	9281365.824	626881.986	40.759	0+060
21	9281362.664	626881.035	40.796	LD
22	9281366.581	626892.657	40.614	LI
23	9281363.181	626891.634	40.753	0+070
24	9281359.782	626890.611	40.786	LD
25	9281364.256	626901.990	40.543	LI
26	9281360.604	626901.255	40.747	0+080
27	9281356.953	626900.521	40.849	LD
28	9281364.330	626910.515	40.472	LI
29	9281360.466	626911.040	40.741	0+090
30	9281356.601	626911.564	40.912	LD
31	9281367.101	626918.464	40.402	LI
32	9281363.492	626920.289	40.735	0+100
33	9281359.882	626922.114	40.963	LD
34	9281371.819	626925.450	40.459	LI
35	9281369.126	626928.230	40.729	0+110
36	9281366.434	626931.010	40.875	LD
37	9281378.658	626930.574	40.534	LI
38	9281377.097	626933.923	40.723	0+120
39	9281375.537	626937.273	40.813	LD
40	9281387.591	626934.752	40.593	LI
41	9281386.219	626937.993	40.717	0+130
42	9281384.847	626941.235	40.747	LD
43	9281396.629	626939.054	40.645	LI
44	9281395.343	626942.093	40.711	0+140
45	9281394.057	626945.132	40.645	LD
46	9281405.838	626942.950	40.639	LI
47	9281404.552	626945.989	40.705	0+150
48	9281403.266	626949.029	40.639	LD
49	9281415.048	626946.847	40.633	LI
50	9281413.762	626949.886	40.699	0+160
51	9281412.476	626952.925	40.633	LD
52	9281424.257	626950.744	40.627	LI
53	9281422.971	626953.783	40.693	0+170
54	9281421.685	626956.822	40.627	LD
55	9281433.467	626954.640	40.621	LI
56	9281432.181	626957.680	40.687	0+180
57	9281430.895	626960.719	40.621	LD
58	9281442.676	626958.537	40.615	LI
59	9281441.390	626961.576	40.681	0+190
60	9281440.105	626964.615	40.615	LD
61	9281451.886	626962.434	40.609	LI
62	9281450.600	626965.473	40.675	0+200
63	9281449.314	626968.512	40.609	LD

Anexo N°02.124: Cotas de rasante

- Riego rotal del segundo tramo:



**Anexo N°02.125:** Riego de todo el ancho de la vía desde 0+070km hasta 0+0180km

- Escarificado, perfilado, riego y compactado:



**Anexo N°02.126:** Escarificado con una motoniveladora Cat 140G



**Anexo N°02.127:** Escarificado de todo el ancho de la vía



**Anexo N°02.128:** Eliminación de Piedras mayores a 5''



**Anexo N°02.129:** Perfilado del ancho de la vía con Motoniveladora



**Anexo N°02.130:** Riego con cisterna de 2500gln



**Anexo N°02.131:** Perfilado y compactado de la plataforma

- Colocación de plantillas para tener un peralte de 8% y bombeo de 2%, perfilado y compactado final a un 95%



**Anexo N°02.132:** Nivelación haciendo uso de nivel y mira para colocación de plantillas



**Anexo N°02.133:** Señalización de plantilla con yeso



**Anexo N°02.134:** Perfilado conforme a la pendiente y bombeo



**Anexo N°02.135:** Compactación final (95% MDS) del afirmado

- Ensayo de densidad de campo con cono de arena



**Anexo N°02.136:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+080km



**Anexo N°02.137:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+090km



**Anexo N°02.138:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+100km



**Anexo N°02.139:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+110km



**Anexo N°02.140:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+120km



**Anexo N°02.141:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+130km



**Anexo N°02.142:** Ensayo de densidad de campo, progresiva 0+140km

➤ Primer riego de imprimación con MC-30



**Anexo N°02.143:** Colocación del MC-30 a la cocina asfáltica



**Anexo N°02.144:** Medición de la temperatura del MC-30 tras ser calentado por la cocina asfáltica



**Anexo N°02.145: Primer riego de MC-30**



**Anexo N°02.146: Imprimación con MC-30**

- Medición de penetración del primer riego con MC-30:



**Anexo N°02.147:** Penetración 18.80mm, progresiva 0+080km



**Anexo N°02.148:** Penetración 24.55mm, progresiva 0+090km



**Anexo N°02.149:** Penetración 18.45mm, progresiva 0+100km



**Anexo N°02.150:** Penetración 25.93mm, progresiva 0+110km



**Anexo N°02.151 y 152:** Penetración 22.23mm, progresiva 0+120km



**Anexo N°02.153:** Penetración 20.00mm, progresiva 0+130km



**Anexo N°02.154:** Penetración 36 mm, progresiva 0+140km

➤ **Distribución de arena:**



**Anexo N°02.155:** Transporte y colocación de arena triturada menor a 5mm

➤ Compactación:



**Anexo N°02.156:** Compactación mediante rodillo liso

➤ Segundo riego de imprimación:



**Anexo N°02.157:** Medición de la temperatura tras ser calentada en la cocina  
asfáltica(60.0°C)



**Anexo N°02.157:** Segundo riego de MC-30 para imprimación reforzada

- Transporte y colocación de arena menor a 5mm:



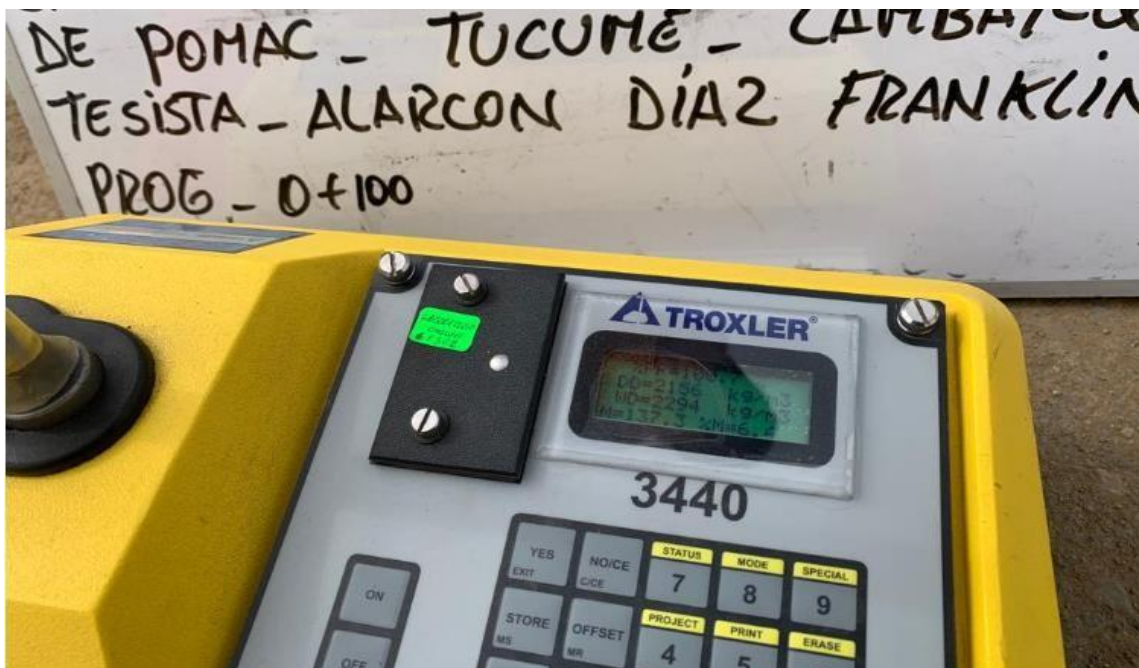
**Anexo N°02.158:** Transporte y colocación de arena menor a 5mm

- Compactación final:



**Anexo N°02.159:** Compactación final con rodillo liso vibratorio

- Densidades de campo con densímetro nuclear



**Anexo N°02.160:** Progresiva 0+100 Km, grado de compactación 100.7%



**Anexo N°02.160:** Ensayo de densidad de campo con densímetro nuclear, progresiva 0+100 Km



**Anexo N°02.161:** Progresiva 0+140 Km, grado de compactación 102.3%



**Anexo N°02.160:** Ensayo de densidad de campo con densímetro nuclear, progresiva 0+140 Km

Anexo N°2.4 Durabilidad de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h

Anexo N° 2.4.1. Periodo de Marzo-Setiembre (6 meses)



