

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Las rehabilitación de carreteras, calles es una necesidad, ya que este proceso garantiza el confort y seguridad de los conductores, pasajeros del transporte motorizado.

Entre los proceso de rehabilitación de carreteras tenemos el reciclaje de pavimentos, la estabilización de una de las capas del pavimento o el remplazo de estas capas con material nuevo.

El reciclaje de pavimentos por metido convencionales necesita de máquinas recicladora esto puede conllevar un problema si no se cuenta con estas, por otro lado realizar un estabilización o el reemplazo completo de la capa de rodadura y capa base, generan un desperdicio de material, tiempo de ejecución más largos y/o costos más elevados.

El trabajo ilustra como reutilizar materiales de dos capas de pavimento, estas son la capa de rodadura y capa base para conformar una nueva capa base, a través del análisis de los materiales de estas capas y métodos constructivos propios de una estabilización de suelos.

La teoría que respalda está basada en conceptos como el de reciclaje de pavimento, que es el aprovechamiento de materiales de pavimentos, la estabilización de suele que es la incorporación de un material a otra para mejorar ciertas características de este último, otros conceptos también son necesarios, para entender que es un pavimento flexible y la función que tiene las capas de este, el material por el cual están compuesta esta capas.

El análisis de una capa base restituida con materiales de capa base y tratamiento superficial, con procedimientos constructivo de la estabilización de suelos podremos determinar la cantidad de material que será reutilizado y/o si es necesario la adición de otro material para cumplir con la especificaciones de un tramo en específico.

La importancia de estos análisis puede llevar a reducir tiempos de ejecución, lo que será un beneficio económico para obras de reapertura de carreteras y a la vez tener un menor impacto en el medio ambiente.

1.2. Antecedentes de trabajos relacionados

En la rehabilitación de carreteras, el concepto de reciclado de carreteras. Un primer precedente del empleo de las técnicas de reciclado se dio después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado "Retread Process" o proceso de recauchutado, es durante los últimos 20 años cuando ha experimentado un mayor desarrollo, gracias a máquinas recicladoras.

1.3. Justificación

La Calle Gabriel Lunda del barrio de San Pedro del Municipio de San Lorenzo está compuesta por dos tipos de capas de rodadura de adoquín y tratamiento superficial doble, la cual en esta segunda presenta irregularidades ocasionadas por distintos factores: periodo de vida útil, carga del tráfico, instalación de servicios básicos, razón por la cual necesita un repavimentado, este procedimiento no sería el más adecuado porque las irregularidades se reflejarían en la capa superior.

Para ello se debe estudiar las condiciones de las capas que conforman el paquete estructural del, el estudio de las capas inferiores a la capa base se ve limitado debido a la existencia de instalaciones de servicios básicos, lo cual no es conveniente realizar un estudio a estas capas debido a que se podrían dañar dichas instalaciones.

Ante esta situación se pretende realizar un análisis de los materiales de la capa base y capa de rodadura que en esta situación es tratamiento superficial, y poder conformar una mezcla para la restitución de la Capa Base que cumpla con las condiciones de CBR requeridas.

Al realizar este análisis podría solucionar el problema de desperdiciar material en la reconstrucción de tramos, a su vez al restituir la capa base se conseguirá eliminar las irregularidades y dará una uniformidad del tramo, la cual cumplirá con el confort de los usuarios de transporte motorizado, reducir costos de operación y tener un menor impacto ambiental.

1.4. Planteamiento del problema

1.4.1. Situación problemática

Para la rehabilitación de estos tramos se cuenta con métodos convencionales de recapeo, reconstrucción total de sus capas o reciclaje pavimentos. Cada método posee su peculiaridad, para el reciclaje el uso de máquinas especiales, el recapeo no toma en cuenta la condición de las capas inferiores y la reconstrucción total la pérdida de material. Por ello es necesario encontrar una metodología alternativa que pueda aprovechar el material de las capas existente en dichos tramos y conformar una nueva capa base, ya que esta es la que soporta las cargas del tráfico.

El desaprovechamiento de material en la rehabilitación de un tramo vial, puede generar costos, impacto ambiental y tiempo de ejecución mucho más elevados de los que se tendría si se pudiera reutilizar estos materiales.

Al no conocer las condiciones del material que va ser reutilizado, puede que no cumpla las condiciones estructurales que requiera una capa base. Por ello es necesario analizar los materiales que van a ser desechados y poder definir una mezcla de estos en la formación de una nueva base.

1.4.2. Delimitación del tiempo

Este es un problema presente, debido a que el deterioro de las carreteras y/o calles pavimentadas esta presentes en muchos tramos del país.

1.4.3. Delimitación del espacio

El estudio contempla los materiales pertenecen a capa base y tratamiento superficial doble en la calle Gabriel Lunda, del barrio San Pedro del municipio de San Lorenzo.

1.4.4. Formulación del problema

¿De qué manera una Nueva Capa Base conformada por material reutilizado de tratamiento superficial doble y base vieja cumplir las especificaciones mínimas de resistencia expresada en CBR?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar la Nueva Capa Base Reciclada con material reciclado de tratamiento superficial doble y base viaje de la calle Gabriel Lunda de San Lorenzo por medio de ensayos de laboratorio que permitan determinar el cumplimiento de resistencia mínimos expresada en CBR.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar la resistencia expresada en CBR de la capa base vieja del tramo.
- Reconocer la composición de los materiales del tratamiento superficial doble.
- Establecer la dosificación para la nueva capa base reciclada.
- Contrastar las características de la capa base vieja y capa base reciclada.
- Precisar la cantidad de aporte de material de las capas recicladas en lo conformación de la nueva capa base.
- Determinar el porcentaje de material por el que está compuesto la nueva capa base
- Comparar presupuesto general con uno convencional.
- Definir conceptualmente el procedimiento realizado.

1.6. Hipótesis

La nueva capa base conformada con material reciclado de un tratamiento superficial doble y capa base vieja cumple con las condiciones de las especificaciones de resistencia mínimas expresada en CBR.

1.7. Conceptualización de las variables

1.7.1. Variable independiente

Se considera la variable independiente la cantidad de material que aporta el tratamiento superficial doble y capa base para la nueva capa base. Esta dosificación es particular para las condiciones propias de cada proyecto en específico.

Variable independiente: Combinación de material aprovechable.

1.7.2. Variable dependiente

El efecto de la variable independiente que es de interés para el estudio, es la resistencia de la capa base y como se comporta esta, si aumenta, disminuye o el cambio no es considerable, el cual podrá ser medido con el ensayo de CBR.

Variabes dependiente: Resistencia del CBR.

1.8. Alcance

El presente estudio es una investigación de diseño experimental, causi-experimental ya que la mezcla de los materiales será seleccionada por el investigador ya sea por criterios de distintos tipo o condiciones del tramo estudiado para ver el efecto que esta produce en la resistencia de la Nueva Capa Base que será expresada por el CBR.

El presente estudio es una investigación de aplicabilidad en Capa Base de pavimentos flexibles. Para tal efecto se parte de estudios realizado y relacionados al tema, así también la justificación del porqué se está efectuando, planteándose objetivos medibles para solucionar el problema que dio lugar a realizar este tema, además de una parte metodológica que nos permite plantear los métodos, técnicas y procedimientos a utilizar para cumplir con los objetivos trazados.

El fundamento teórico se desarrollara basándose en la información sobre los pavimentos flexibles en carreteras, sobre todo en capa base y tratamientos superficiales, conceptos como reciclaje de carreteras y estabilización de suelos. Con información se tratar de llegar a fundamentar conceptos y criterios necesarios para tratar el análisis de la restitución de capa base. Así también se analizaran la características de los materiales de capa base y tratamiento superficial, los factores que se deben tomar en cuenta para realizar el diseño de las mezclas finalizando con su procedimiento de elaboración.

En la parte práctica se desarrollara un enfoque general sobre la temática, se identificara la zona de estudio de donde se obtendrán las muestras para iniciar los respectivos estudios de caracterización de los diferentes materiales como ser de capa base y tratamiento superficial a través de ensayos en laboratorio.

Una vez caracterizados los diferentes materiales, se establecerá la dosificación de capa base-tratamiento superficial, luego se procederá a elaborar las mezclas de prueba con las diferentes cantidades porcentuales de cada uno.

Para validar los resultados de esta nueva capa se evaluará, a través del ensayo del CBR.

A partir de todos los ensayos realizados se efectuará el análisis de los resultados obtenidos y se trazará las conclusiones del caso, y las recomendaciones sobre las posibles fallas que pudieran haber ocurrido en el transcurso de la práctica.

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Pavimentos

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

2.1.1.1. Tipos de pavimentos

Básicamente existen dos tipos de pavimentos:

- Rígidos

- Flexibles.

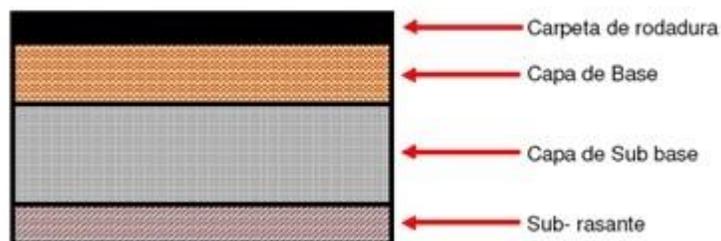
El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

2.1.1.1.1. Pavimento flexible

Son aquellos que tienen una base flexible o semirrígida, resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta de rodadura (puede ser de una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto), de la base y de la sub-base.

El pavimento flexible está construido sobre un terreno de fundación llamado subrasante.

Figura 2.1. Sección transversal de pavimento flexible



Fuente: sites.google.com

Subrasante

De su capacidad soporte depende el espesor que debe tener el pavimento sea este flexible o rígido.

Para pavimentos flexibles, si la subrasante es pésima requerirá de la tres capas, por ejemplo si el material que lo compone tiene alto contenido de material orgánico, se debería desechar y sustituir por otro material con mejor calidad.

Una subrasante está conformada por suelos fino, limo o arcillas que se saturan con facilidad se habrá que colocar capa sub-base, base y de rodadura. Si la subrasante es regular a bueno, que está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de

saturación o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no requiera capa sub-base.

Con una subrasante buena, es decir que tiene un valor de soporte elevado y no existe posibilidad que se sature, bastaría colocar capa de rodadura. Capa Sub-base

Tiene como objetivo:

- Servir de capa de drenaje al pavimento.
- Controlar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- Controlar la ascensión capilar de agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo al pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada.

El material de sub-base debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que la subrasante. Este material puede ser de: arena, grava, escoria de alto horno o residuos de material de cantera. En algunos casos es posible emplear material de subrasante mezclado con granzón, cemento, etc.

- El material debe tener las siguientes características:
- Su límite líquido debe ser inferior a 35%.
- Su límite plástico no debe ser mayor a 6%.
- Su CBR no podrá bajar de 15%.
- La cantidad de material fino que pase el tamiz número 200 no ha de ser mayor al 8%.

Capa base

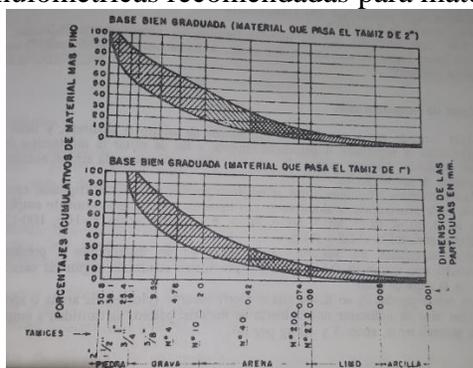
Esta capa tiene como finalidad absorber los esfuerzos transmitido por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y subrasante.

La capa base puede ser granular o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.

El material pétreo que se emplea en la base, debería tener las siguientes características:

- Ser resistentes a los cambios de humedad y temperatura.
- No presentar cambios de volumen que sean perjudiciales.
- El porcentaje de desgaste del ensayo Los Ángeles, debe ser inferior a 50.
- La fracción del material que pasa el tamiz número 40, ha de tener un límite líquido menor al 25% y un índice de plasticidad inferior a 6%.
- La fracción que pasa el tamiz número 200, no podrá exceder 1/2 y en ningún caso de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz número 40.
- La graduación del material de la capa base, debe ser menester que se halle dentro de los límites indicado en la figura 2.2.
- El CBR tiene que ser superior al 50%

Figura 2.2. Curvas granulométricas recomendadas para material pétreo de capa base



Fuente: CARRETERAS, CALLES Y AEROPUERTOS de Raúl Valle Rodas, sexta edición.

Por lo general esta capa se emplea piedra triturada, grava o mezclas estabilizadas.

Capa de rodamiento

Su función principal será de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

Asimismo la capa de rodamiento contribuye en cierto modo a aumentar la capacidad soporte del pavimento, sobre todo si su espesor es apreciable.

2.1.2. Tratamiento superficial

Los tratamientos superficiales se definen como un riego de ligante, normalmente emulsión asfáltica de rompimiento rápido convencional o modificada, seguido de una cobertura de agregados de tamaño uniforme. Un tratamiento superficial no tiene capacidad estructural, su capacidad está orientada hacia la funcionalidad. La función principal es proveer una superficie estable y antideslizante en cualquier tipo de clima, siendo además una capa sellante, resistente a la infiltración del agua, que protege las capas subyacentes. Las características principales de un tratamiento superficial son:

- No agrega resistencia estructural.
- Proveer una superficie de rodado económica y duradera a caminos con base granular.
- Proveer una adecuada resistencia a la acción abrasiva del tránsito.
- Provee una superficie de rodadura de características similares a las de un pavimento flexible.
- Elimina la emisión de polvo.
- Protege la estructura de la base y sub-rasante (impermeabiliza).

2.1.2.1. Tipos de tratamiento superficial

Los tratamientos superficiales abarcan desde una simple y ligera aplicación de cemento asfáltico o emulsión bituminosa, a múltiples aplicaciones de materiales asfálticos sobre las que se distribuyen agregados pétreos.

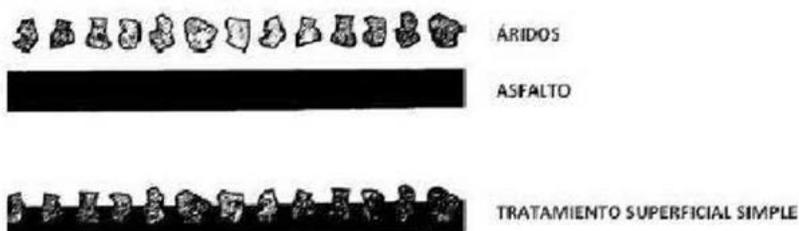
También se consideran tratamientos superficiales algunos tipos de mezcla asfáltica agregados. Todos los tratamientos superficiales sellan y prolongan la vida de los caminos. Cada tipo tiene una o más propósitos especiales. La siguiente es una clasificación de tratamientos superficiales asfálticos de acuerdo a su aplicación y preparación:

- Tratamientos superficiales simples.
- Tratamientos superficiales dobles.
- Tratamientos múltiples.

Tratamiento superficial simple.

Consiste en una sola aplicación uniformemente distribuida de ligante bituminoso, seguido de una aplicación de árido de tamaño tan uniforme como sea posible. Esta se realiza sobre una superficie acondicionada y con una estructura apropiada a las condiciones de sollicitación a que va a estar expuesta.