**Anexo N°02.160:** Pérdida de revestimiento asfáltico, generación de polución



**Anexo N°02.160:** Ahuellamiento de baja severidad



**Anexo N°02.160:** Presencia de ahuellamiento con baja severidad (4cm)



**Anexo N°02.160:** Desprendimiento o disgregamiento con severidad alta de la imprimación reforzada con emulsión asfáltica CSS-1h



**Anexo N°02.160:** Desprendimiento o disgregamiento con severidad alta



**Anexo N°02.160:** Tránsito de vehículos pesados y de tractores agrícolas



**Anexo N°02.160:** Humedecimiento de la vía por parte de la población

Anexo N°2.4 Durabilidad de la imprimación reforzada con MC-30

Anexo N° 2.4.1. Periodo de Marzo-Setiembre (6 meses)



**Anexo N°02.160:** Peladuras con severidad baja por el tránsito de vehículos con orugas



**Anexo N°02.160:** Presencia de pequeños ahuellamientos y desprendimientos





**Anexo N°02.160:** Presencia de pequeños baches con severidad baja

Anexo N° 3: Resultados de ensayo de laboratorio y monitoreo ambiental

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.127 - 1998 (revisada el 2019)

TIPO DE PRODUCTO : Agregados

FECHA DE ENSAYO : 4/03/2022

CÓDIGO ÚNICO : S/C

RESP. LAB. : S.B.F.

TEC. LAB. : H.D.R.

MATERIAL : Afirmado

Descripción	1		
Peso de tara (g)	0		
Peso de la tara + muestra húmeda (g)	1200		
Peso de la tara + muestra seca (g)	1146		
Peso del agua contenida (g)	54		
Peso de la muestra seca (g)	1146		
Contenido de Humedad (%)	5		

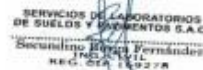
Observaciones del ensayo:

- \* Muestra disturbada
- \* Pesado constante : 2 horas
- \* Horno controlado a : 110 +5°C
- \* Exclusión de algún material : No
- \* Más de un tipo de material : No
- \* Cumple con el peso mínimo requerido : c:



Humberto Díaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Técnico de laboratorio.



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundo Efraim Ferrnades  
ING. CIVIL  
REG. STA. 142278

Responsable de laboratorio.



Fin de documento.

- \* El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- \* Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brinda toda la información).

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

## INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

REFERENCIA NORMATIVA : AASHTO M-147

FECHA DE ENSAYO : 4/03/2022

TIPO DE PRODUCTO : Agregados

RESP. LAB. : S.B.F.

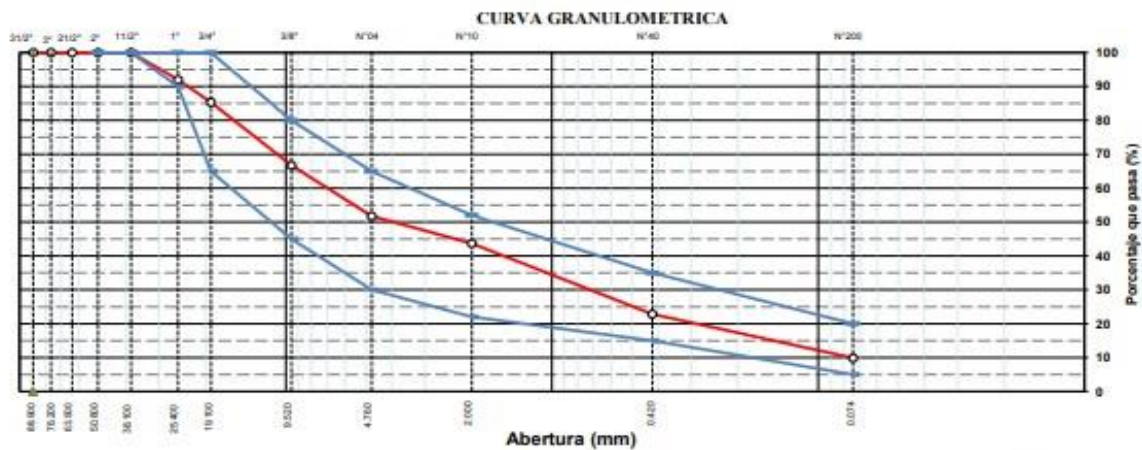
CÓDIGO ÚNICO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

MATERIAL : Afirmado

DATOS DE ENSAYO							
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret.	% Ret. Parc.	% Ret. Acu.	% que Pasa	Gradación "A-1"	Descripción de la muestra
3 1/2"	88.900						Peso total (g) = 43875
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						Peso fracción fino (g) = 5000
2"	50.800				100.0	100 - 100	Límite líquido = 21
1 1/2"	38.100				100.0	100 - 100	Límite plástico = 16
1"	25.400	3505.0	8.0	8.0	92.0	90 - 100	Índice plástico = 5
3/4"	19.100	2929.0	6.7	14.7	85.3	65 - 100	Clasf. AASHTO = A-1-a [ 0 ]
1/2"	12.700	4965.0					Clasf. SUCS = GP - GC
3/8"	9.520	3186.0	7.3	33.3	66.8	45 - 80	
1/4"	6.350						
# 4	4.760	6576.0	15.0	48.2	51.8	30 - 65	Tamaño Máximo = 2"
# 8	2.360						Tamaño Máximo Nominal 1 1/2"
# 10	2.000	78.0	8.1	56.3	43.7	22 - 52	Grava (%) = 48.2
# 16	1.190						Arena (%) = 41.9
# 20	0.840						Fines (%) = 9.9
# 30	0.590						
# 40	0.420	201.6	20.9	77.2	22.8	15 - 35	* Muestra disturbada
# 50	0.300						
# 80	0.177						
# 100	0.149						
# 200	0.074	124.8	12.9	90.1	9.9	5 - 20	
< # 200	Fondo	95.6	9.9	100.0			

Descripción suelo: Grava pobremente gradada con arcilla y arena



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Díaz Rojas  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Sebastián José Fernández  
 REG. COT. 112778



# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

## INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.129 - 1999 (revisada el 2019)

**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados

**CÓDIGO ÚNICO** : S/C

**FECHA DE ENSAYO** : 4/03/2022

**RESP. LAB.** : S.B.F.

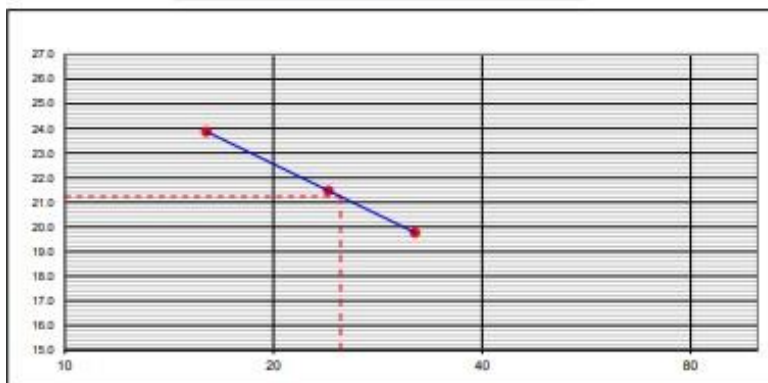
**TEC. LAB.** : H.D.R.

**MATERIAL** : Afirmado

METODO MULTIPUNTO					
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro	-	27	27	31	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	g	51.27	44.43	44.63	
Peso de Tarro + Suelo Seco	g	46.41	40.36	39.65	
Peso de Tarro	g	21.83	21.41	18.79	
Peso de Agua	g	4.86	4.07	4.98	
Peso del Suelo Seco	g	24.58	18.95	20.86	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	19.77	21.48	23.87	<b>21</b>
Numero de Golpes	-	32	24	16	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro		5	8		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	g	25.64	26.54		
Peso de Tarro + Suelo seco	g	24.26	25.16		
Peso de Tarro	g	15.60	16.53		
Peso de Agua	g	1.38	1.38		
Peso de Suelo seco	g	8.66	8.63		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	15.94	15.99		<b>16</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



### Constantes Físicas de la Muestra

Limite Liquido	<b>21</b>
Limite Plastico	<b>16</b>
Indice de Plasticidad	<b>5</b>

### Observaciones del ensayo

- \* Muestra retenida Tamiz N°40 (%): 7.1
- \* Muestra disturbada
- \* Muestra seca al aire durante el ensayo

  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humberto Ortiz Mejía  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Técnico de laboratorio.

  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Sociedad por Acciones Privadas  
RUC: 20487357465

Responsable de laboratorio.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )  
**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.019 **FECHA DE ENSAYO** : 4/03/2022  
**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados **RESP. LAB.** : S.B.F.  
**CÓDIGO ÚNICO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.  
**CANTERA** : San Nicolas  
**MATERIAL** : Afirmado  
**MUESTRA** : M-01

DATOS DEL ENSAYO					
Tamiz		A	B	C	D
Pasa	Retiene				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
Peso total (g)		5000			
Peso retenido tamiz N°12 (g)		3900			
Perdida después del ensayo (g)		1100			
N° de esferas		12			
Peso de las esferas (g)		4944			
Tiempo de rotación (m)		15			
Porcentaje de desgaste (%)		22.0			

  
**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Humberto Días Rojas**  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

  
**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Segundo Rojas Fernández**  
 INE. 14511  
 REG. CTR. 149278



Técnico de laboratorio.


Responsable de laboratorio.

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : EQUIVALENTE DE ARENA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.146, MTC E 114 **FECHA DE ENSAYO** : 4/03/2022

**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CÓDIGO ÚNICO** : S/C **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : San Nicolas

**MATERIAL** : Afirmado

**MUESTRA** : M-01

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	01	02	03		
Hora de entrada	09:00	09:02	09:04		
Hora de salida	09:10	09:12	09:14		
Hora de entrada	09:12	09:14	09:16		
Hora de salida	09:32	09:34	09:36		
Altura de nivel Material fino (A)	11.0	10.8	10.9		
Altura de nivel Arena (B)	2.5	2.5	2.4		
Equivalente de arena (B x 100/A)	22.7%	23.1%	22.0%		
Promedio		23%			

  
EMP SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humberto Dico Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Técnico de laboratorio.

  
SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Sánchez Fernández  
REG. SUP. 117078

Responsable de laboratorio.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : PERDIDA DE ENSAYOS DE SOLIDEZ (SULFATO DE MAGNESIO)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.016, MTC E 209

**FECHA DE ENSAYO** : 4/03/2022

**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CÓDIGO ÚNICO** : S/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**MATERIAL** : Afirmado

#### DATOS DEL ENSAYO

Tamaño del agregado		Gradación original %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensayo (gr)	Perdida después del ensayo (%)	Perdida corregida
Pasa tamiz	Retenido en tamiz	Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"	0	0.0	2000.0	1856.0	144.0	7.2	0.00
1 1/2"	1"	3505	16.6	1000.0	912.0	88.0	8.8	1.46
1"	3/4"	2929	13.8	500.0	485.6	14.4	2.9	0.40
3/4"	1/2"	4965	23.5	675.0	570.0	105.0	15.6	3.65
1/2"	3/8"	3186	15.1	300.0	286.6	13.4	4.5	0.67
3/8"	N° 4	6576	31.1	300.0	287.5	12.5	4.2	1.29
	< N° 4							
Suma total		21161	100	4775				7.47

  
 Humberto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

Técnico de laboratorio.

  
 Secundino Pérez Fernández  
 INGS. CIVIL  
 REG. CTR. 189278

Responsable de laboratorio.



Fin de documento.

- \* El certificado corresponde única y exclusivamente a la muestra recibida.
- \* Las copias de este informe no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- \* Este informe de ensayo es imparcial, confidencial; estando destinado única y exclusivamente al cliente.
- \* Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brinda toda la información).

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**SEMP**  
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.141

FECHA DE ENSAYO : 4/03/2022

TIPO DE PRODUCTO : Agregados

RESP. LAB. : S.B.F.

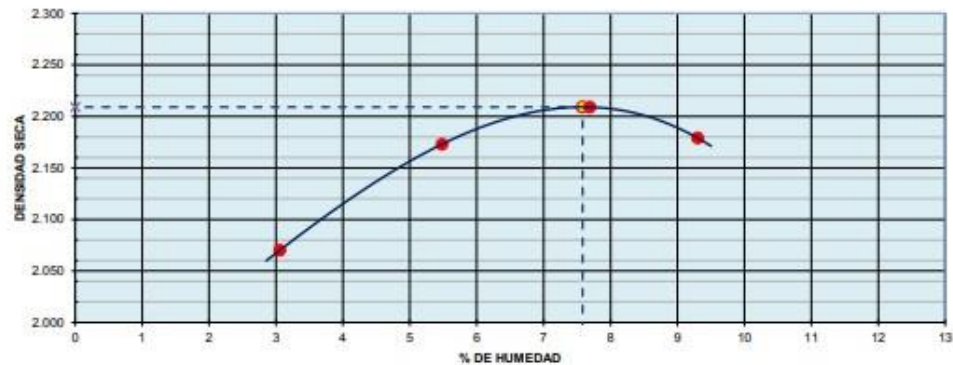
CÓDIGO ÚNICO : S/C

TEC. LAB. : H.D.R.

MATERIAL : Afirmado

DATOS DE ENSAYO						
Densidad volumétrica						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2094	PESO DEL MOLDE (g) :		6420	METODO	"C"
Número de ensayos	1	2	3	4		
Peso molde + molde (g)	10888	11219	11402	11408		
Peso suelo húmedo compactado (g)	4468	4799	4982	4988		
Peso volumétrico húmedo	2.134	2.292	2.379	2.382		
Contenido de humedad						
Número de recipiente	1	2	3	4		
Peso suelo húmedo + tara (g)	505.8	415.0	541.0	432.0		
Peso suelo seco + tara (g)	495.1	400.4	511.8	406.3		
Peso de la tara (g)	145.0	134.0	132.0	130.0		
Peso de agua (g)	10.7	14.6	29.2	25.7		
Peso de suelo seco (g)	350.1	266.4	379.8	276.3		
Contenido de agua	3.06	5.48	7.69	9.30		
Peso volumétrico seco	2.070	2.173	2.209	2.179		
Densidad máxima seca:	2.209 g/cm <sup>3</sup>		Humedad óptima :		7.58	%

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



  
EMP SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humberto Echevarría Rojas  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Técnico de laboratorio.

  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Humberto Echevarría Rojas  
REC. 014. 140228

Responsable de laboratorio.



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.145 FECHA DE ENSAYO : 4/03/2022

TIPO DE PRODUCTO : Agregados RESP. LAB. : S.B.F.

CÓDIGO ÚNICO : S/C TEC. LAB. : H.D.R.

MATERIAL : Afirmado

DATOS DE ENSAYO						
<b>Densidad volumétrica</b>						
N° de molde	5		11		24	
N° capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	13148	13210	13208	13370	10830	11050
Peso de molde	8125	8125	8299	8299	6134	6134
Peso de suelo húmedo	5023	5085	4909	5071	4696	4916
Volumen del molde	2114	2114	2134	2134	2115	2115
Densidad húmeda	2.376	2.405	2.300	2.376	2.220	2.324
% de humedad	7.58	9.48	7.53	11.70	7.48	13.35
Densidad seca	2.209	2.197	2.139	2.127	2.066	2.050
<b>Contenido de humedad</b>						
N° de tarro	-	-	-	-	-	-
Tarro + suelo húmedo	394.5	394.5	524.1	524.1	476.2	476.2
Tarro + suelo seco	376.9	372.9	497.6	484.4	453.1	437.2
Peso de agua	17.6	21.6	26.5	39.7	23.1	39.0
Peso de tarro	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
Peso del suelo seco	231.9	227.9	352.6	339.4	308.1	292.2
% de humedad	7.58	9.48	7.53	11.70	7.48	13.35

Expansión												
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión			
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%	
NO EXPANSIVO												

Penetración												
Penetración pulg	Carga Stand. kg/cm2	Molde N° 5				Molde N° 11				Molde N° 24		
		Carga Dial (div)	kg/cm2	Corrección kg/cm2	%	Carga Dial (div)	kg/cm2	Corrección kg/cm2	%	Carga Dial (div)	kg/cm2	Corrección kg/cm2
0.000	0	0	0			0	0			0	0	
0.025	88.9	5				58.5	3			47.8	2	
0.050	178.8	9				116.5	6			70.5	4	
0.075	356.2	18				219.5	11			116.9	6	
0.100	70.3	366.5	29	34.7	77.8	381.2	18	42.2	80.1	224.8	11	35.6
0.125		781.8	40			578.7	29			302.5	20	
0.150		1106.2	56			812.1	41			826.6	32	
0.200	105.5	1598.5	81	103.9	106.4	1166.2	59	81.1	76.9	904.8	46	67.1
0.300		2412.1	122			1805.7	92			1435.2	73	
0.400		3262.1	165			2364.1	120			1993.4	101	
0.500												

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
PERUANA DE INGENIERIA Y CONSULTORIA S.A.S.  
PERUANA DE INGENIERIA Y CONSULTORIA S.A.S.