Figura 2.3. Esquema de un tratamiento superficial simple



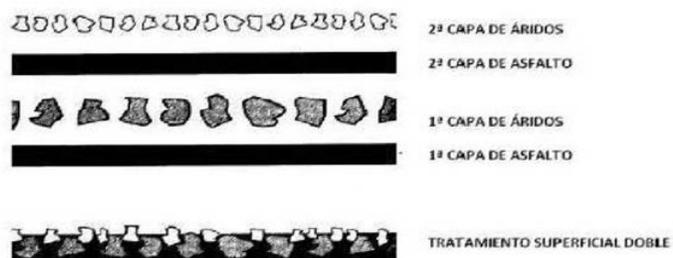
Fuente: docplayer.es

Tratamiento superficial doble

Son dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño medio del árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación.

El grosor total para un tratamiento doble de superficie con los primeros dos agregados podría ser cerca de una pulgada.

Figura 2.4. Esquema de un tratamiento superficial doble



Fuente: docplayer.es

La siguiente tabla presenta cantidad estimada de agregado de tratamiento superficial doble para distintos espesores máximo de este agrega

Tabla 2.1. Cantidades aproximadas de material para TSD

Cantidad aproximada de material para tratamientos superficiales dobles				
Espesor	Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad estimada de agregado	Cantidad estimada de emulsión asfáltica	Cantidad estimada de cemento asfáltico
mm	mm	kg/m ²	L/m ²	L/m ²
12,5	9,5	14-19	0,9-1,4	0,5-1,0
	4,75	5-8	1,4-1,8	0,8-1,3
16	12,5	16-22	1,4-1,8	0,8-1,3
	4,75	8-11	1,8-2,3	1,1-1,5
19	19	22-27	1,6-2,3	1,0-1,5
	9,5	11-14	2,3-2,7	1,5-1,9

Fuente: Metric Units, Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects, FHWA, Estados Unidos

El grosor total para un tratamiento doble de superficie con los primeros dos agregados podría ser cerca de una pulgada.

Tratamientos superficiales múltiples

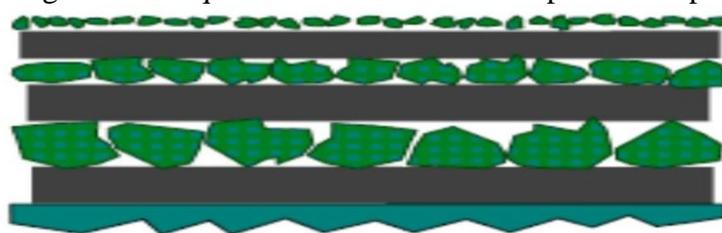
Para pavimentos de tráfico intenso, se recomienda usar tratamientos superficiales triples.

Cuando se efectúa aplicaciones múltiples, es esencial que cada capa siguiente de agregado se fusione por completo con la carga previamente ubicada, de modo que la obra completa forme una sola masa homogénea, con una superficie lisa y compacta. El éxito de este tipo de obra, depende de la ligazón o fusión de las partículas y de la distribución homogénea del asfalto a través de la masa entera.

El agregado de tamaño más grande se ubicara en el fondo, colocando encima las capas sucesivas, con agregado más fino. Una regla generalmente aceptada, es que la segunda aplicación de agregado debería ser cerca de la mitad del tamaño de la primera aplicación de agregado y la tercera cerca de la mitad del grosor de la segunda.

El grosor total para un tratamiento triple usando las tres medidas cerca de 11/8 de pulgadas. El grosor será menos con grandes porcentajes de partículas lisas en el agregado.

Figura 2.5. Esquema de un tratamiento superficial triple



TRICAPA

Fuente: ezague.com

2.1.3. Reciclaje

Según Montejo, (2005), se entiende por reciclaje de pavimentos, la reutilización de materiales que forman parte de alguna de las capas estructurales de pavimentos existentes y que han cumplido su finalidad inicial, mediante la transformación de un pavimento degradado en una estructura homogénea y adaptada al tráfico que debe soportar.

Un primer precedente del empleo de las técnicas de reciclado se dio después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado "Retread Process" o proceso de recauchutado.

2.1.3.1. Clasificación de las tecnologías de reciclado de los pavimentos flexibles

En función del lugar donde se lleva a cabo la mezcla:

- Reciclado "in situ".
- Reciclado "en planta".
- En función del ligante añadido.
- Con cemento o betún asfáltico.
- Con emulsiones asfálticas.
- En función de la temperatura de elaboración y colocación de la mezcla.
- Reciclado en frío.
- Reciclado en caliente.

2.1.3.1.1. Reciclado in-situ

Estas recicladoras son especialmente diseñadas para lograr la capacidad de reciclar capas de pavimento de gran espesor en una sola pasada. Las recicladoras modernas tienden a ser máquinas grandes y potentes, las cuales pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos de flotación.

2.1.3.1.2. Reciclado en planta

Este reciclado se logra mediante el transporte del material recuperado de un pavimento existente a un depósito central, donde el material se trabaja con una unidad de procesamiento (como un mezclador continuo)

Este procedimiento permite reciclar el conjunto o sólo una cierta proporción de material envejecido mediante una central asfáltica adaptada. Al ser el porcentaje de material envejecido relativamente bajo, esta metodología permite corregir problemas graves de dosificación o calidad de los materiales.

2.1.4. Estabilización

El objetivo del estudio de estabilización de materiales es el de mejorar las características físico mecánicas de los suelos naturales existentes a lo largo del trazo de la vía que no cumplen como suelos de subrasante por su baja resistencia portante o su alta expansión, sobre la que se construirá el cuerpo de terraplén y el paquete estructural del pavimento.

También como objetivo es darle al suelo natural la suficiente resistencia al desgaste y al esfuerzo cortante para resistir las cargas del tránsito bajo cualquier condición climática, sin que se produzcan deformaciones perjudiciales. Entonces no solo se trata de llegar a un estado de suelo con suficiente resistencia a la acción destructora y deformante de las cargas, sino también, asegurar la permanencia de este estado a través del tiempo.

Las propiedades a las que se alude son:

- Comportamiento bajo cargas
- Cambios volumétricos
- Impermeabilidad
- Compresibilidad

La aplicación de la estabilización de suelos es muy amplia y depende entre otras cosas, de la clasificación del camino y del tipo de estructura a diseñar:

- Sub rasante
- Sub bases
- Bases

2.1.4.1. Estabilización de suelo-suelo

Se intenta la combinación de agregados para diversos fines, por ejemplo, para mejorar un agregado con uno de mejor calidad de modo que el agregado combinado resulte aceptable, o para corregir las deficiencias en la gradación que puedan tener.

Un problema que se presenta a menudo es el de determinar en qué proporción mezclar dos o más materiales para cumplir una cierta gradación, por lo cual los siguientes métodos explicados a continuación suele ser los usados.

Método gráfico

En una gráfica, donde en la parte superior e inferior se marcan los porcentajes a usar de cada agregado y a la derecha e izquierda los porcentajes que pasan, como la que se mostrara en el ejemplo que viene a continuación, se marcan los rangos que delimita la norma para el porcentaje que pasa para cada tamiz.

Método por tanteos

Sin trazar la gráfica de los datos. Por ejemplo, en primer lugar se podría prestar la atención a la cantidad que pasa el tamiz No. 50, ya que muchos técnicos del hormigón consideran que esta cantidad ejerce una influencia importante sobre la trabajabilidad del hormigón. En principio, podría considerarse una mezcla 50-50%, y ver si con esta relación se satisfacen los requisitos para todos los tamices, y a partir de este primer tanteo variar las proporciones hasta cumplir con todos los tamices.

Método analítico

Se hace el empleo de una formula básica, sin tener en cuenta el número de agregados necesarios:

$$P = A * a + B * b + C * c \dots \dots$$

Donde:

P= Porcentaje de material que pasa por tamiz dado

A, B, C,...= Porcentaje de material que pasa un tamiz dado para los agregados correspondientes.

a, b, c,= Proporcione de agregados A, B, C,... usados en la combinación y donde el total es 1.

2.1.4.2. Metodología de ejecución in situ de estabilización de suelos

2.1.4.2.1. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Equipo de ejecución

Para la ejecución de los suelos estabilizados in situ se deberán emplear equipos mecánicos. Éstos podrán ser equipos independientes que realicen por separado las operaciones de disgregación, distribución del conglomerante, humectación, mezcla y compactación, o bien equipos que realicen dos o más de estas operaciones, excepto la compactación, de forma simultánea.

La mezcla in situ del suelo se realizará, en todos los casos, mediante equipos autopropulsados que permitan una suficiente disgregación de aquél hasta la profundidad establecida, si dicha disgregación no hubiera sido previamente obtenida por escarificación, y una mezcla uniforme de ambos materiales en una sola pasada.

Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos en caso necesario. La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo de un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico.

2.1.4.2.2. Ejecución de la obra

Disgregación de suelo

Cuando se establezca el suelo existente en la traza, éste deberá disgregarse en toda la anchura de la capa que se vaya a estabilizar, y hasta la profundidad necesaria para alcanzar, una vez compactado, el espesor de estabilización definido en los Planos.

Humectación o desecación del suelo

La humedad del suelo deberá ser tal que permita que, con el equipo que se vaya a realizar la estabilización, se consiga el grado de disgregación requerido y su mezcla con el conglomerante sea total y uniforme.

En el caso de ser necesaria la incorporación de agua a la mezcla para alcanzar el valor de humedad fijado por la fórmula de trabajo, deberán tenerse en cuenta las posibles variaciones de humedad debidas a la climatología que puedan tener lugar durante la ejecución de los trabajos. Dicha incorporación deberá realizarse, preferentemente, por el propio equipo de mezcla.

Compactación

En el momento de iniciar la compactación, la mezcla deberá ser homogénea en todo su espesor y su grado de humedad será el correspondiente al de la óptima del ensayo Próctor modificado.

La compactación se realizará de manera continua y uniforme.

2.2. Marco normativo

2.2.1. Ensayos de caracterización de suelo

2.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422 - AASTHO T-27)

Objetivo

Este método permite, mediante tamizado, determinar la distribución por tamaños de las partículas mayores que 0,075 mm (tamiz N° 200), de una muestra de suelo.

Material

- Balanza
- Tamices
- Hornilla

- Herramientas y accesorios
- Tamices usados:

Tabla 2.2. Tamices

Tamiz ASTM	3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200
Tamaño (mm)	76,20	50,8	38,10	25,40	9,53	4,75	2	0,425	0,075

Fuentes: Elaboración propia

Procedimiento del ensayo

Homogenizar la muestra en estado húmedo y reducir la muestra por cuarteo.

Pesar el material, este debe ser un poco mayor a lo indicado en la tabla indicada a continuación en función al tamaño máximo absoluto.

Tabla 2.3. Cantidad mínima de muestra según tamaño máximo absoluto del suelo

Tamaño máximo absoluto (mm)	5	10	20	25	50	80	100	150
Cantidad mínima de ensayo (kg)	0,5	2	5	10	15	20	30	40

Fuentes: Elaboración propia

Proceder a tamizar la muestra por los distintos tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" hasta el tamiz Nº 4, registrar los pesos retenidos en cada tamiz. Si la muestra es mucha, el material retenido en los tamices pasarlos a una fuente (una fuente para cada tamiz) y registrar dicho peso. Registrar sin material los pesos de los tamices y de fuente usada.

Para el material que pasa por el tamiz Nº 4 pesar una cantidad de 500 gramos, saturarlo en agua por 24 horas y por ultimo proceder a lavarla por el tamiz Nº 200.

Una vez que el agua que salga por debajo del tamiz 200 sea clara, el material retenido en dicho tamiz, pasarlo una fuente, y secarlo.

Pesar el material secado, y se procede tamizar con los tamices faltantes: Nº 10, Nº 40 y Nº 200, registrar lo pesos.

Cálculos

La granulometría se presenta como porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz, indicando como primer resultado el del menor tamiz en que pasa el 100% y expresando el resultado para los siguientes tamices como la diferencia entre el porcentaje que pasa en el tamiz inmediatamente anterior al de cálculo y el retenido en el tamiz de cálculo.

Los resultados de la granulometría se muestran en forma gráfica en un sistema de coordenadas ortogonales; en las abscisas, a escala logarítmica, se indican las aberturas de los tamices y en las ordenadas, a escala lineal, los valores de los porcentajes que pasan en cada tamiz, obtenidos de acuerdo a lo calculado en porcentaje del retenido en cada tamiz.

2.2.1.2. Determinación del límite líquido (ASTM D4318 -AASHTO T89)

Objeto

Este método establece el procedimiento para determinar el límite líquido de los suelos, mediante la máquina Casagrande.

El límite líquido es un contenido de humedad específico que divide la consistencia plástica de la líquida del suelo.

Material

- Equipo Casagrande
- Balanza
- Fuente
- Recipientes o capsulas
- Espátula

Ajuste y control del aparato de límite líquido Casagrande

Girar la manivela hasta que la taza se eleve a su mayor altura. Utilizando el calibrador de 10 mm (adosado al ranurador), verificar que la distancia entre el punto de percusión y la base sea exactamente de 10mm. Caso contrario se debe aflojar los tornillos de fijación y mover el de ajuste hasta obtener la altura de caída requerida.

Preparación de la muestra

Se desmenuza los terrones que presentaban los suelos, con mortero, sin reducir el tamaño natural de las partículas individuales.

Se extrae una muestra de suelo de aproximadamente unos 500 gramos que pasa el tamiz 0,425 mm (N° 40).

Se coloca la muestra en un plato, agregar agua y mezclar completamente mediante la espátula. Se continúa la operación durante el tiempo y con la cantidad de agua necesarios para asegurar una mezcla homogénea.

Procedimiento del ensayo

Colocar el aparato de límite líquido sobre una base firme.

En la taza del equipo se coloca una porción de la muestra acondicionada utilizando una espátula; la masa de suelo deberá colocarse centrándola en el punto de apoyo de la taza con la base.

Moldear la masa de suelo con la espátula hasta obtener una forma uniforme evitando incorporar burbujas de aire en la mezcla.

Enrasar y nivelar a 10mm en el punto de máximo espesor y reincorporar el material excedente al plato.

Dividir la pasta de suelo, pasando el acanalador cuidadosamente a lo largo del diámetro que pasa por el eje de simetría de la taza, de modo que se forme una ranura clara y bien delineada de las dimensiones especificadas. Pasar el acanalador, manteniéndolo perpendicular a la superficie interior de la taza; en ningún caso, debe existir desprendimiento de la pasta del fondo de la taza; si ello ocurre, se retira todo el material y se reinicia el procedimiento. La formación de la ranura se debe lograr con el mínimo de pasadas, limpiando el acanalador después de cada pasada.

Girar la manivela levantando y dejando caer la taza con una frecuencia de dos golpes por segundo, hasta que las paredes de la ranura entren en contacto en el fondo del surco a lo largo de un tramo de 10mm. Registrar el número de golpes obtenido (N), retirar el material que se junta en el fondo del surco y colocar en una cápsula de secado para determinar su humedad (w).

Se debe realizar al menos 3 veces los mismos pasos a diferentes humedades se recomienda que debe estar entre los 15 a 40 golpes.

Cálculos

Con los valores del contenido de humedad y el número de golpes se construye un gráfico semilogarítmico, con la humedad (w) como ordenada y el número de golpes (N) como abscisa en escala logarítmica, luego se ajusta a una curva que relaciona estos puntos. El Límite Líquido (LL) del suelo será la humedad correspondiente a la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes, aproximando a un decimal.

2.2.1.3. Determinación del límite plástico (ASTM D4318 -AASHTO T-90)

Objeto

Este método establece el procedimiento para determinar el Límite Plástico y el Índice de Plasticidad de los suelos.