Técnico de laboratorio.

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
PERUANA DE INGENIERIA Y CONSULTORIA S.A.S.  
PERUANA DE INGENIERIA Y CONSULTORIA S.A.S.

Responsable de laboratorio.





Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.145

**FECHA DE ENSAYO** : 4/03/2022

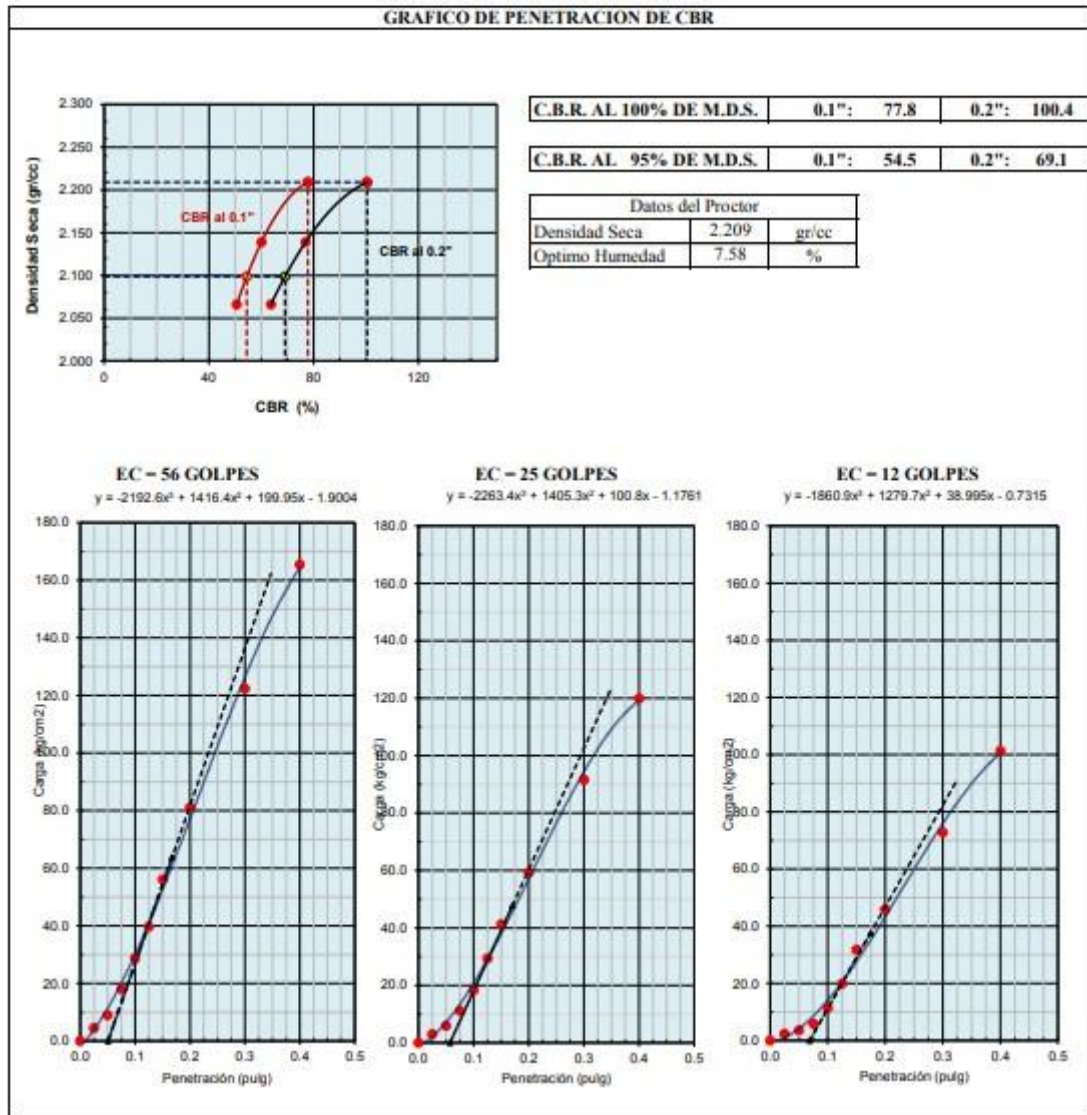
**TIPO DE PRODUCTO** : Agregados

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CÓDIGO ÚNICO** : S/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**MATERIAL** : Afirmado



## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

#### (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

<b>PROYECTO</b>	Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Ccs- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		
<b>UBICACIÓN</b>	Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	MC-30	<b>RESP. LAB.</b>	S.B.F.
		<b>TEC. LAB.</b>	D.A.C.Q.
<b>SOLICITANTE</b>	Franklin Alarcón Díaz	<b>FECHA</b>	10/06/2022

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA</b>	M-01
----------------	------

#### DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA	0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	NULO
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
M/1	9	PARCIAL	
			<b>PARCIAL:</b> 5
			<b>TOTAL:</b> 10

Observaciones :

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

#### (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

<b>PROYECTO</b>	Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Css- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		
<b>UBICACIÓN</b>	Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		
<b>DESCRIPCION</b>	Emulsión	<b>RESP. LAB. :</b>	S.B.F.
		<b>TEC. LAB. :</b>	D.A.C.Q.
<b>SOLICITANTE</b>	: 'Franklin Alarcón Díaz	<b>FECHA :</b>	10/06/2022

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MUESTRA</b>	: M-01
----------------	--------

#### DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	PARCIAL
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
	M/1	9	PARCIAL
			<b>PARCIAL:</b> 4
			<b>TOTAL:</b> 10

Observaciones :

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO (NTP 339.143, MTC E 117, ASTM D1556-64)

<b>PROYECTO</b>	Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica C <sub>ss</sub> -1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		<b>RES.LAB.</b> : S.B.F.
<b>TESISTA</b>	: Franklin Alarcón Díaz		<b>TEC.LAB.</b> : H.D.R.
<b>NIVEL</b>	: Afirmado		<b>FECHA</b> : 21/04/2022
<b>SOLICITANTE</b>	: Franklin Alarcón		

AFIRMADO						
PROGRESIVA(KM)		0+010	0+020	0+030	0+040	0+050
LADO		DER	IZQ	DER	EJE	DER
Fecha del ensayo		21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022
Peso del frasco + arena	g	6426	6310	6591	6598	6612
Peso del frasco + arena que queda	g	1488	1508	1661	1714	1628
Peso de arena empleada	g	4938	4802	4930	4884	4984
Peso de arena en el cono	g	1543	1543	1543	1543	1543
Peso de arena en la excavación	g	3395	3259	3387	3341	3441
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
Volumen del material extraído	cm <sup>3</sup>	2425	2328	2419	2386	2458
Peso del recipiente + suelo + grava	g	5745	5520	5723	5690	5815
Peso del recipiente	g	186.0	186.0	186.0	186.0	186.0
Peso del suelo + grava	g	5559	5334	5537	5504	5629
Peso retenido en la malla 3/4"	g	794	640	810	780	790
Peso específico de la grava	gr/cm <sup>3</sup>	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	298	241	305	293	297
Peso de finos	g	4765	4694	4727	4724	4839
Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	2127	2087	2115	2093	2161
<b>Densidad Húmeda</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.241</b>	<b>2.249</b>	<b>2.235</b>	<b>2.257</b>	<b>2.239</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	g					
Peso recipiente + suelo seco	g					
Peso de agua	g					
Peso de recipiente	g					
Peso de suelo seco	g					
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.0</b>	<b>5.6</b>	<b>6.3</b>	<b>5.8</b>	<b>6.3</b>

RESULTADOS						
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	2.241	2.249	2.235	2.26	2.24
Contenido de humedad	%	6.00	5.60	6.30	5.80	6.30
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.114	2.130	2.103	2.133	2.107
Máxima densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209
Óptimo contenido de humedad	%	7.58	7.58	7.58	7.58	7.58
<b>Grado de compactación</b>	<b>%</b>	<b>95.7</b>	<b>96.4</b>	<b>95.2</b>	<b>96.6</b>	<b>95.4</b>