Material

- Balanza
- Fuente
- Espátula
- Recipientes o capsulas

Procedimiento del ensayo

Para determinar el límite plástico se debe extraer una muestra representativa de un tamaño que asegure una masa mínima de ensayo de 200g de material bajo tamiz 0,425mm (N° 40).

Agregar agua a la muestra en un plato y mezclar uniformemente hasta obtener una masa pastosa, la cual se pueda amasar hasta que no se pegue en la mano, con la mano encima de un vidrio proceder a realizar rollitos de aproximadamente 3 mm diámetro, al llegar a este diámetro aproximado el rollito debe empezar a fisurarse, entonces se debe cortar en la parte fisurada en trozos, y no puede ser re amasado ni reconstituido. Realizar entre 3 a 5 pruebas, extrayendo de cada prueba unas 3 muestras de rollitos para pesarlos y llevarlos al horno para el secado correspondiente y determinar la humedad.

Cálculos

El Límite Plástico (LP) se calcula como el promedio de las determinaciones efectuadas sobre la muestra de ensayo. Las determinaciones no deben diferir entre sí en más de dos puntos; cuando no se cumpla esta condición, se repite todo el ensayo.

El Índice de Plasticidad (IP) del suelo se determina de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP= Índice de plasticidad (%)

LL= Limite liquido (%)

LP= Limite plástico (%)

2.2.1.4. Clasificación del suelo

En función a la granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se determina la clasificación del suelo en base a la normativa.

Sistema de Clasificación AASTHO M-145.

2.2.2. Ensayos de resistencia y deformabilidad de los suelos

2.2.2.1. Proctor modificado (método “d” ASTM D422 AASHTO T-180)

Objeto

Este método establece el procedimiento para determinar la relación entre la humedad y la densidad de un suelo, compactado en un molde normalizado, mediante un pisón de 4,5 Kg. en caída libre, desde una altura de 460 mm, con una energía específica de compactación de 2,67 J/cm³ (27,2 kgf cm/cm³).

Material

- Molde metálico.- 6plg de diámetro.
- Martillo metálico de 4.5 Kg y altura de caída de 46cm.
- Balanza.
- Hornilla.

- Recipiente para el agua.
- Regla de acero
- Tamiz $\frac{3}{4}$ y N° 4.
- Herramientas.- bandeja, martillo, cuchara y alicate.

Procedimiento del ensayo

Se debe preparar el suelo aproximadamente 24 kg, desintegrando los terrones grumos hasta que pase el tamiz $\frac{3}{4}$, lo retenido en el tamiz N° 4 corresponde a la parte gruesa y lo que pasa a la parte fina, los porcentajes de grueso y fino deben mantenerse. Desechar lo retenido en este tamiz $\frac{3}{4}$, una vez preparado la muestra se debe calcular su contenido de humedad, antes de compactarlo.

Dividir el material en cuatro partes iguales de 6000 gramos cada uno, depositar en fuentes y/o lavadores ya que en cada uno se incrementará agua en diferentes porciones., para esto se debe aplicar el incremento de la humedad de acuerdo al siguiente ejemplo: Siendo el contenido de humedad calculado de 1%, para llegar a 4% nos faltaría 3%, entonces, pesamos el material para el primer molde con 6000 gramos. Y asumiendo que en este peso se encontraría al 100% de agua, por lo que se trataría de 6000 cm^3 (ya que la densidad del agua se asume 1 gr/cm^3 suponiendo una temperatura de 21°C), por simple regla de tres solo resta realizar la siguiente operación:

$$Ca = \frac{3 * 6000g}{100} = 180g$$

Dónde:

Ca= Cantidad de agua (g)

Se pesa el molde con base y sin collarín y se determina su volumen, una vez calculado los porcentajes requeridos de humedad se procede a incrementar tales cantidades de agua al suelo, mezclando y homogeneizando la muestra, para luego introducir al molde compuesto con su extensión o collarín, cada capa de material se debe colocar aproximadamente en un quinto de la altura del molde más el collar.

Una vez logrado el mezclado homogéneo del suelo se extrae una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad real en el momento de compactado.

Posteriormente se compacta 5 capas cada una a 56 golpes, uniformemente distribuidos en el molde. Al compactar la última capa debe quedar un pequeño exceso de material por sobre el borde del molde.

Una vez completada la compactación se retira el collarín y se enraza con la regla metálica hasta dejar una superficie lisa hasta la altura del molde, luego se pesa el molde con la base y con el suelo compactado y enrazado, registrando en la planilla de cálculos.

Se repite todas las operaciones anteriormente mencionadas con cada una de las fracciones restantes, hasta que haya un decrecimiento en la densidad húmeda del suelo. El ensaye se debe efectuar desde la condición más seca a la condición más húmeda al menos 4 a 5 veces.

Cálculos

Fórmula para obtener la densidad húmeda del suelo compactado:

$$\gamma_h = \frac{m}{v}$$

Donde:

γ_h = Densidad húmeda del suelo compactada (kg/m³)

m= Peso de suelo húmedo (kg)

v= Volumen del molde (m³)

Densidad Seca

La densidad seca del suelo compactado para cada determinación, de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando a 10 kg/m³.

$$\gamma_{max} = \frac{100 * \gamma_h}{w + 100}$$

Dónde:

γ_{max} = Densidad seca del suelo compactado (kg/m³)

γ_h = Densidad húmeda del suelo compactada (kg/m³)

w=Humedad del suelo compactado (%)

Para obtener la humedad óptima que será donde se dé la máxima densidad de compactación se grafica la curva de densidades en el eje de las ordenadas y porcentaje de humedad en el eje de las abscisas, para obtener una ecuación polinómica y de esta manera determinar estos dos datos importantes que nos servirán para realizar el ensayo de CBR.

2.2.2.2. CBR de laboratorio (ASTM D1883 AASHTO T-193).

Objeto

Este método establece el procedimiento para determinar un índice de resistencia de los suelos, conocido como Razón de Soporte de California (CBR). El ensayo se realiza normalmente a suelos compactados en laboratorio, con la humedad óptima y niveles de energía variables.

Este método se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de suelos de subrasante, como también de materiales empleados en la construcción de terraplenes, subbases, bases y capas de rodadura granulares.

Material

- Prensa de ensayo
- Moldes diámetro de 15,14 cm y altura 17,78 cm
- Disco espaciador
- Martillo metálico de 4.5 Kg y altura de caída de 46cm.
- Balanza.
- Hornilla.
- Recipiente para el agua.
- Regla de acero

- Herramientas.- bandeja, martillo, cuchara y alicate.

Procedimiento del ensayo

Con el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima compactada de acuerdo al ensayo de Proctor, se compacta 3 moldes o probetas en un rango de 95% de la densidad máxima compactada seca determinada anteriormente.

Se mezcla homogéneamente con agua cada una de las tres muestras de suelo por ensayar. Agregando la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima determinada en “Relación humedad-densidad”. Una vez logrado el mezclado homogéneo del suelo, se extrae una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad real en el momento de compactado del CBR.

Para cada molde se coloca el disco espaciador sobre la placa base. Fijar el molde con su collar de extensión sobre dicha placa y colocar un disco de papel filtro grueso sobre el espaciador.

Compactar cada una de las porciones de suelo húmedo en el molde, en un número de capas igual al de las probetas usadas en el ensayo de humedad - densidad. Cada probeta se debe compactar con distinta energía de 12, 25 y 56 golpes.

Luego se retira el collar, y se enrasa cuidadosamente el suelo compactado con una regla al nivel del borde del molde. Rellenar con material fino bajo 5mm cualquier hueco que pueda haber quedado en la superficie.

Posteriormente se saca el disco espaciador y sobre la placa base perforada se coloca papel filtro grueso, invertir el molde y fijarlo a dicha placa, con el suelo compactado en contacto con el papel filtro y pesar.

Finalmente colocar el vástago ajustable sobre el molde de muestra compactada y se acomoda el aparato de expansión (extensómetro) a cada uno de los moldes, nivelando a un valor de cero en el trípode de extensómetro para poder controlar la expansión que sufrirá el suelo durante el tiempo de inmersión.

Dejar sumergidas durante 96 horas los moldes. Durante este período se debe mantener la muestra sumergida a un nivel de agua constante, sin producir vibraciones que puedan alterar las mediciones de expansión.

Una vez concluido el tiempo de inmersión se retira los moldes del agua dejando drenar la probeta, para esto se procedió a inclinarlas para eliminar el agua superficial durante 15 min.

Retirar las cargas para pesar el molde con el suelo compactado después de la inmersión y pesar.

Proceder a usar el equipo de penetración, registrar los datos de carga.

Cálculos

Curva de Tensión-Penetración.

Razón soporte.

Razón Soporte- Densidad seca

2.2.3. Ensayos relacionados a asfalto diluidos

2.2.3.1. Ensayo de extracción por centrifugación

Objetivo

Determina cuantitativamente el contenido de ligante asfáltico en una mezcla mediante el proceso de centrifugación.

Material y equipo

- Extractor
- Papel filtro.
- Balanzas De 1g y 0,01 g de precisión.
- Solvente (gasolina)

Preparación de la muestra

Si la mezcla no está lo suficientemente blanda como para separarla con una espátula, colóquela en una bandeja plana y caliéntela a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hasta que sea manipulable.

La muestra de ensayo, normalmente, debe ser el indicado en la tabla.

Tabla 2.4. Masa de material de ensayo

Tamaño máximo nomina (mm)	Masa mínima de muestra (g)
5	500
10	1000
12,5	1500
20	2000
25	3000
40	4000

Fuente: Manual de ABC-Manual de Ensayos de Asfalto y Materiales

Procedimiento

Pesar el recipiente o plato con el filtro.

Coloque la muestra en un recipiente, más la muestra.

Cubrir con el solvente la muestra. Espere el tiempo necesario para que el solvente disgregue la muestra (máximo 1 h). Ponga bajo el tubo de drenaje un recipiente (vaso) para recoger el extracto.

Haga funcionar la centrífuga, aumentando lentamente la velocidad hasta un máximo de 3.600 rpm; deténgala una vez que el solvente deje de fluir.

Repetir el proceso hasta que la gasolina salga limpia.

Poner a secar la muestra, pesar cada cierto intervalo, una vez que el peso sea constante, registrar el peso.

Calculo

$$PM = (PF + MD + PI) - (PF + PI)$$

$$PA = (PF + MD + PI) - (PF - PI)$$

$$\%As = \frac{PM - PA}{PM} * 100$$

Donde:

PM= Peso de Mezcla.

PF= Peso de filtro.

PI= Peso de plato.

PA= Peso de agregado.

%As= Porcentaje de asfalto.

2.3. Análisis de aporte teórico

La presente trabajo de investigación, toma el concepto de reciclaje de carreteras como pre idea, la teoría explica que ya existen de métodos establecidos o convencionales.

Se quiere rehusar los materiales de tratamiento superficial y capa base, para restituir la capa base, debido a factores mencionados se necesita recurrir a otras metodologías, fuera de las establecidas al reciclaje de carreteras. Para ellos los conceptos establecidos sobre la ejecución del proceso constructivo de la estabilización de suelos pueden ser útiles.

Para obtener un proceso que cumpla el objetivo, se debe conocer las funciones que cumplen y el material que están compuesto las capas que serán recicladas. También se debe tener parámetros que sirvan como control, con el fin de conocer si las capas que fueron reciclados para obtener la nueva base cumplen con las funciones mínimas requeridas.

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1. Criterios de diseño metodológico

3.1.1. Unidad de muestra

Ensayos de laboratorio

3.1.2. Población

Todos los ensayos de laboratorio requeridos para capa base y tratamiento superficial dobles.

3.1.3. Muestra

La muestra corresponde a los ensayos de laboratorios que sirven para determinar el CBR de la capa base antigua, la dosificación de la mezcla y la capa base nueva (capa base y tratamiento superficial doble mezclado).

Tabla 3.1. Muestra de ensayos

Tipo	Ensayo
Capa Base	Granulometría
	Límites liquido
	Limite plástico
	Clasificación
	Proctor
	CBR
Tratamiento superficial doble	Granulometría
	Extracción de asfalto
Capa Base Nueva	Granulometría
	Proctor
	CBR

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra estará definido por la cantidad de pozo donde se extraer el material que será analizado. A estas muestras se les hará los ensayos mencionados en la Tabla 3.1. Muestra de ensayo.

El tamaño de la muestra está condicionado a varios factores:

- La distancia del tramo que se está estudiando, en el presente estudio es de la Calle Gabriel Lunda.
- El otro factor está dado por el manual de especificaciones técnicas. Indica que para el control de material los ensayos para el laboratorio de granulometría, límite líquido, límite plástico y compactación con distancia máxima de 300m de punto de extracción de muestra y para CBR con distancia máximo de 500m.

Para tener confiabilidad de los resultados obtenidos, los puntos de extracción de muestra serán en intervalos de 100 metros.

3.2. Antecedentes

3.2.1. Localización del tramo de estudio

San Lorenzo es la capital de la Provincia de Eustaquio Méndez y está situado en la mitad oriental de esta, al noroeste del departamento de Tarija. La localidad se encuentra a 2001 msnm, en el margen izquierdo del Río Tojtiwaysho, 15 km al norte de la ciudad de Tarija, la capital del departamento.

La Calle Gabriel Lunda, ubicada en el barrio San Pedro de San Lorenzo Capital de la Provincia de Eustaquio Méndez situada está situado en la mitad oriental de esta, al noroeste del departamento de Tarija.

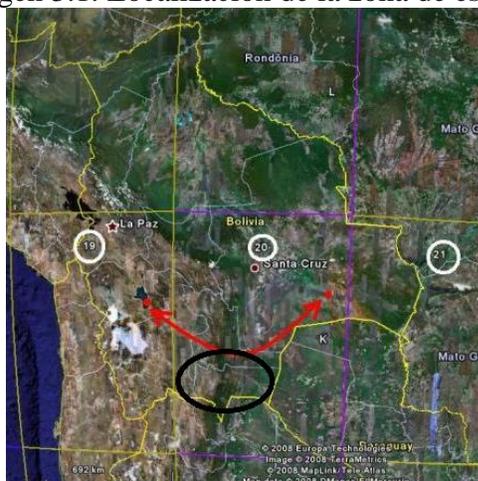
La calle Gabriel Lunda está ubicada entre la calle Gilberto Zilvetty-Gabrie y el puente que da la comunidad de Lajas.