Observaciones:

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO (NTP 339.143, MTC E 117, ASTM D1556-64 )

<b>PROYECTO</b>	Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Css- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume	<b>RES.LAB.</b> : S.B.F.
<b>TESISTA</b>	: Franklin Alarcón Díaz	<b>TEC.LAB.</b> : H.D.R.
<b>NIVEL</b>	: Afirmado	<b>FECHA</b> : 21/04/2022
<b>SOLICITANTE</b>	: Franklin Alarcón	

AFIRMADO						
PROGRESIVA(KM)		0+060	0+070	0+080	0+090	0+100
LADO		IZQ	EJE	DER	EJE	IZQ
Fecha del ensayo		21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022
Peso del frasco + arena	g	6320	6451	6612	6451	6515
Peso del frasco + arena que queda	g	1926	1844	1858	1584	1493
Peso de arena empleada	g	4394	4607	4754	4867	5022
Peso de arena en el cono	g	1543	1543	1543	1543	1543
Peso de arena en la excavación	g	2851	3064	3211	3324	3479
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
Volumen del material extraído	cm <sup>3</sup>	2036	2189	2294	2374	2485
Peso del recipiente + suelo + grava	g	4820	5212	5481	5623	5895
Peso del recipiente	g	184.0	184.0	184.0	184.0	184.0
Peso del suelo + grava	g	4636	5028	5297	5439	5711
Peso retenido en la malla 3/4"	g	500	615	915	815	800
Peso específico de la grava	gr/cm <sup>3</sup>	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	188	231	344	306	301
Peso de finos	g	4136	4413	4382	4624	4911
Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	1848	1957	1950	2068	2184
<b>Densidad Húmeda</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.238</b>	<b>2.255</b>	<b>2.248</b>	<b>2.236</b>	<b>2.248</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	g					
Peso recipiente + suelo seco	g					
Peso de agua	g					
Peso de recipiente	g					
Peso de suelo seco	g					
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.0</b>	<b>6.1</b>	<b>5.9</b>	<b>6.1</b>	<b>5.6</b>

RESULTADOS						
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	2.238	2.255	2.248	2.24	2.25
Contenido de humedad	%	6.00	6.10	5.90	6.10	5.60
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.111	2.125	2.122	2.107	2.129
Máxima densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.209	2.209	2.209	2.209	2.209
Óptimo contenido de humedad	%	7.58	7.58	7.58	7.58	7.58
<b>Grado de compactación</b>	<b>%</b>	<b>95.6</b>	<b>96.2</b>	<b>96.1</b>	<b>95.4</b>	<b>96.4</b>

Observaciones:

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250



E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**  
(NTP 339.143, MTC E 117, ASTM D1556-64)

<b>PROYECTO</b>	Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Css- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume		
<b>TESISTA</b>	Franklin Alarcón Díaz	<b>RES.LAB.:</b>	S.B.F.
<b>NIVEL</b>	Afirmado	<b>TEC.LAB.:</b>	H.D.R.
<b>SOLICITANTE</b>	Construcciones Alardi S.A.C.	<b>FECHA:</b>	21/04/2022

AFIRMADO						
PROGRESIVA(KM)		0+110	0+120	0+130	0+140	
LADO		EJE	DER	IZQ	DER	
Fecha del ensayo		21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	21/04/2022	
Peso del frasco + arena	g	6562	6512	6621	6518	
Peso del frasco + arena que queda	g	2008	1803	1953	1762	
Peso de arena empleada	g	4554	4709	4668	4756	
Peso de arena en el cono	g	1543	1543	1543	1543	
Peso de arena en la excavación	g	3011	3166	3125	3213	
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.400	1.400	1.400	1.400	
Volumen del material extraído	cm <sup>3</sup>	2151	2261	2232	2295	
Peso del recipiente + suelo + grava	g	5123	5385	5323	5423	
Peso del recipiente	g	186.0	186.0	186.0	186.0	
Peso del suelo + grava	g	4937	5199	5137	5237	
Peso retenido en la malla 3/4"	g	800	790	805	798	
Peso específico de la grava	gr/cm <sup>3</sup>	2.660	2.660	2.660	2.660	
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	301	297	303	300	
Peso de finos	g	4137	4409	4332	4439	
Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	1850	1964	1930	1995	
<b>Densidad Húmeda</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.236</b>	<b>2.244</b>	<b>2.245</b>	<b>2.225</b>	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	g					
Peso recipiente + suelo seco	g					
Peso de agua	g					
Peso de recipiente	g					
Peso de suelo seco	g					
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.2</b>	<b>6.3</b>	<b>6.0</b>	<b>5.9</b>	

RESULTADOS						
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	2.236	2.244	2.245	2.225	
Contenido de humedad	%	6.20	6.30	6.00	5.90	
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.106	2.111	2.118	2.101	
Máxima densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.209	2.209	2.209	2.209	
Óptimo contenido de humedad	%	7.58	7.58	7.58	7.58	
<b>Grado de compactación</b>	<b>%</b>	<b>95.3</b>	<b>95.6</b>	<b>95.9</b>	<b>95.1</b>	

Observaciones:

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**PENETRACION EN RIEGO DE IMPRIMACION  
EMULSION ASFALTICA CSS-1H**

**DATOS**

**OBRA** Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Cms- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume  
**TESISTA** Franklin Alarcón Díaz **ING. RESP :** S.B.F  
**DESCRIPCION** : Penetración en Imprimación de Afimado **TEC. LAB H.D.R.**  
**SOLICITANTE** Construcciones Alardi S.A.C. **FECHA :** 21/04/2022

UBICACION	PROGRESIVA (KM)	N° DE ENSAYO	PENETRACION (mm)
TRAMO PAYESA	0+000	01	2.34
	0+010	02	1.97
	0+020	03	1.30
	0+030	04	3.23
	0+040	05	1.08
	0+050	06	2.93
	0+060	07	2.07
	0+070	08	1.79

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

**PENETRACION EN RIEGO DE IMPRIMACION CON MC-30**

**DATOS**

OBRA Comparación entre imprimación reforzada con emulsión asfáltica Css- 1h y MC-30 en la Trocha Carrozable Payesa-entrada al bosque de Pómac-Túcume  
 TESISTA Franklin Alarcón Díaz  
 DISCRIPCION : Penetración en Imprimación de afirmado.  
 SOLICITANTE Construcciones Alardi S.A.C.

ING. RESP : S.B.F  
 TEC. LAB H.D.R.  
 FECHA : 21/04/2022

UBICACION	PROGRESIVA (KM)	Nº DE ENSAYO	PENETRACION (mm)
TRAMO PAYESA	0+080	01	18.80
	0+090	02	24.55
	0+100	03	18.45
	0+110	04	25.93
	0+120	05	22.23
	0+130	06	20.00
	0+140	07	36.00

**INFORME DE RESULTADOS N° 1 – 2022**

Solicitante : **Franklin Smith Alarcón Díaz**  
 Documento Nacional de Identidad : 74208871  
 Producto declarado : **Compuestos Orgánicos Volátiles - COV**  
 Cantidad de muestra para ensayo : 5 muestras por punto  
 Forma de presentación : Muestra puntual  
 Identificación de la muestra : G-01: Imprimación reforzada con CSS-1h en el tramo Payesa (Entrada al bosque de Pómac – Túcume)  
 G-02: Imprimación reforzada con MC-30 en el tramo Payesa (Entrada al bosque de Pómac – Túcume)  
 Fecha de inicio del muestreo : 22 / 04 / 2022  
 Fecha de fin del muestreo : 24 / 04 / 2022  
 Validez del documento : Este documento solo es válido para la muestra descrita

**Resultados**

Parámetro COV evaluado	Punto de muestreo	
	G-01	G-02
Isobutylene (2-methylpropene) *: $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$	0.3 ppm	0.2 ppm
n-hexane*: $\text{C}_6\text{H}_{14}$	2.1 ppm	0.4 ppm
Benzene*: $\text{C}_6\text{H}_6$	0.2 ppm	0.1 ppm
Toluene*: $\text{C}_7\text{H}_8$	0.2 ppm	0.2 ppm
Xylene*: $\text{C}_8\text{H}_{10}$	0.2 ppm	0.1 ppm

\* Límite de detección – L.D.: 0 – 100 ppm

Las fechas de muestreo para cada punto fueron en diferentes días: Para el caso de G-01 se realizó el 22/04 mientras que para G-02 fue el 24/04, estableciendo intervalos de 15 minutos de medición por parámetro.

**Metodología aplicable:**




EPA Method 21 (40 CFR, 60 Appendix A): Determination of Volatile Organic Compound leaks



Marco Antonio Jesús Díaz Campoverde  
Técnico de Monitoreo Ambiental



Anexo N° 4: Informe de Control de Calidad a la emulsión CSS-1h y MC-30

		<b>INFORME DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA</b> <b>(CSS-1H)</b>				Revisión 01
		Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Página
		LAB.	JP	GG	12/04/2022	1 de 1
CLIENTE: ADQUISICIONES SAN RAFAEL S.A.C.				N° DE INFORME:	323-2022	
FECHA DE MUESTREO		CÓDIGO DE MUESTRA		N° DE ORDEN DE PRODUCCIÓN		
12/04/2022		323-2022		323-2022		
LOTE DE PRODUCCIÓN		TANQUE		FECHA DE REPORTE		
323-2022-LT		TK-7		12/04/2022		
ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397		
				Min.	Máx.	
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C (SFS)	MTC E 403	ASTM D 244	21.9	20	100	
Destilación Contenido de Asfalto Residual, %	MTC E 411	ASTM D 244	60.40	57	*	
Estabilidad de Almacenamiento, 24 hr, %	MTC E 404	ASTM D 244	0.20	1		
Prueba de tamiz N°20, %	MTC E 405	ASTM D 244	0.01	≤ 0.1		
Carga de Partícula	MTC E 407	ASTM D 244	Positivo	Positivo		
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO ASFÁLTICO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397		
				Min.	Máx.	
Penetración, 25°C (77°F), 100g, 5s, dmm	MTC E 304	ASTM D5	61	40	90	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 308	ASTM D113	> 100	40		
Solubilidad en Tricloroetileno, %	MTC E 302	ASTM D2042	99.8	97.5	*	
<b>CONCLUSIONES</b>						
1. Los Resultados solo corresponden a la muestra Analizada						
2. Producto dentro de especificaciones						
3. Se recomienda en caso de Almacenamiento prolongado de la Emulsion agitar frecuentemente						
4. Para uso de Imprimacion Asfaltica se recomienda Dosificar con Agua (Agua / Emulsion - 2:1 a 4:1)						
ELABORADO POR (colocar nombre, cargo y firma):			APROBADO POR:			
 LUIS LLUEN DIAZ INGENIERO DE LABORATORIO DE PEA			 Franco C. Conder Delgado Gerente General MCV EMULCORP E.I.R.L.			



## FICHA TECNICA

Clase de producto <b>ASFALTO LIQUIDO</b>		Fecha efectiva: Enero 2019		
Tipo de producto <b>ASFALTO LIQUIDO CURADO MEDIO</b>		Reemplaza edición de: Enero 2014		
Nombre de producto <b>ASFALTO LIQUIDO MC-30</b>				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		METODO	
	MIN.	MAX.	ASTM	ASSHTO
<b>FLUIDEZ</b>				
Viscosidad cinemática a 60°C, cSt	30	60	D-2170	T-201
<b>VOTALIDAD</b>				
Gravedad API 15.6°C (60°F)	Reportar		D-3142	T-295
Gravedad específica a 15.6/15.6°C (60/60°F)	Reportar		D-3142	T-295
Punto de inflamación, Tag, copa abierta, °C	38		D-3143	T-79
<b>Destilación</b>				
Total destilado hasta 360 °C, % V			D-402	T-79
a 225°C		25		
a 260°C	40	70		
a 316°C	75	93		
Residuo de destilación a 360°C, %V por diferencia	50			
Pruebas sobre el residuo de la destilación				
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1mm ó Viscosidad absoluta a 60°C, poises	120	150	D-5	T-49
	300	1200	D-2171	T-202
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
Solubilidad, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44
<b>CONTENIDO DE AGUA, % V</b>		0.2	D-95	T-55
<b>REQUIRIMIENTO GENERAL:</b>				
El asfalto líquido debe presentar un aspecto homogéneo y sin grumos antes de ser usado y no debe formar espuma cuando es calentado a la temperatura de aplicación.				
<b>OBSERVAQIONES:</b>				
(a)En concordancia con la NTP 321.028 y con los estándares ASTM D 2028 y AASHTO M-82.				

## Anexo N° 5: Documentos

**DOCUMENTO N°5.1: Constancia de la no existencia del proyecto por la  
Municipalidad Distrital de Túcume**



*Municipalidad Distrital De Túcume*  
"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE  
INDEPENDENCIA"



Tucume, 26 de Octubre del 2021

OFICIO N°064-2021-DIDUR/MDT

Sr(a):

FRANKLIN ALARCON DIAZ,  
DNI 74208871

**ASUNTO : NO EXISTENCIA DE DUPLICIDAD PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:  
"COMPARACION MECANICA Y FISICA ENTRE IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSION  
ASFALTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA – ENTRADA AL BOSQUE DE POMAC -  
TUCUME"**

Referencia :

- TRAMITE DOCUMENTARIO 4091-2021 FOLIO 1

De mi consideración

Es grato dirigirme a Usted, así mismo infórmale, en la calidad de director de Dirección de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Rural (DIDUR), que dicho proyecto de investigación: "COMPARACION MECANICA Y FISICA ENTRE IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSION ASFALTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA – ENTRADA AL BOSQUE DE POMAC - TUCUME", **NO CONFIGURA DUPLICIDAD** de intervenciones en el banco de inversiones de Municipalidad Distrital de Túcume.

Es cuanto informo a usted y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.


Atentamente

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TUCUME  
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO Y RURAL  
(DIDUR)  
ING. MANUEL JESÚS ROMERO MALCA  
DIRECTOR




Calle Unión N°540 – Túcume – Lambayeque – Lambayeque

**DOCUMENTO N°5.2: Autorización de acceso a información y permisos para estudios emitido por la Municipalidad de Túcume**



**Municipalidad Distrital De Túcume**  
 "AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE  
 INDEPENDENCIA"



---

Tucume, 26 de Octubre del 2021

**OFICIO N°063-2021-DIDUR/MDT**

Sr(a):  
**FRANKLIN ALARCON DIAZ.**  
 DNI 74208871

**ASUNTO : AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: "COMPARACION MECANICA Y FISICA ENTRE IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSION ASFALTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA – ENTRADA AL BOSQUE DE POMAC - TUCUME"**

**Referencia :**  
 - TRAMITE DOCUMENTARIO 4091-2021 FOLIO 1


---

De mi consideración


Es grato dirigirme a Usted, así mismo infórmale que visto el documento de la referencia, en el cual su persona solicita la **Autorización** para realizar trabajo de investigación: "COMPARACION MECANICA Y FISICA ENTRE IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSION ASFALTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA – ENTRADA AL BOSQUE DE POMAC - TUCUME", por lo tanto, esta Dirección **Autoriza** para que realice dicho trabajo insitu.

Es cuanto informo a usted y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.

Atentamente




MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TUCUME  
 OFICINA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO URBANO Y SOCIAL  
 (DIDUR)  
**MANUEL JESUS ROMERO MALCA**  
 DIRECTOR




---

*Calle Unión N°540 – Túcume – Lambayeque – Lambayeque*

**Documento 5.3: Solicitud de financiamiento a la empresa Construcciones Alardi SAC**

 **USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

**CARGO**



"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

CHICLAYO, 08 DE NOVIEMBRE DEL 2021

SEÑORA: Magdalena Díaz Guevara  
Gerenta General

SOLICITA: Financiamiento de proyecto de investigación

REFERENCIA: Proyecto de tesis denominado:

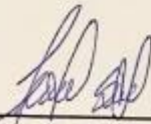
**"COMPARACIÓN ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA- ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TUCUME"**

De mi consideración:

Yo, **FRANKLIN ALARCÓN DIAZ** identificado con DNI N.º 74208871, en calidad de estudiante de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la Ciudad de Chiclayo, y trabajador de la empresa **CONSTRUCCIONES ALARDI SAC**, con RUC 20488147600, he optado por desarrollar el siguiente proyecto investigativo: **"COMPARACIÓN ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TUCUME"**, motivo por el cual solicito a su digno despacho el **FINANCIAMIENTO** del mencionado proyecto, el cual necesitará de un monto de S/. 48,500.00 nuevos soles para poderse realizar dicha investigación.