Tabla 3.2. Coordenadas de la Calle Gabriel Lunda

N°	Punto	Distancia		Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Zona
		Parcial (m)	Acu. (m)	Latitud	Longitud	Y (Norte)	X (Este)	
1	Intersección	0	0	- 21,4163139	- 64,7492278	7630765,85	318692,913	20
2	Puente	1614,44	1614,44	- 21,4018667	- 64,7504694	7632362,99	318548,39	20

Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.1. Localización de la zona de estudio



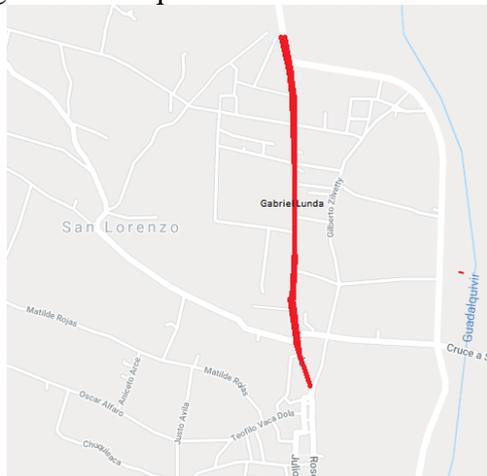
Fuente: cursosumsa.blogspot.com

Imagen 3.2. Foto satelital de la Calle Gabriel Lunda



Fuente: Google Earth

Imagen 3.3. Croquis de la Calle Gabriel Lunda



Fuente: Google Earth

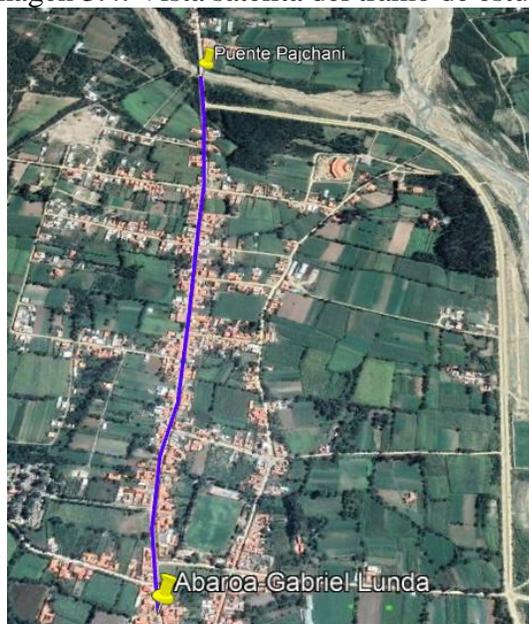
La Cale Gabriel Lunda está compuesta por dos tramos una de adoquín de 145,24 metros y otra de tratamiento superficial doble de 1469,20 metros. Como el estudio está dirigido a los materiales compuestos del tratamiento superficial doble y capa base, solo la parte de tramo de TSD se considerada el tramo de estudio, esta parte del tramo va desde la calle Abaroa -Gabriel Lunda hasta el puente Pajchani con un total de 1469 metros de longitud.

Tabla 3.3. Coordenadas de los puntos del tramo de estudio

N°	Punto	Distancia		Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Zona
		Parcial (m)	Acu. (m)	Latitud	Longitud	Y (Norte)	X (Este)	
1	Abaroa	0	0	-21,415051	-64,749781	7630907,12	318640,09	20
2	Puente	1469,20	1469,20	-21,401867	-64,750469	7632362,99	318548,39	20

Fuentes: Elaboracion propia

Imagen 3.4. Vista satelita del tramo de estudio



Fuente: Google Earth

3.2.2. Descripción del proyecto de asfaltado

El proyecto CONSTRUCCIÓN ASFALTADO CALLES MUNICIPIO DE SAN LORENZO PAQUETE 1 consiste en pavimentos con Tratamientos Superficial zonas urbanas-suburbanas del municipio de San Lorenzo. Cumpliendo con todas las normas vigentes para la ejecución de la misma.

El proyecto contempla Pavimento Flexible 2 etapas TSD + (Consecuente Intervención de Sobre-capa), que consiste en el uso de una capa de rodadura tipo Tratamiento Superficial Doble con una vida útil de 10 y una intervención de sobre-capa a partir del año 11.

El Tratamiento Superficial como capa de rodadura, la capa de rodadura será de tratamiento superficial Doble de 2.5 cm. de espesor con capa base de 15 cm. y capa subbase de 20 cm. el año 11 recibirá una intervención de sobre-capa de Tratamiento Superficial Doble ($e=2.5$ cm).

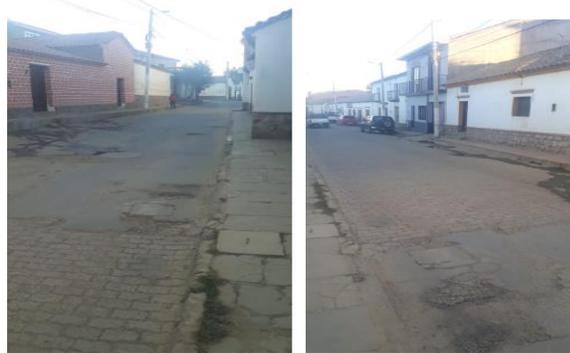
Con la ejecución del proyecto “Construcción Asfaltado Calles Municipio de San Lorenzo”, permitirá contar con calles asfaltadas con tratamiento Superficial Doble, con un ancho de calzada de 6.0 m., (TSD=2.5cm, Capa Base= 15 cm y Capa Subbase= 20 cm) y el mantenimiento de los pavimentos deteriorados para su conservación con Tratamientos Asfálticos Superficial Doble (TSD= 2.5cm.)

3.2.3. Descripción actual del tramo

La calle actual Gabriel Lunda está provisto de una superficie de rodadura en un primer tramo de adoquín y otra parte con tratamiento superficial doble. El ancho de la calle actual existente fluctúa entre los 6 metros dependiendo los sectores. Existe un sistema de drenaje básico conformado por alcantarillado.

El tramo compuesto con adoquín está comprendido entre las calles Gilberto Zilvetty y Abaroa, como se mencionó esta parte del tramo no será considerada en el análisis del estudio debido a que el proyecto está dirigido al estudio del material del tratamiento superficial doble y capa base.

Imagen 3.5. Sección Adoquin y de TSD



Fuente: Elaboracion propia

Las condiciones actuales del tramo, se pueden observar distintos tipos de deformaciones, que afectan al confort del automotriz, estas deformaciones son debido a varios factores, entre ellos instalaciones domiciliarias y vida útil.

Imagen 3.6. Condición actual del tramo



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.7. Trabajos de mantenimiento por instalaciones domesticas



Fuente: Elaboración propia

La descripción del proyecto de asfaltado de San Lorenzo se encuentra ANEXO I.

3.3. Control y validación interna

3.3.1. Factores o variables extraña

Debido a que el tramo estudiado existen obras de carácter domiciliario, el material que se usó para restablecer las capas, existe la posibilidad que haya sido alterado. La capa de rodadura, que es de tratamiento superficial doble, muestra deformaciones las cuales pudieron ser bacheadas. Estas condiciones pueden afectar al análisis de los materiales que serán estudiando, para evitar esto, se tomó varios pozos de muestra del tramo, para que el estudio se lo más representativo de este tramo.

3.3.2. Descripción de los equipos

Los equipos usados serán descritos a continuación:

3.3.2.1. Descripción de equipo de obtención de muestra

Para la medición de pozo a pozo, se hará uso de flexo con capacidad de 50 metros, para la obtención de las coordenadas se obtendrá con aplicaciones de posicionamiento global de celular.

Se hará uso de pala para recoger el material de los pozos y serán guardadas en bolsas de yute, estas serán almacenadas en depósito a temperatura ambiente.

3.3.2.2. Descripción de los materiales usados en los ensayos

- La granulometría se hará uso de los tamices expuesto en la tabla 2.1. Tamice. Para el peso de material la balanza es con una precisión de 1 gramo, la misma balanza se usa para obtener los pesos de la parte gruesa que es hasta lo retenido en la malla número cuatro. La parte fina se usó balanza con precisión de 0,1 gramos. Debido a que la cantidad de material tamizado era significativa se requiere de fuentes para vaciar los materiales de las mallas retenidas en esto, estas fuentes están identificadas y su peso es conocido.
- Para el limite liquido el uso de equipo de casa grande el cual deberá ser calibrado y apoyado en una superficie plana y estable , balanza con precisión de 0,1 gramos, jarra graduada, recipientes pequeños para guardar las muestras (taras) y hornillas para secar el material.

- El límite plástico será supervisado por el técnico el laboratorio, este dará el visto bueno. Su almacenamiento, para poder obtener el porcentaje de humedad sera en taras. Debido al que peso de la muestra suele ser pequeño y la balanza de presión 0,1 gramos, ser deberá poner más de una muestra por recipiente.
- En el ensayo de compactación, el equipo requerido por norma, se calibrara el volumen de los moldes para tener el real, la precisión de la balanza es de 1 gramo
- Para el ensayo de CBR los moldes serán calibrados, la balanza con precisión de 1 gramo, el aparato para las lecturas de dial será supervisada por el técnico correspondiente.

3.3.3. Parámetros del proyecto de asfaltado de las calles de San Lorenzo

EL tramo estudiado comprende donde comienza el tratamiento superficial doble es de 1469,20 metros.

Tabla 3.4. Parámetro de Capa Base

Capa	Espesor (m)	CBR mínimo (%)	Expansión máxima (%)
Base	0,15	80	0,5

Fuente: DBC construcción Asfaltado calles municipio de San Lorenzo paquete 1

Porcentajes por peso del material que pasa por tamices con Malla cuadrada según AASHTO T-11 y T-27.

Tabla 3.5. Granulometría

Tamiz (Malla cuadrada AASHTO M-147-65)	Porcentajes por peso del material que pasa		
	Tipo de gradación		
	A	B	C
2"	100	100	-
1"	-	75 - 95	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85
Nº 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
Nº 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
Nº 40	8-20	15 - 30	15 - 30
Nº 200	2-8	5-20	5 - 15

Fuente: DBC construcción Asfaltado calles municipio de San Lorenzo paquete 1

Para el diseño de la nueva capa base los parámetros del tratamiento superficial doble necesarios están descrito en la siguiente tabla:

Tabla 3.6. Parámetros del TSD

Datos de 1 capa de TSD		
Espesor	1RA CAPA Material 3/4"	2DA CAPA Material 3/8"
	Tasa de Agregado	Tasa de Agregado
0,025 m	14,08 Kg/m ²	7,23 Kg/m ²

Fuente: Informe del Diseño del TSD

3.4. Condiciones y criterios del estudio

Debido a que el tramo existen instalaciones domiciliarias y no afectar a estas, el estudio de los materiales se hará hasta 10 cm de profundidad de la Capa Base y con el espesor del tratamiento superficial doble (compuesta de dos capas) que es de 5cm, la profundidad total será de 15 cm. Con esto también se pretende cumplir con el espesor de Capa Base requeridos en la especificación técnica del tramo que tendrá la nueva Capa Base.

Los pozos donde se obtienen el material de muestra corresponde al carril derecho, debido a actividades de la empresa y para perjudicar el tráfico vehicular, el carril derecho es aquel que en su sentido es dirección al puente Pajchani.

Criterio para elección de pozos:

- Los puntos seleccionados para la extracción de muestra corresponde al tramo de tratamiento superficial doble de la Calle Gabriel Lunda y solo del carril derecho.
- Los puntos elegidos son de carácter no probabilístico, son tomados por conveniencia.
- El primer pozo estará ubicado a 50 metros del punto 0+000. A partir de este, cada pozo está ubicado a 100 metros del anterior, con un total de 15 pozos donde se hará la extracción de muestra. Se toma este criterio para conocer las condiciones del tramo, debido a los factores por los cual existen los deterioros en la capa de rodadura, existe la posibilidad que las condiciones puedan variar de un pozo a otro. Además con esto garantizamos obtener dato más confiable para el proyecto

Ver ANEXO I (carta de la empresa).

3.5. Procedimiento de reciclado de la nueva capa base

El procedimiento para el reciclado de la nueva capa base con material de capa de rodadura de tratamiento superficial doble a continuación se describe el procedimiento en laboratorio y campo que se deberá seguir para la realización de este.

3.5.1. Obtención de muestra

Los pozos seleccionados son determinados en función a las condiciones del tramo de estudio. Para determina la distancia entre pozos se hará uso de un flexo con capacidad de 50 metros y las coordenadas con la aplicación de GPS de celular.

Tabla 3.7. Pozos

Técnico encargado		Ing. Nivia Danitza Sanchez						
Fecha		26 de noviembre (medición de puntos)						
Fecha		27 de noviembre (obtención de muestra)						
Nº	Pozo	Distancia		Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Zona
		Parcial (m)	Acu. (m)	Latitud	Longitud	Y (Norte)	X (Este)	
1	0+050	50	50	-21,414600	-64,749831	7630954,90	318628,30	20
2	0+150	100	150	-21,413719	-64,750011	7631052,19	318608,50	20
3	0+250	100	250	-21,412819	-64,750097	7631151,73	318598,46	20
4	0+350	100	350	-21,411922	-64,750036	7631251,14	318603,69	20
5	0+450	100	450	-21,411028	-64,749942	7631350,28	318612,37	20
6	0+550	100	550	-21,410122	-64,749950	7631450,53	318610,39	20
7	0+650	100	650	-21,409225	-64,749967	7631549,85	318607,55	20
8	0+750	100	750	-21,408133	-64,749972	7631670,71	318605,63	20
9	0+850	100	850	-21,407428	-64,750006	7631748,78	318601,30	20
10	0+950	100	950	-21,406536	-64,750006	7631847,51	318600,20	20
11	1+050	100	1050	-21,405627	-64,750008	7631948,07	318598,79	20
12	1+150	100	1150	-21,404730	-64,750039	7632047,37	318594,52	20
13	1+250	100	1350	-21,403838	-64,750178	7632145,93	318579,02	20
14	1+350	100	1350	-21,402942	-64,750311	7632245,12	318564,08	20
15	1+450	100	1450	-21,402044	-64,750431	7632344,31	318550,59	20

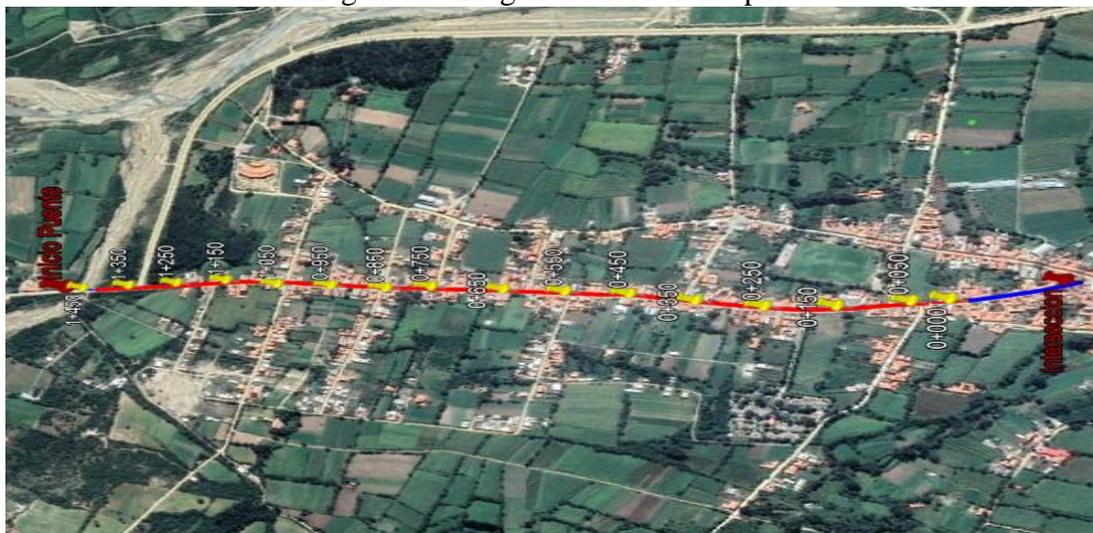
Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.8. Medición de pozos



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3.9. Imagen satelital de los pozos



Fuente: Google Earth

Imagen 3.10. Extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Evaluación de las condiciones actuales de los materiales

La evaluación de la capa base se realizara a través de ensayos que determina su capacidad estructural actual, también con el fin de conocer el estado de su composición granulométrica su densidad para ser compradas y observar que cambios se produce al reciclarlo con el material de tratamiento superficial.

El estudio considera que para evaluar la capa base actual se realicen los siguientes ensayos

- Granulometría.
- Límites líquido y plástico.
- Ensayo de compactación (Proctor).
- Ensayo de CBR.

Los ensayos que se realiza a la capa de rodadura de tratamientos superficial doble, su objetivo es determinar su composición granulométrica y el porcentaje de asfalto de este capa. El fin de esto es para determinar como afecta la adicción de estos materiales a su granulometría y el porcentaje de asfalto para realizar el diseño de la dosificación.

Los ensayos de la capa de rodadura son los siguientes:

- Granulometría.
- Contenido de asfalto.

El procedimiento y memoria fotográfica se encuentra en ANEXO II

3.5.3. Diseño de la dosificación de la mezcla

Previamente al diseño de la dosificación se realiza el cálculo de la nueva capa base, si bien las especificaciones del PROYECTO DE ASFALTADO DE LAS CALLES DE SAN LORENZO PAQUETE 1 o cualquier otro proyecto indican un espesor de diseño, esta debe ser comprobada u obtener otra que cumpla con el tráfico.

3.5.3.1. Calculo del espesor de la nueva capa base

Para el estudio de tráfico, al ser una calle, esta cuenta con varias intersecciones por lo cual el aforo de vehículos debe realizarse en las intersecciones más importante. La importancia de realizar este estudio es para proyectar el tráfico futuro de la calle Gabriel Lunda con la cual se determinar los ejes equivalentes.

El cálculo del espesor la capa base se realizara con el método AASHTO 93, para cumplir con las especificaciones técnicas del PROYECTO DE ASFALTADO DE LAS CALLES DE SAN LORENZO PAQUETE 1 se mantendrá la capa de rodadura de tratamiento superficial doble.

3.5.3.2. Diseño y preparación de la dosificación de la mezcla

Para el diseño de la dosificación se tomara en cuenta las siguientes consideraciones:

- Con el espesor calculado se diseñará la cantidad proporcional de aporte de material de cada capa que conformara la nueva capa base.
- Al ser este un estudio de reciclaje, se pretende aprovechar todo lo posible del material de la capa de rodadura de tratamiento superficial doble, por lo cual el aporte de material de tratamiento superficial doble será del 100%.
- El método seleccionado es de estabilización de suelo-suelo método analítico, el cual será modificado a las condiciones del estudio.

La preparación los materiales de Capa Base vieja y Tratamiento Superficial Doble para la Nueva Capa Base se la realiza de la siguiente manera:

- Se pesara una cantidad proporcional indicada por el diseño de la dosificación.
- Luego con la ayuda de un combo y espátulas, se procederá a disgregar o separar el material de tratamiento superficial. Después se lo mezclara con el material de Capa Base vieja, de la forma más uniforme posible. Con esto se trata de simular lo que haría una escarificadora en campo.
- Con esta mezcla se procederá a realizar los ensayos correspondientes para la Capa Base Nueva indicados en la tabla 3.1 siguiendo el proceso de las normas indicadas.

3.5.4. Ensayos de la nueva capa base

Los ensayos para la nueva capa base serán los siguientes:

- Granulometría.
- Ensayo de compactación (Proctor).
- Ensayo de CBR.

Estos ensayos se considerado para poder comparar y analizar los cambios que se producen en la granulometría y si esta sigue cumpliendo con la especificaciones del PROYECTO DE ASFALTADO DE LAS CALLES DE SAN LORENZO PAQUETE, con el ensayo de computación se analiza si su densidad máxima y humedad optima aumenta o disminuye,

o no existe un cambio significativo y el ensayo de CBR el cual determinar si el reciclaje es viable.

3.5.5. Ejecución en campo

En campo se hará uso de equipo que disgregue el material de la capa de rodadura y capa base esto puede ser realizado con un escarificadora o motoniveladora.

A partir de eso se procede a ejecutar la construcción y controles tecnológicos y geométricos de la nueva capa base de forma convencional.

3.6. Resultados

3.6.1. Resultados de ensayo de la capa base vieja

3.6.1.1. Granulometría

Tabla 3.8. Granulometría de Capa Base Vieja

N° De ensayo	Pozo	Prof.	Mallas								
		m	3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
1	0+050	0,15	100	100	98,46	92,75	68,46	47,55	31,39	18,07	11,41
2	0+150	0,15	100	100	97,85	93,25	67,40	47,69	32,43	18,12	11,45
3	0+250	0,15	100	100	95,93	92,41	68,91	46,89	31,89	18,76	12,19
4	0+350	0,15	100	100	98,42	94,01	72,56	55,19	36,97	20,97	13,24
5	0+450	0,15	100	100	97,42	93,90	72,70	54,94	37,36	21,43	13,73
6	0+550	0,15	100	100	97,20	93,98	73,04	55,49	37,90	21,75	13,87
7	0+650	0,15	100	100	97,11	94,30	74,47	57,83	39,67	22,79	14,52
8	0+750	0,15	100	100	96,58	93,79	72,16	54,00	37,20	21,38	13,61
9	0+850	0,15	100	100	96,48	94,10	73,54	56,26	38,93	22,39	14,23
10	0+950	0,15	100	100	97,82	93,41	70,91	51,80	34,79	20,00	12,69
11	1+050	0,15	100	100	97,31	93,44	69,42	50,26	34,33	19,45	12,34
12	1+150	0,15	100	100	96,84	94,20	75,12	58,21	39,85	23,17	14,90
13	1+250	0,15	100	100	96,84	94,20	75,12	58,21	39,64	22,64	14,35
14	1+350	0,15	100	100	97,27	93,48	70,41	51,40	34,73	19,94	12,72
15	1+450	0,15	100	100	97,21	93,60	70,76	52,09	35,58	20,29	12,91

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.2. Límites

Tabla 3.9. Limite líquido, plástico e índice de plasticidad de Capa Base Vieja

N° De ensayo	Progresiva	Prof. m	Límites		
			L.l.	L.p.	I.P.
1	0+050	0,15	21,23	14,96	6,27
2	0+150	0,15	19,71	14,67	5,04
3	0+250	0,15	21,19	14,58	6,61
4	0+350	0,15	20,17	14,98	5,19
5	0+450	0,15	17,63	14,54	3,09
6	0+550	0,15	21,13	15,41	5,71
7	0+650	0,15	20,66	16,36	4,31
8	0+750	0,15	18,72	16,18	2,54
9	0+850	0,15	19,67	15,05	4,62
10	0+950	0,15	20,51	14,64	5,86
11	1+050	0,15	19,06	14,59	4,47
12	1+150	0,15	19,65	16,48	3,17
13	1+250	0,15	21,07	16,65	4,42
14	1+350	0,15	20,14	15,21	4,93
15	1+450	0,15	22,50	16,30	6,20

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.3. Clasificación de suelo

Tabla 3.10. Clasificación de suelos de Capa Base Vieja

N° De ensayo	Pozo	Prof. m	Clasif.	
			AASHTO	
1	0+050	0,15	A - 1a	0
2	0+150	0,15	A - 1a	0
3	0+250	0,15	A - 2 - 4	0
4	0+350	0,15	A - 1a	0
5	0+450	0,15	A - 1a	0
6	0+550	0,15	A - 1a	0
7	0+650	0,15	A - 1a	0
8	0+750	0,15	A - 1a	0
9	0+850	0,15	A - 1a	0
10	0+950	0,15	A - 1a	0
11	1+050	0,15	A - 1a	0
12	1+150	0,15	A - 1a	0
13	1+250	0,15	A - 1a	0
14	1+350	0,15	A - 1a	0
15	1+450	0,15	A - 1a	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.4. Compactación

Tabla 3.11. Densidad máxima y humedad óptima de Capa Base Vieja

N° De ensayo	Pozo	Prof.	Proctor	
		m	D.max. (kg/m ³)	H.op. (%)
1	0+050	0,15	2183	7,82
2	0+150	0,15	2171	7,91
3	0+250	0,15	2180	7,63
4	0+350	0,15	2209	7,12
5	0+450	0,15	2200	7,42
6	0+550	0,15	2184	7,02
7	0+650	0,15	2190	7,17
8	0+750	0,15	2200	7,14
9	0+850	0,15	2184	6,97
10	0+950	0,15	2188	7,02
11	1+050	0,15	2188	7,09
12	1+150	0,15	2173	6,69
13	1+250	0,15	2203	7,43
14	1+350	0,15	2179	7,34
15	1+450	0,15	2194	7,12

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.5. CBR

Tabla 3.12. CBR de Capa Base Vieja

N° De ensayo	Pozo	Prof.	CBR			Exp.
		m	100%	98%	97%	
1	0+050	0,15	59,61	48,31	42,65	0,39
2	0+150	0,15	61,93	52,11	47,20	0,29
3	0+250	0,15	61,37	51,21	46,13	0,28
4	0+350	0,15	63,38	51,91	46,17	0,31
5	0+450	0,15	58,73	48,53	43,44	0,31
6	0+550	0,15	57,47	48,88	44,58	0,29
7	0+650	0,15	64,31	52,78	47,02	0,52
8	0+750	0,15	60,99	50,43	45,15	0,54
9	0+850	0,15	54,05	44,81	40,19	0,53
10	0+950	0,15	58,61	48,91	44,07	0,53
11	1+050	0,15	59,28	49,39	44,44	0,50
12	1+150	0,15	58,94	48,40	43,13	0,49
13	1+250	0,15	59,79	49,39	44,19	0,52
14	1+350	0,15	55,85	46,52	41,85	0,53
15	1+450	0,15	57,56	47,78	42,89	0,52

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Resultados de los ensayos del tratamiento superficial doble (2 capas)

3.6.2.1. Granulometría

Tabla 3.13. Granulometría de TSD (dos capas)

N° De ensayo	Pozo	Prof. m.	Mallas								
			1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
16	0+050	0,05	100	100	100	75,11	42,62	30,66	4,66	2,33	0,63
17	0+150	0,05	100	100	100	74,40	45,16	30,91	2,74	1,37	0,48
18	0+250	0,05	100	100	100	75,23	41,49	24,04	2,62	1,31	0,66
19	0+350	0,05	100	100	100	70,34	43,89	26,46	4,80	2,40	1,00
20	0+450	0,05	100	100	100	74,81	43,56	29,07	2,89	1,45	0,38
21	0+550	0,05	100	100	100	74,03	45,64	28,90	4,36	2,18	0,08
22	0+650	0,05	100	100	100	72,47	44,87	31,87	2,82	1,41	1,00
23	0+750	0,05	100	100	100	73,96	42,72	26,96	4,83	2,41	0,52
24	0+850	0,05	100	100	100	74,15	43,96	23,38	4,16	2,08	0,86
25	0+950	0,05	100	100	100	75,35	42,79	30,72	4,61	2,31	0,35
26	1+050	0,05	100	100	100	71,29	41,22	25,52	4,51	2,26	0,25
27	1+150	0,05	100	100	100	74,53	42,55	30,60	4,42	2,21	0,02
28	1+250	0,05	100	100	100	72,83	42,18	21,67	4,11	2,06	0,45
29	1+350	0,05	100	100	100	70,31	45,07	26,55	3,01	1,50	0,90
30	1+450	0,05	100	100	100	72,83	45,58	27,75	3,93	1,97	0,87

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.2. Extracción de asfalto

Tabla 3.14. Extracción de asfalto de TSD (dos capas)

Extracción de asfalto			
N° De ensayo	Pozo	Prof.	% De asfalto
		m.	%
16	0+050	0,05	7,86
17	0+150	0,05	6,94
18	0+250	0,05	6,62
19	0+350	0,05	7,15
20	0+450	0,05	8,00
21	0+550	0,05	7,54
22	0+650	0,05	7,75
23	0+750	0,05	6,88
24	0+850	0,05	6,69
25	0+950	0,05	7,39
26	1+050	0,05	6,87
27	1+150	0,05	6,93
28	1+250	0,05	7,4
29	1+350	0,05	7,28
30	1+450	0,05	6,73

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Resultado de estudio de tráfico

Tabla 3.15. Intersecciones

Intersección	
N°	Calle
1	Florida
2	1° de Mayo
3	Simón Bolívar
4	Ruta 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16. Código y tipo de vehículos

Tipo	Clase de Vehículo	Código
Liviano	Automóvil, vagoneta y jeep	1
	Camioneta	2
	Minibús	3
Buses	Micro Bus	4
	Bus Mediano	5
	Bus Grande	6
Camiones	Camión Mediano	7
	Camión Grande dos Ejes	8
	Camión Grande tres Ejes	9
	Camión Semirremolque	10
	Camión con Remolque	11
Otros Vehículos		12

Fuente: Elaboración propia en base a formularios

Tabla 3.17. Composición del Tráfico Promedio Año 2021

Intersección	Día	Vehículos (código)												Total	%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Domingo	476	301	181	2	0	0	15	14	0	0	0	0	990	25,37
	Lunes	714	387	280	0	1	0	20	15	0	0	0	0	1416	36,31
	Martes	722	438	301	0	1	0	19	14	0	0	0	0	1495	38,32
	Total	1912	1126	762	2	2	0	54	43	0	0	0	0	3901	100,00
2	Domingo	821	532	331	2	0	0	15	15	0	0	0	0	1716	30,79
	Lunes	935	448	454	1	1	0	27	15	0	0	0	0	1881	33,74
	Martes	991	475	478	1	1	0	16	14	0	0	0	0	1977	35,46
	Total	2747	1455	1264	4	2	0	58	44	0	0	0	0	5574	100,00
3	Domingo	934	686	344	2	0	0	22	12	0	0	0	0	2001	33,63
	Lunes	783	593	513	3	1	0	32	15	0	0	0	0	1940	32,62
	Martes	828	595	539	1	1	0	31	13	0	0	0	0	2008	33,75
	Total	2546	1874	1396	6	2	0	85	40	0	0	0	0	5949	100,00
4	Domingo	704	574	254	2	0	0	15	13	0	0	0	0	1562	31,15
	Lunes	728	521	310	0	0	0	43	23	0	0	0	0	1625	32,43
	Martes	709	626	438	0	1	0	34	18	0	0	0	0	1826	36,42
	Total	2141	1721	1002	2	1	0	92	54	0	0	0	0	5013	100,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18. Tráfico Promedio Horario en base a los conteos realizados

Hora		Vehículos	
de	a	Cantidad	%
00:00	01:00	3	0,16
01:00	02:00	1	0,08
02:00	03:00	1	0,04
03:00	04:00	5	0,30
04:00	05:00	11	0,62
05:00	06:00	22	1,29
06:00	07:00	46	2,69
07:00	08:00	108	6,33
08:00	09:00	157	9,23
09:00	10:00	122	7,19
10:00	11:00	115	6,76
11:00	12:00	145	8,52
12:00	13:00	95	5,58
13:00	14:00	139	8,16
14:00	15:00	147	8,66
15:00	16:00	108	6,32
16:00	17:00	92	5,42
17:00	18:00	107	6,31
18:00	19:00	126	7,40
19:00	20:00	77	4,54
20:00	21:00	39	2,32
21:00	22:00	20	1,18
22:00	23:00	10	0,60
23:00	00:00	5	0,31

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.1. Histograma de las variaciones horarias del tráfico vehicular