POR LO EXPUESTO:

Agradeceré mucho a Ud. Señora Magdalena Díaz Guevara, Gerenta General de Construcciones Alardi SAC, acceda a mi solicitud



FRANKLIN ALARCÓN DIAZ  
DNI: 74208871

## CARGO

Financiamiento del Investigador					
	Und	Cantidad	PU	Parcial	Total
<i>Financiamiento : "Construcciones Alardi Sac-Grupo Alarcón"</i>					
Papel Bond A4	Millar	5	S/. 30.00	S/. 150.00	
Útiles de Escritorio	Glb	1	S/. 303.21	S/. 303.21	
CD-DVD	Und	10	S/. 2.00	S/. 20.00	
Tinta para impresora	Glb	5	S/. 60.00	S/. 300.00	
Anillados	Und	5	S/. 5.00	S/. 25.00	
Fotocopias	Und	2000	S/. 0.10	S/. 200.00	
Archivadores	Und	5	S/. 10.00	S/. 50.00	
Empastados	Und	6	S/. 20.00	S/. 120.00	
Movilidad	Glb	1	S/. 150.00	S/. 150.00	
Laptop	Und	1	S/. 3,490.00	S/. 3,490.00	
Cámara Digital	Und	1	S/. 400.00	S/. 400.00	
Servicio de internet	Mes	8	S/. 120.00	S/. 960.00	
Servicio de Celular	Mes	8	S/. 60.00	S/. 480.00	
Energía Eléctrica	Mes	8	S/. 100.00	S/. 800.00	
Alimentación eventual	Día	45	S/. 6.00	S/. 270.00	
Impresora	Und	1	S/. 600.00	S/. 600.00	
Ensayo de Granulometría por Tamizado	Und	1	S/. 120.00	S/. 120.00	
Ensayo Desgaste los Ángeles (MTC E 207)	Und	1	S/. 90.00	S/. 90.00	
Ensayo de Límite Líquido(MTC E 110)	Und	1	S/. 80.00	S/. 80.00	
Ensayo Índice de Plasticidad(MTC E 111)	Und	1	S/. 60.00	S/. 60.00	
Ensayo de Densidad y Peso unitario del Suelo In Situ Mediante el Cono de Arena	Und	4	S/. 40.00	S/. 160.00	
Ensayo de Penetración para asfaltos Líquidos	Und	12	S/. 50.00	S/. 600.00	
Ensayo de Penetración para emulsiones asfálticas	Und	12	S/. 50.00	S/. 600.00	
Ensayo de Adhesividad de los ligantes bituminos a los áridos finos- Procedimiento Riedel Weber(MTC E 220)	Und	6	S/. 200.00	S/. 1,200.00	
Ensayo de Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio(MTC E 2014)	Und	8	S/. 270.00	S/. 2,160.00	
Alquiler de equipos de topografía	Día	2	S/. 600.00	S/. 1,200.00	
Alquiler de Motoniveladora	Horas	13	S/. 175.00	S/. 2,275.00	
Alquiler de Rodillo	Horas	13	S/. 165.00	S/. 2,145.00	
Alquiler de cisterna	Horas	13	S/. 120.00	S/. 1,560.00	
Movilización del rodillo	Glb	2	S/. 2,200.00	S/. 4,400.00	
Movilización de la Motoniveladora	Glb	2	S/. 2,200.00	S/. 4,400.00	
Equipos de protección personal	Glb	4	S/. 300.00	S/. 1,200.00	
Petróleo para maquinaria	Gln	270	S/. 18.00	S/. 4,860.00	
Líquido Asfáltico MC-30	Gln	485.3	S/. 9.55	S/. 4,634.93	
Emulsión asfáltica CSS-1h	Gln	485.3	S/. 9.76	S/. 4,736.85	
Cocina Asfáltica	Horas	15	S/. 80.00	S/. 1,200.00	
Monitoreo Ambiental- Carga o Compuesto Orgánico	Glb	1	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00	
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 48,500.00</b>



FRANKLIN ALARCÓN DIAZ  
DNI: 74208871

## Documento 5.4: Cotizaciones de maquinaria



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

Chiclayo, 20 de Octubre del 2021

### COTIZACION N.0021-2021/SER.MAQ/ALARDI

Señor:  
**Franklin Alarcón Díaz**  
**Tesista**

REF: **COMPARACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TÚCUME**

De mi mayor consideración

Por medio de la presente me dirijo ante usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar la COTIZACION N°0021-2021/SERV.MAQ/ALARDI, correspondiente al alquiler de una motoniveladora con las siguientes características.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Descripción	:	Motoniveladora
Marca	:	SEM
Modelo	:	SEM 919
Potencia	:	188HP
Cantidad	:	(01) UNO

#### CONDICIONES DE ALQUILER.

Precio por hora	:	S/.190.00(Ciento noventa con 00/100 soles) Inc.IGV
Horas Mínimas	:	5 Horas Mínimas

La tarifa pactada es a todo costo, es decir comprende los costos de operador, mantenimiento, lubricantes, repuestos, gastos generales, seguros de máquina, prueba rápida covid-19, SCTR, imprevistos, contingencias, en general, todo otro gasto directo o indirecto necesario para la correcta ejecución de este contrato, incluyendo la reparación por los daños que pudiera sufrir el Equipo por el uso normal y operación del equipo.

Sin otro particular y deseándoles éxitos, nos suscribimos de ustedes.

Muy Atentamente

CONSTRUCCIONES ALARDI S.A.C.

Ing. ELARD M. ALARCON DIAZ  
GERENTE ADMINISTRATIVO

ING. ELARD MIGUEL ALARCON DIAZ  
GERENTE ADMINISTRATIVO  
CONSTRUCCIONES ALARDI SAC

📍 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara - Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupopalarcon.pe](mailto:malarcon@grupopalarcon.pe) – [construccionesaraldi@gmail.com](mailto:construccionesaraldi@gmail.com)



“ Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia “

MOTONIVELADORA SEM 919



ALARDI  
CONSTRUCCIONES

---

🏠 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara - Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupoalarcon.pe](mailto:malarcon@grupoalarcon.pe) – [construccionesaraldi@gmail.com](mailto:construccionesaraldi@gmail.com)



“ Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia “

Chiclayo, 20 de Octubre del 2021

**COTIZACION N.0022-2021/SER.MAQ/ALARDI**

Señor:  
**Franklin Alarcón Díaz**  
**Tesista**

**REF: COMPARACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TÚCUME**

De mi mayor consideración

Por medio de la presente me dirijo ante usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar la COTIZACION N°0022-2021/SERV.MAQ/ALARDI, correspondiente al alquiler de un rodillo liso vibratorio con las siguientes características.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

Descripción	:	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado
Marca	:	Dynapac
Modelo	:	CA 2511
Potencia	:	180HP
Cantidad	:	(01) UNO

**CONDICIONES DE ALQUILER.**

Precio por hora	:	S/. 170.00(Ciento setenta con 00/100 soles) Inc.IGV
Horas Mínimas	:	4 Horas Mínimas

La tarifa pactada es a todo costo, es decir comprende los costos de operador, mantenimiento, lubricantes, repuestos, gastos generales, seguros de máquina, prueba rápida covid-19, SCTR, imprevistos, contingencias, en general, todo otro gasto directo o indirecto necesario para la correcta ejecución de este contrato, incluyendo la reparación por los daños que pudiera sufrir el Equipo por el uso normal y operación del equipo.

Sin otro particular y deseándoles éxitos, nos suscribimos de ustedes.

Muy Atentamente

CONSTRUCCIONES ALARDI S.A.C.