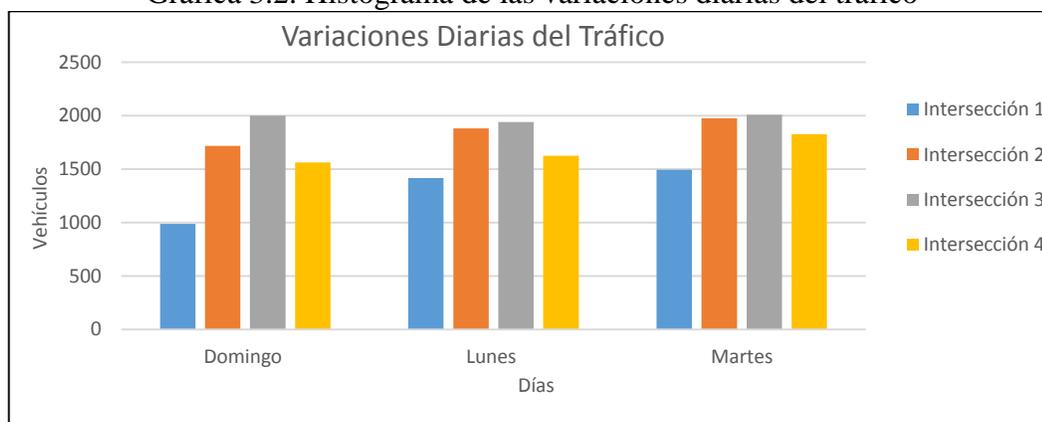
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19. Tráfico Promedio durante la semana en base a los conteos realizados

Intersección	Domingo	Lunes	Martes
1	990	1416	1495
2	1716	1881	1977
3	2001	1940	2008
4	1562	1625	1826

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3.2. Histograma de las variaciones diarias del tráfico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20. Volúmenes de Tráfico total estimado

Año	Nº	Vehículo (código)												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Normal + generado												
2021	0	1008	666	478	1	1	0	31	19	0	0	0	0	2204
2022	1	1056	697	500	1	1	0	35	22	0	0	0	0	2312
2023	2	1105	730	523	1	1	0	38	24	0	0	0	0	2422
2024	3	1157	764	548	1	1	0	42	26	0	0	0	0	2539
2025	4	1212	800	574	1	1	0	47	29	0	0	0	0	2664
2026	5	1268	838	601	1	1	0	52	31	0	0	0	0	2792
2027	6	1328	877	629	1	1	0	56	35	0	0	0	0	2927
2028	7	1391	918	659	1	1	0	62	38	0	0	0	0	3070
2029	8	1456	961	690	1	1	0	70	42	0	0	0	0	3221
2030	9	1524	1007	722	2	2	0	77	47	0	0	0	0	3381
2031	10	1596	1055	756	2	2	0	84	52	0	0	0	0	3547
2032	11	1672	1104	792	2	2	0	94	58	0	0	0	0	3724
2033	12	1750	1156	829	2	2	0	103	64	0	0	0	0	3906
2034	13	1832	1210	868	2	2	0	114	70	0	0	0	0	4098
2035	14	1918	1267	908	2	2	0	126	77	0	0	0	0	4300
2036	15	2009	1326	952	2	2	0	139	85	0	0	0	0	4515

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO IV (estudio de tráfico).

3.6.4. Resultado de cálculo de espesor de la capa base

Tabla 3.21. Valor de SN por el método AASHTO 97 en distintas unidades

SN	1,894	plg
SN	48,11	mm
SN	4,81	cm

Fuente elaboración propia

La siguiente tabla trabaja con el SN en cm y se compara con el obtenido para determinar que capas espesores cumplen con la condición:

$$SN \text{ calculado} \geq SN \text{ requerido}$$

Tabla 3.22. SN calculados

N°	TSD		Base Nueva		Sub Base		SN total (cm)	Comprobación
	Espesor (cm)	SN (cm)	Espesor (cm)	SN (cm)	Espesor (cm)	SN (cm)		
1	2,5	0	10	1,30	30	3,51	4,81	no cumple
2	2,5	0	11	1,43	29	3,39	4,82	cumple
3	2,5	0	12	1,56	28	3,27	4,83	cumple
4	2,5	0	13	1,69	27	3,16	4,85	cumple
5	2,5	0	14	1,82	26	3,04	4,86	cumple
6	2,5	0	15	1,95	25	2,92	4,87	cumple
7	2,5	0	16	2,08	24	2,81	4,89	cumple
8	2,5	0	17	2,21	23	2,69	4,90	cumple
9	2,5	0	18	2,34	22	2,57	4,91	cumple
10	2,5	0	19	2,47	21	2,45	4,93	cumple
11	2,5	0	20	2,60	20	2,34	4,94	cumple

Fuente: Elaboración propia

El espesor adoptado en función a las especificaciones técnicas del PROYECTO DE ASFALTADO DE LAS CALLES DE SAN LORENZO PAQUETE 1 y condiciones propias del estudio para la capa base es de 15cm.

Tabla 3.23. Valores adoptado de espesores para las distintas capas

Capa	(cm)
Tratamiento superficial doble	2,50
Capa base	15,00
Capa sub base	25,00

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO V (diseño de pavimento flexible).

3.6.5. Diseño de la mezcla

Si bien debido a circunstancia propia del estudio los espesores están definidos, para la ejecución de los ensayos es necesario conocer el aporte en peso de estas capas, para ello se procede a realizar esta dosificación en función al peso de las capas.

Para estimar la cantidad de aporte de la Capa Base Vieja y el Tratamiento Superficial Doble se tomara los conceptos de la Estabilidad de Suelo-Suelo el método analítico.

$$P = A * a + B * b + C * c \dots \dots$$

Donde:

P= Porcentaje de material que pasa por tamiz dado

A, B, C,...= Porcentaje de material que pasa un tamiz dado para los agregados correspondientes.

a, b, c,...= Proporcione de agregados A, B, C,... usados en la combinación y donde el total es 1.

Para el estudio se realiza las siguientes modificaciones:

$$P = A * a + B * b$$

P representa el peso total de ambos materiales.

A*a y B*b, son los pesos de Capa Base Vieja (CBV) y Tratamiento Superficial Doble (TSD) respectivamente.

Para de determinar el peso total:

$$\text{Peso de CBV } (A * a) + \text{Peso de TSD } (B * b) = P$$

a y b: son las proporciones de material de Capa Base Vieja y Tratamiento Superficial Doble respectivamente. Se determinan de la siguiente manera:

$$a = \frac{\text{Peso de CBV}}{P} \quad ; \quad b = \frac{\text{Peso de TSD}}{P}$$

Se comprueba con la siguiente manera:

$$a + b = 1$$

Obtención de pesos

Capa Base Vieja

Para determinar el peso de material de capa base que entra en una determinada superficie con un espesor de 0,10m se usa los siguientes criterios:

- La densidad promedio de los pozos del tramo.
- La superficie que se adopta es de 1m por 1m, debido a que se conoce cuanto de material de Tratamiento Superficial Doble entra en un metro cuadrado

Parámetros Adoptados		Datos del proyecto	
Largo(m)	1	Espesor (m)	0,1
Ancho(m)	1	Densidad (kg/m ³)	2189

$$\text{Volumen} = 1 * 1 * 0,1 = 0,1\text{m}^3$$

$$\text{Peso de CBV} = \text{Densidad} * \text{volumen} = 2189 * 0,1 = 218,90 \text{ kg}$$

Tratamiento superficial doble

Parámetros de proyecto		Datos de estudio	
Peso de agregado de TSD (PA) (kg/m ² ; e: 0,025m)	21,31	Nº De capas de TSD (Nº)	2
		% de asfalto (%A)	7,20

$$\text{Peso TSD} = \text{N}^\circ(\text{PA} + \text{PA} * \frac{\%A}{100\%})$$

$$\text{Peos de TSD} = 2 * (21,31 + 21,31 * \frac{7,2\%}{100\%}) = 45,69 \text{ kg}$$

Proporción de los materiales

$$P = 218,90 + 45,69 = 264,59 \text{ kg}$$

$$a = \frac{\text{Peso de CBV}}{P} = \frac{218,90}{264,59} = 0,83$$

$$\% \text{ de CBV} = \frac{0,83}{100} = 83\%$$

$$b = \frac{\text{Peso de TSD}}{P} = \frac{45,69}{264,59} = 0,17$$

$$\% \text{ de TSD} = \frac{0,17}{100} = 17\%$$

$$0,83 + 0,17 = 1 \text{ ok}$$

Tabla 3.24. Resultados del diseño de la mezcla para la Capa Base Nueva

Peso total	265 kg
Espeso de Capa Base Vieja	0,10 m
Espesor de 2 capas de TSD	0,05 m
% De Capa Base	83
% De Tratamiento Superficial Doble (2 capas)	17
Proporción de C. B.	0,83
Proporción de TSD	0,17

Fuente: Elaboración propia

3.6.6. Resultado de la capa base nueva

3.6.6.1. Granulometría

Tabla 3.25. Granulometría de Capa Base Nueva

N° De ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
31	0+050	0,15	100	100	98,79	88,94	62,88	43,91	25,62	14,67	9,08
32	0+150	0,15	100	100	98,32	89,18	62,60	44,07	26,02	14,51	9,08
33	0+250	0,15	100	100	96,81	88,70	62,99	41,96	25,57	14,99	9,70
34	0+350	0,15	100	100	98,76	88,90	66,37	48,99	30,03	16,96	10,60
35	0+450	0,15	100	100	97,97	89,78	66,41	49,35	29,92	17,11	10,85
36	0+550	0,15	100	100	97,81	89,67	67,13	49,75	30,66	17,53	10,90
37	0+650	0,15	100	100	97,73	89,59	68,08	52,23	31,72	18,17	11,60
38	0+750	0,15	100	100	97,31	89,51	65,81	48,16	30,22	17,29	10,78
39	0+850	0,15	100	100	97,24	89,80	67,16	49,17	31,43	18,01	11,35
40	0+950	0,15	100	100	98,29	89,51	64,84	47,25	28,27	16,18	10,03
41	1+050	0,15	100	100	97,89	88,66	63,33	44,92	27,89	15,74	9,73
42	1+150	0,15	100	100	97,53	89,95	68,09	52,25	32,20	18,65	11,69
43	1+250	0,15	100	100	97,53	89,59	68,01	50,33	31,97	18,20	11,35
44	1+350	0,15	100	100	97,86	88,48	64,94	46,04	27,89	15,96	10,17
45	1+450	0,15	100	100	97,81	89,12	65,33	46,84	28,75	16,34	10,31

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.2. Compactación

Tabla 3.26. Densidad y Humedad óptima de Capa Base Nueva

N° De ensayo	Pozo	Prof.	Proctor	
		m	D.max. (kg/m ³)	H.op. (%)
31	0+050	0,15	2220	5,67
32	0+150	0,15	2214	6,20
33	0+250	0,15	2210	6,68
34	0+350	0,15	2212	5,98
35	0+450	0,15	2217	6,26
36	0+550	0,15	2216	5,80
37	0+650	0,15	2217	5,60
38	0+750	0,15	2214	6,22
39	0+850	0,15	2215	6,32
40	0+950	0,15	2207	6,46
41	1+050	0,15	2210	6,44
42	1+150	0,15	2206	6,52
43	1+250	0,15	2226	5,83
44	1+350	0,15	2208	6,42
45	1+450	0,15	2224	6,17

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.3. CBR

Tabla 3.27. CBR de Capa Base Nueva

N° De ensayo	Pozo	Prof.	CBR			Exp.
		m	100%	98%	97%	%
31	0+050	0,15	86,76	72,67	65,63	0,18
32	0+150	0,15	84,77	67,99	59,59	0,22
33	0+250	0,15	88,72	71,17	62,39	0,22
34	0+350	0,15	89,99	74,22	66,34	0,23
35	0+450	0,15	82,20	66,86	59,19	0,20
36	0+550	0,15	83,70	68,43	60,79	0,23
37	0+650	0,15	83,22	66,04	57,45	0,22
38	0+750	0,15	86,19	68,69	59,94	0,22
39	0+850	0,15	83,11	67,89	60,27	0,19
40	0+950	0,15	81,76	66,40	58,71	0,21
41	1+050	0,15	88,42	68,06	57,87	0,20
42	1+150	0,15	84,86	67,62	59,00	0,20
43	1+250	0,15	83,00	67,06	59,09	0,22
44	1+350	0,15	83,40	68,24	60,66	0,22
45	1+450	0,15	82,24	66,74	58,99	0,19

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO II (Para todas las planillas de ensayo)

3.6.7. Resultados de presupuesto

Para el presente proyecto se analizara dos opciones para rehabilitar una carretera:

- Opción uno de rehabilitación: Retiro de una de la capa de rodadura y capa base, y conformar ambas con material nueva, la capa de rodadura será de tratamiento superficial doble.
- Opción dos de rehabilitación: Reciclar la capa base con material de la capa de rodadura y agregar la nueva capa de rodadura de tratamiento superficial doble.

Tabla 3.28. Presupuesto general opción uno

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P-U (numeral)	Precio unitario (literal)	Precio total (numeral)
M-01	Obras preliminares					24.168,64
1	Instalación de faenas	Glb	1,00	6.089,52	Seis mil ochenta y nueve 52/100 bolivianos	6.089,52
2	Movilización y desmovilización de equipo	M ³ -km	1,00	6.821,35	Seis mil ochocientos veintiuno 35/100 bolivianos	6.821,35
3	Replanteo y trazado topográfico	M ³	2,96	2.638,97	Dos mil seiscientos treinta y ocho 97/100 bolivianos	7.799,49
4	Prov. Y coloc. Letrero de obra	M ³ -km	1,00	3.458,29	Tres mil cuatrocientos cincuenta y ocho 29/100 bolivianos	3.458,29
M-02	Mov. De tierras - Capa base - Tratamiento Sup. Doble					1.479.430,41
5	Excavación con maquinaria	M ³	2.512,67	27,15	Veintisiete 15/100 bolivianos	68.211,46
6	Sobreacarreo	M ³ /km	4.286,61	3,72	Tres 72/100 bolivianos	15.962,31
7	Prov.y confor capa base (c/trans)	M ³	1.884,50	167,31	Ciento sesenta y seis 31/100 bolivianos	315.301,46
8	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M ²	12.563,34	17,17	Diecisiete 17/100 bolivianos	215.769,83
9	Tratamiento superficial doble	M ²	12.563,34	68,79	Sesenta y ocho 79/100 bolivianos	864.185,35
Precio total (numeral)			1.503.599,05			
Precio total (literal)			Un millón quinientos tres mil quinientos noventa y nueve 05/100 bolivianos			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29. Presupuesto general opción dos

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P-U (numeral)	Precio unitario (literal)	Precio total (numeral)
M-01	Obras preliminares					24.168,64
1	Instalación de faenas	Glb	1,00	6.089,52	Seis mil ochenta y nueve 52/100 bolivianos	6.089,52
2	Movilización y desmovilización de equipo	Glb	1,00	6.821,35	Seis mil ochocientos veintiuno 35/100 bolivianos	6.821,35
3	Replanteo y trazado topográfico	Km	2,96	2.638,97	Dos mil seiscientos treinta y ocho 97/100 bolivianos	7.799,49
4	Prov. y coloc. Letrero de obra	Pza	1,00	3.458,29	Tres mil cuatrocientos cincuenta y ocho 29/100 bolivianos	3.458,29
M-02	Mov. De tierras - Capa base reciclada - Trat. Sup. Doble					1.218.923,50
5	Excavación para reciclaje	M ³	1884,50	11,64	Once 64/100 bolivianos	21.928,23
6	Sobreacarreo	M ³ /km	535,83	3,72	Tres 72/100 bolivianos	1.995,29
7	Confor capa base reciclada	M ³	1884,50	61,05	Sesenta y uno 05/100 bolivianos	115.044,80
8	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M ²	12563,34	17,17	Diecisiete 17/100 bolivianos	215.769,83
9	Tratamiento superficial doble	M ²	12563,34	68,79	Sesenta y ocho 79/100 bolivianos	864.185,35
Precio total (numeral)			1.243.092,14			
Precio total (literal)			Un millón doscientos cuarenta y tres mil noventa y dos 14/100 bolivianos			

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO VI (Cómputos métricos y Precios Unitarios)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS, PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Análisis de la granulometría

Tabla 4.1. Indicador de las Capas Base

-----	Capa Base Vieja
-----	Capa Base Nueva

Fuente: Elaboración propia

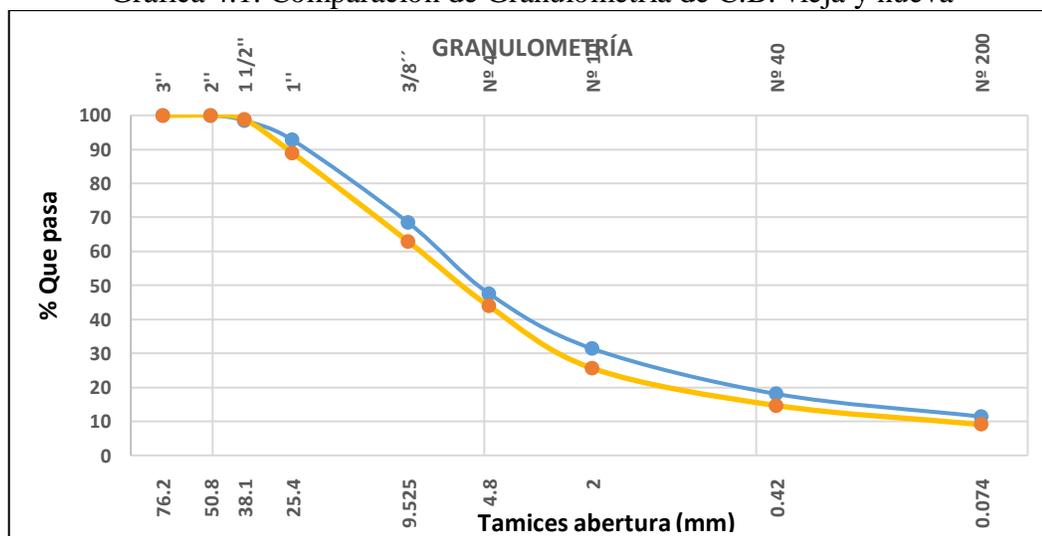
Análisis granulométrico pozo 0+050.

Tabla 4.2. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
1	0+050	0,15	100	100	98,46	92,75	68,46	47,55	31,39	18,07	11,41
31	0+050	0,15	100	100	98,79	88,94	62,88	43,91	25,62	14,67	9,08
Incremento (%)			0	0	0,34	-4,11	-8,14	-7,67	-18,38	-18,80	-20,40

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.1. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



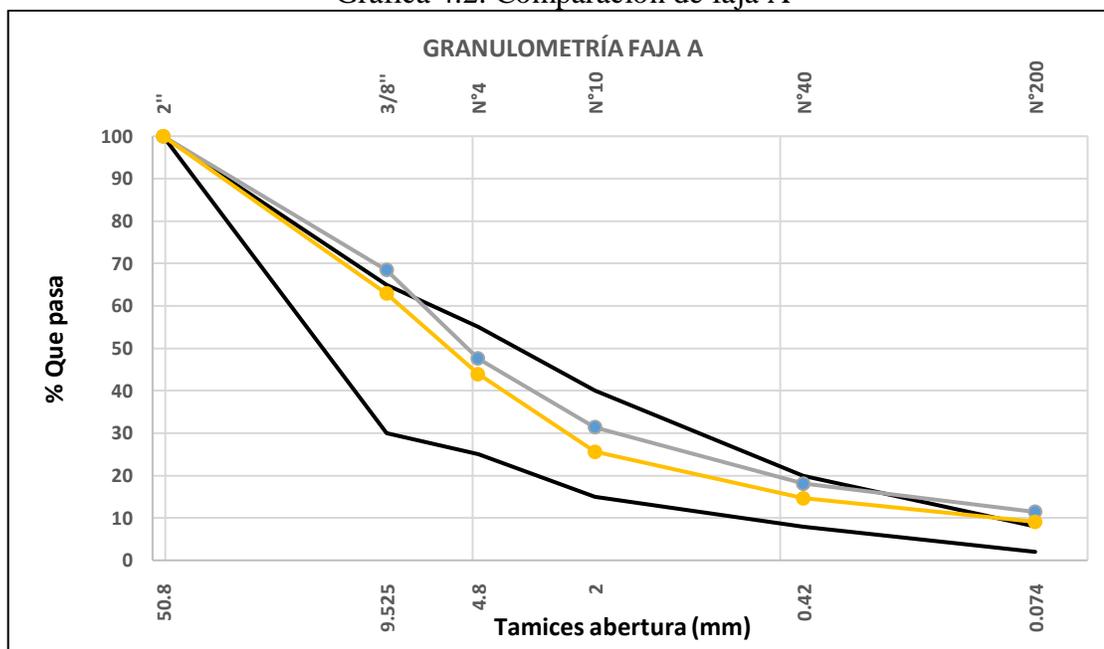
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
1	0+050	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
1	0+050	0,15	100	68,46	47,55	31,39	18,07	11,41
31	0+050	0,15	100	62,88	43,91	25,62	14,67	9,08

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.2. Comparación de faja A



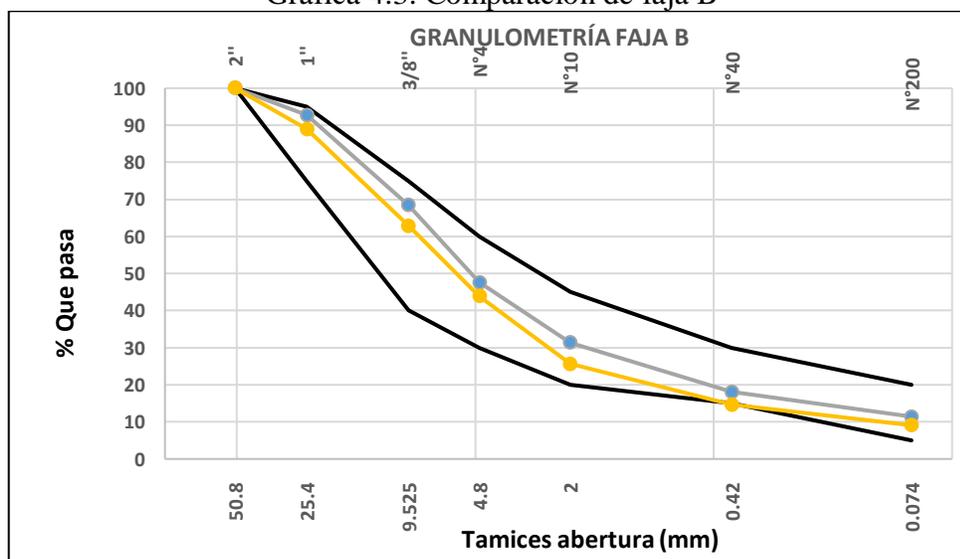
Fuente: Elaboración propi

Tabla 4.4. Comparación faja B

Faja B									
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
1	0+050	0,15	100	92,75	68,46	47,55	31,39	18,07	11,41
31	0+050	0,15	100	88,94	62,88	43,91	25,62	14,67	9,08

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.3. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

Hay un pequeño incremento en la malla 1 1/2", este no es muy significativo. En las mallas siguiente existe una reducción de material pasante, con cada malla este reducción va aumento siendo significativa en las mallas N°10, N°40 Y N°200. La combinación de material hace que para la Faja A casi todas las mallas cumplen, exceptuando la malla N°200, se sobrepasa con 1,08%. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja ya cumplía, con la combinación el pasante N°40 no cumple, para cumplir le faltaría 0,37% de material pasante.

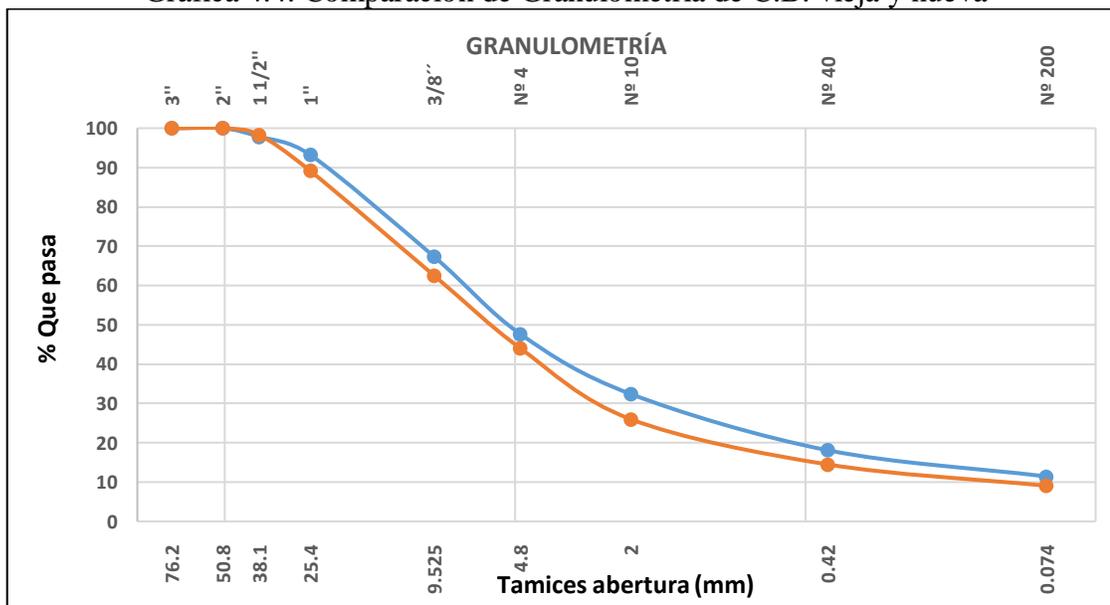
Análisis granulométrico pozo 0+150.

Tabla 4.5. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
2	0+150	0,15	100	100	97,85	93,25	67,40	47,69	32,43	18,12	11,45
32	0+150	0,15	0	100	98,32	89,18	62,60	44,07	26,02	14,51	9,08
Incremento (%)			0	0	0,47	-4,36	-7,12	-7,59	-19,76	-19,95	-20,68

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.4. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



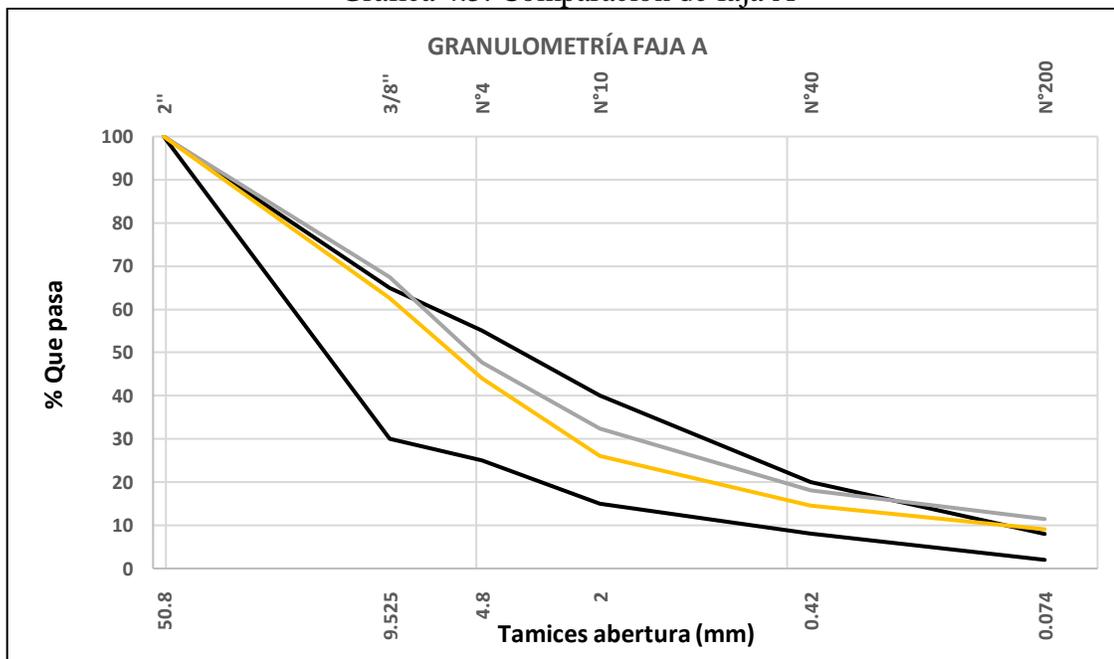
Fuente: Elaboración propi

Tabla 4.6. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
2	0+150	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
32	0+150	0,15	100	67,40	47,69	32,43	18,12	11,45
32	0+150	0,15	100	62,60	44,07	26,02	14,51	9,08

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.5. Comparación de faja A



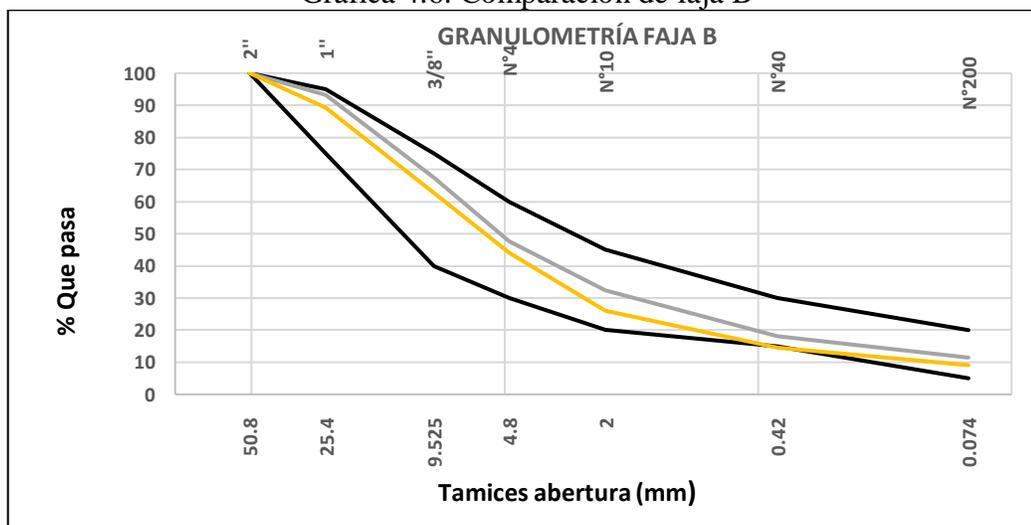
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. Comparación faja B

		Faja B							
N° de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
2	0+150	0,15	100	93,25	67,40	47,69	32,43	18,12	11,45
32	0+150	0,15	100	89,18	62,60	44,07	26,02	14,51	9,08

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.6. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la malla 1 1/2" hay un incremento poco significativo. En las mallas siguiente existe una reducción de material pasante, la más significativa son las de N°10, N°40 Y N°200. En la Faja A la malla N°200, se sobrepasa con 1,08%. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja ya cumplía, con la combinación el pasante N°40 no cumple, para cumplir le faltaría 0,49% de material pasante.