*Ing. Elard M. Alarcón Díaz*  
GERENTE ADMINISTRATIVO

**ING. ELARD MIGUEL ALARCON DIAZ**  
**GERENTE ADMINISTRATIVO**  
**CONSTRUCCIONES ALARDI SAC**

🏠 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara -Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupoalarcon.pe](mailto:malarcon@grupoalarcon.pe) – [construccionosalardi@gmail.com](mailto:construccionosalardi@gmail.com)



“ Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia “

#### RODILLO LISO VIBRATORIO DYNAPAC



---

🏠 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara -Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupoalarcon.pe](mailto:malarcon@grupoalarcon.pe) – [construccionesaraldi@gmail.com](mailto:construccionesaraldi@gmail.com)



“ Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia “

Chiclayo, 20 de Octubre del 2021

**COTIZACION N.0023-2021/SER.MAQ/ALARDI**

Señor:  
Franklin Alarcón Díaz  
Tesista

REF: **COMPARACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TÚCUME**

De mi mayor consideración

Por medio de la presente me dirijo ante usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar la COTIZACION N°0023-2021/SERV.MAQ/ALARDI, correspondiente al alquiler de un camión cisterna con las siguientes características.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

Descripción	:	Camión Cisterna
Marca	:	Mitsubishi Fuso
Modelo	:	Fuso FM1060
Potencia	:	215 HP
Cantidad	:	(01) UNO

**CONDICIONES DE ALQUILER.**

Precio por hora	:	S/.140.00(Ciento cuarenta con 00/100 soles) Inc.IGV
Horas Mínimas	:	4 Horas Mínimas

La tarifa pactada es a todo costo, es decir comprende los costos de operador, mantenimiento, lubricantes, repuestos, gastos generales, seguros de máquina, prueba rápida covid-19, SCTR, imprevistos, contingencias, en general, todo otro gasto directo o indirecto necesario para la correcta ejecución de este contrato, incluyendo la reparación por los daños que pudiera sufrir el Equipo por el uso normal y operación del equipo.

Sin otro particular y deseándoles éxitos, nos suscribimos de ustedes.

Muy Atentamente

CONSTRUCCIONES ALARDI S.A.C.

Ing. Elard M. Alarcón Díaz  
GERENTE ADMINISTRATIVO

**ING. ELARD MIGUEL ALARCON DIAZ**  
GERENTE ADMINISTRATIVO  
CONSTRUCCIONES ALARDI SAC

📍 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara -Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupopalarcon.pe](mailto:malarcon@grupopalarcon.pe) – [construccionosalardi@gmail.com](mailto:construccionosalardi@gmail.com)



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

#### CAMIÓN CISTERNA MITSUBISHI FUSO



**ALARDI**  
CONSTRUCCIONES

---

📍 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara - Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupoalarcon.pe](mailto:malarcon@grupoalarcon.pe) – [construccionesalardi@gmail.com](mailto:construccionesalardi@gmail.com)



“ Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia “

Chiclayo, 20 de Octubre del 2021

**COTIZACION N.0024-2021/SER.MAQ/ALARDI**

Señor:  
**Franklin Alarcón Díaz**  
Tesista

REF: **COMPARACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA-ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TÚCUME**

De mi mayor consideración

Por medio de la presente me dirijo ante usted, para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar la COTIZACION N°0024-2021/SERV.MAQ/ALARDI, correspondiente al alquiler de un camión imprimador con las siguientes características.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

Descripción	:	Camión Imprimador
Marca	:	Freightliner
Modelo	:	M2-106
Potencia	:	249 HP
Cantidad	:	(01) UNO

**CONDICIONES DE ALQUILER.**

Precio por hora	:	S/.200.00(Doscientos con 00/100 soles) Inc.IGV
Horas Mínimas	:	4 Horas Mínimas

La tarifa pactada es a todo costo, es decir comprende los costos de operador, mantenimiento, lubricantes, repuestos, gastos generales, seguros de máquina, prueba rápida covid-19, SCTR, imprevistos, contingencias, en general, todo otro gasto directo o indirecto necesario para la correcta ejecución de este contrato, incluyendo la reparación por los daños que pudiera sufrir el Equipo por el uso normal y operación del equipo.

Sin otro particular y deseándoles éxitos, nos suscribimos de ustedes.


Muy Atentamente

  
CONSTRUCCIONES ALARDI S.A.C.  
Ing. Franklin M. Alarcón Díaz  
GERENTE ADMINISTRATIVO

**ING. ELARD MIGUEL ALARCON DIAZ**  
**GERENTE ADMINISTRATIVO**  
**CONSTRUCCIONES ALARDI SAC**

 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara – Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

 969942429

 [malarcon@grupolarcon.pe](mailto:malarcon@grupolarcon.pe) – [construccionosalardi@gmail.com](mailto:construccionosalardi@gmail.com)



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

### CAMIÓN IMPRIMADOR



---

📍 Calle Jaén N°494 – Distrito de Pucara -Provincia de Jaén – Departamento de Cajamarca

☎ 969942429

✉ [malarcon@grupoalarcon.pe](mailto:malarcon@grupoalarcon.pe) – [construccionesaraldi@gmail.com](mailto:construccionesaraldi@gmail.com)

## Documento 2.5: Cotizaciones de la emulsión asfáltica y el MC-30



**Tecnología de Materiales S.A.**  
 Alm. Los Horizontes 905 - Urb Huertos de Villa - Chorrillos  
 Lima - Perú  
 Telf.: (51-1) 6174700  
 RUC: 20123531389



### COTIZACIÓN

Señor (es):  
**Franklin Alarcon Diaz**  
**Tesista**

viernes, 15 de octubre de 2021

**COMPARACION ENTRE IMPRIMACION REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA E IMPRIMACIÓN REFORZADA CON MC - 30 COMO CONTROLADORES DE POLVO PARA UN AFIRMADO DE LA CARRETERA TRES TOMAS EN LA TROCHA CARROZABLE CRUCE PANAMERICANA - SAN BERNARDINO - TUCUME**

Estimado(s) señor(es) :  
 Mediante la presente, les hacemos llegar nuestra propuesta económica por lo siguiente:

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.UNIT. S/.	PARCIAL S/.
1.00	Emulsión para imprimación	gln	1	10.47	10.47
2.00	MC - 30	gln	1	9.55	9.55
<b>V.VENTA</b>					<b>20.02</b>
<b>IGV (18) %</b>					<b>3.60</b>
<b>TOTAL S/.</b>					<b>23.62</b>

#### CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO : AL CONTADO  
 LUGAR DE ENTREGA : EN LA PLANTA DE ASFALTOS - LURIN  
 VALIDEZ DE LA OFERTA : 15 días  
 TIEMPO DE ENTREGA: Según cronograma de obra

Sin otro particular, quedamos de ustedes.  
 Atentamente,

VICTOR MOREANO  
 INGENIERO DE PAVIMENTOS  
 T.(511)617 4700 (Anexo 4787) RPM 956 822 351  
[vmoreano@tdm.com.pe](mailto:vmoreano@tdm.com.pe)



**Tecnología de Materiales S.A.**  
 Alm. Los Horizontes 905 - Urb Huertos de Villa - Chorrillos  
 Lima - Perú  
 Telf.: (51-1) 6174700  
 RUC: 20123531389



## COTIZACIÓN

Señor (es):  
**Franklin Alarcon Diaz**  
**Tesista**

jueves, 28 de octubre de 2021

Estimado(s) señor(es) :  
 Mediante la presente, les hacemos llegar nuestra propuesta económica por lo siguiente:

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.UNIT. S/.	PARCIAL S/.
1.00	Emulsión de rotura lenta CSS-1H	gln	1	9.76	9.76
<b>V.VENTA S/.</b>					<b>9.76</b>
<b>IGV (18) %</b>					<b>1.76</b>
<b>TOTAL S/.</b>					<b>11.52</b>

### CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO : AL CONTADO  
 LUGAR DE ENTREGA : EN LA PLANTA DE ASFALTOS - LURIN  
 VALIDEZ DE LA OFERTA : 15 días  
 TIEMPO DE ENTREGA: Según cronograma de obra

Sin otro particular, quedamos de ustedes.  
 Atentamente,

VICTOR MOREANO  
 INGENIERO DE PAVIMENTOS  
 T.(511) 617 4700 (Anexo 4787)  
[vmoreano@tdm.com.pe](mailto:vmoreano@tdm.com.pe)

## Anexo N° 06: DECLARACIÓN JURADA

**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, **ALARCÓN DÍAZ FRANKLIN SMITH**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 74208871, domiciliado en la provincia de Chiclayo Urb. Villareal, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **COMPARACIÓN ENTRE IMPRIMACIÓN REFORZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1H Y MC-30 EN LA TROCHA CARROZABLE PAYESA – ENTRADA AL BOSQUE DE PÓMAC-TÚCUME**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.*

Chiclayo, 10 de noviembre del 2020



---

FRANKLIN ALARCÓN DIAZ  
DNI: 74208871



Huella  
Dactilar