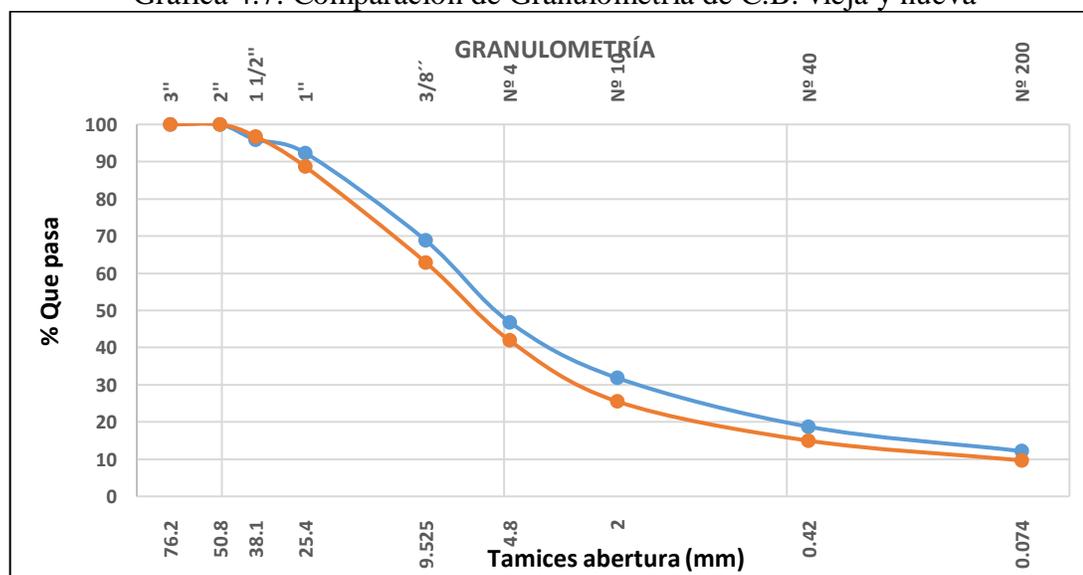
Análisis granulométrico pozo 0+250.

Tabla 4.8. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
3	0+250	0,15	100	100	95,93	92,41	68,91	46,89	31,89	18,76	12,19
33	0+250	0,15	100	100	96,81	88,70	62,99	41,96	25,57	14,99	9,70
Incremento (%)			0	0	0,92	-4,01	-8,59	-10,52	-19,81	-20,07	-20,41

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.7. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



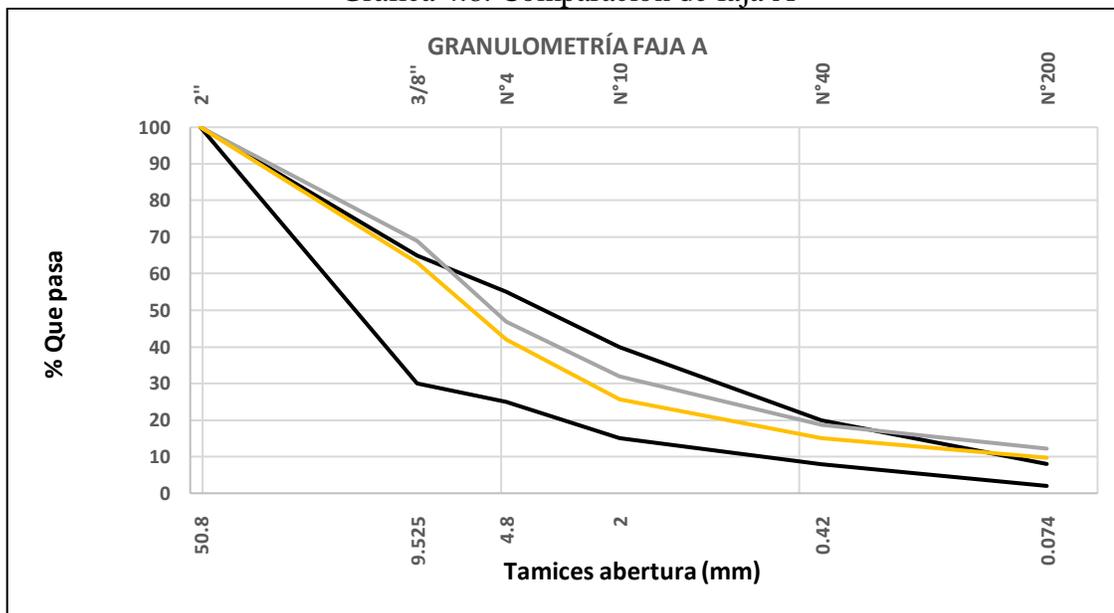
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
3	0+250	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
33	0+250	0,15	100	68,91	46,89	31,89	18,76	12,19
			100	62,99	41,96	25,57	14,99	9,70

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.8. Comparación de faja A



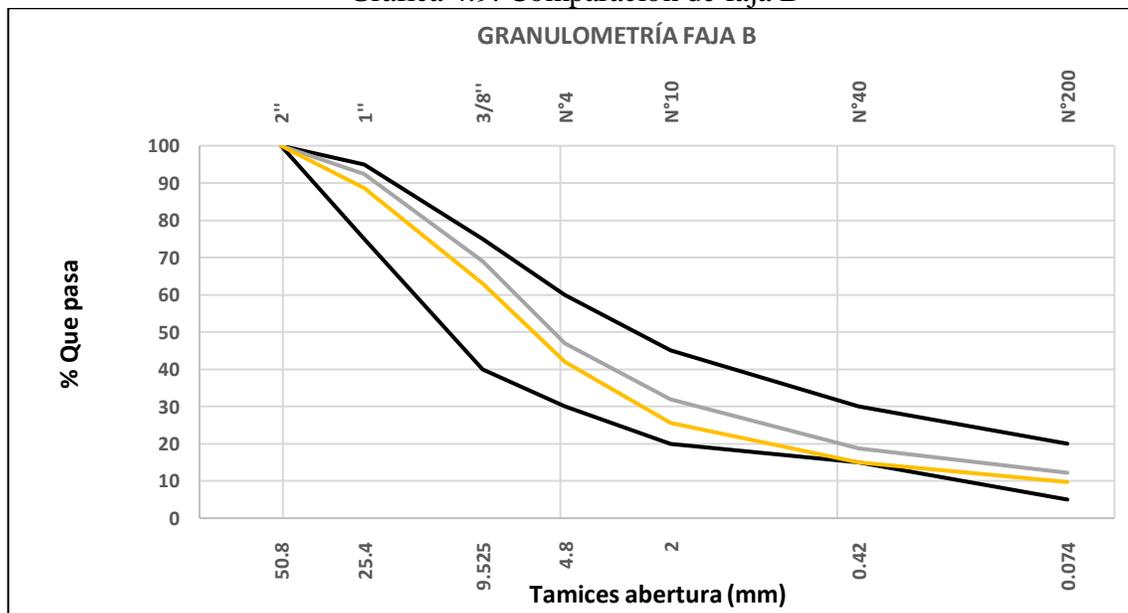
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10. Comparación faja B

Faja B									
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
3	0+250	0,15	100	92,41	68,91	46,89	31,89	18,76	12,19
33	0+250	0,15	100	88,70	62,99	41,96	25,57	14,99	9,70

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.9. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la malla 1 1/2" hay un incremento casi de 1%. En las mallas siguiente existe una reducción de material pasante, en los N°40 Y N°200 esta reducción es un poco más del 20%. En la Faja A la malla N°200, se sobrepasa con 1,70%. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja ya cumplía, con la combinación el pasante N°40 no cumple, pero solo le falta 0,01%, se podría decir que cumple.

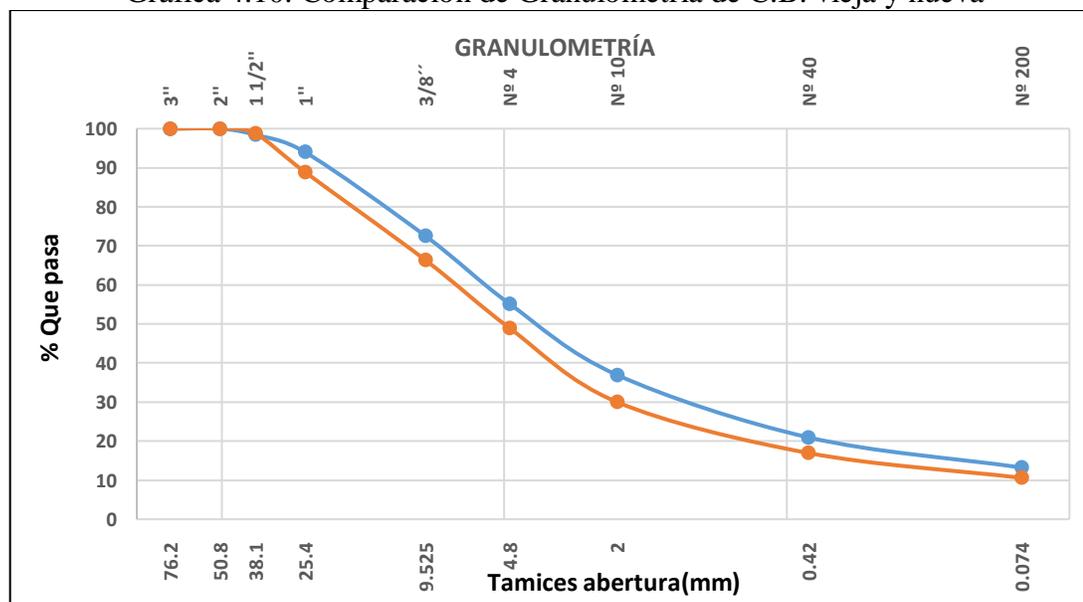
Análisis granulométrico pozo 0+350.

Tabla 4.11. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
4	0+350	0,15	100	100	98,42	94,01	72,56	55,19	36,97	20,97	13,24
34	0+350	0,15	100	100	98,76	88,90	66,37	48,99	30,03	16,96	10,60
Incremento (%)			0	0	0,35	-5,44	-8,53	-11,23	-18,78	-19,11	-19,96

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.10. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



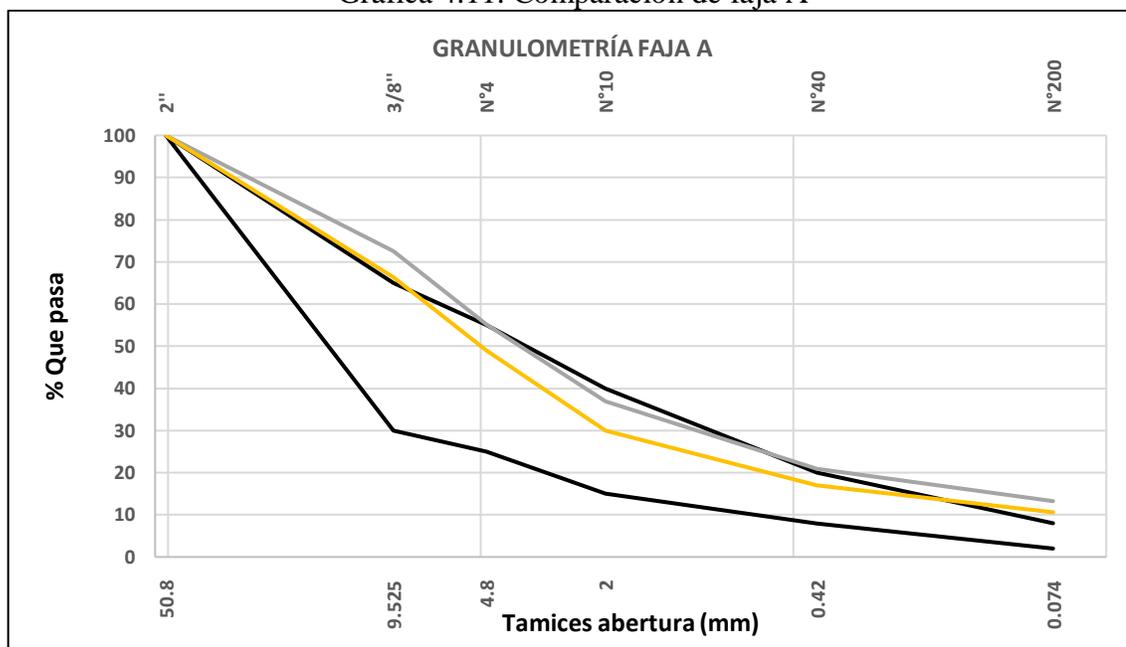
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
4	0+350	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
4	0+350	0,15	100	72,56	55,19	36,97	20,97	13,24
34	0+350	0,15	100	66,37	48,99	30,03	16,96	10,60

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.11. Comparación de faja A



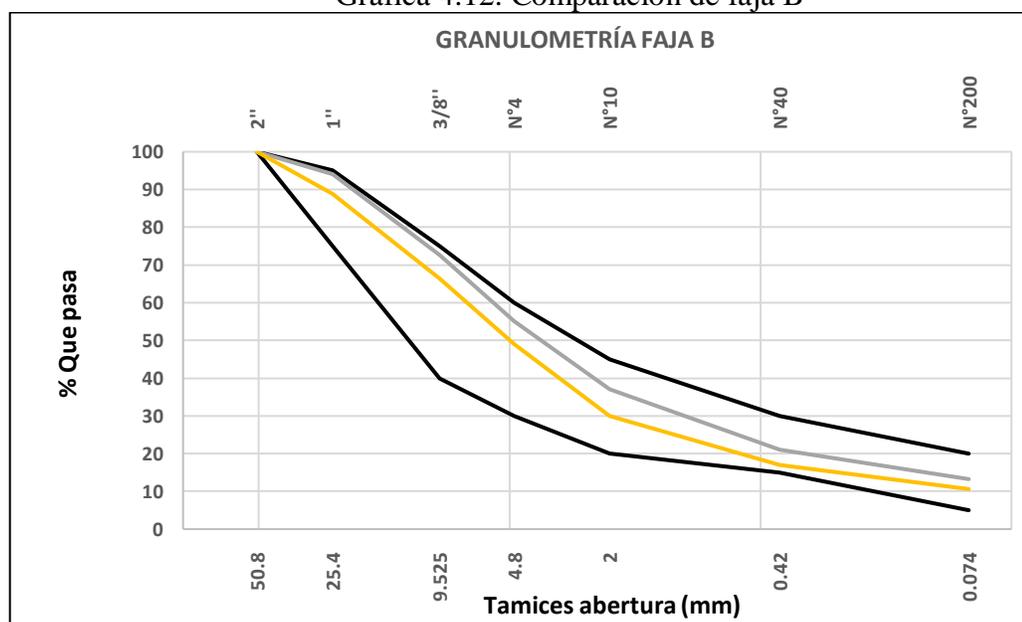
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13. Comparación faja B

		Faja B							
Nº de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
4	0+350	0,15	100	94,01	72,56	55,19	36,97	20,97	13,24
34	0+350	0,15	100	88,90	66,37	48,99	30,03	16,96	10,60

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.12. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

Como muestra la tabla 3.29 en las mallas N°10, N°40 Y N°200 hay una reducción del 19% aproximadamente. En la Faja A el material de la Capa Base vieja no cumple la malla 3/8", N°40 y N°200, con la combinación logra cumplir la malla 3/8" y N°40 mas no las malla N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen.

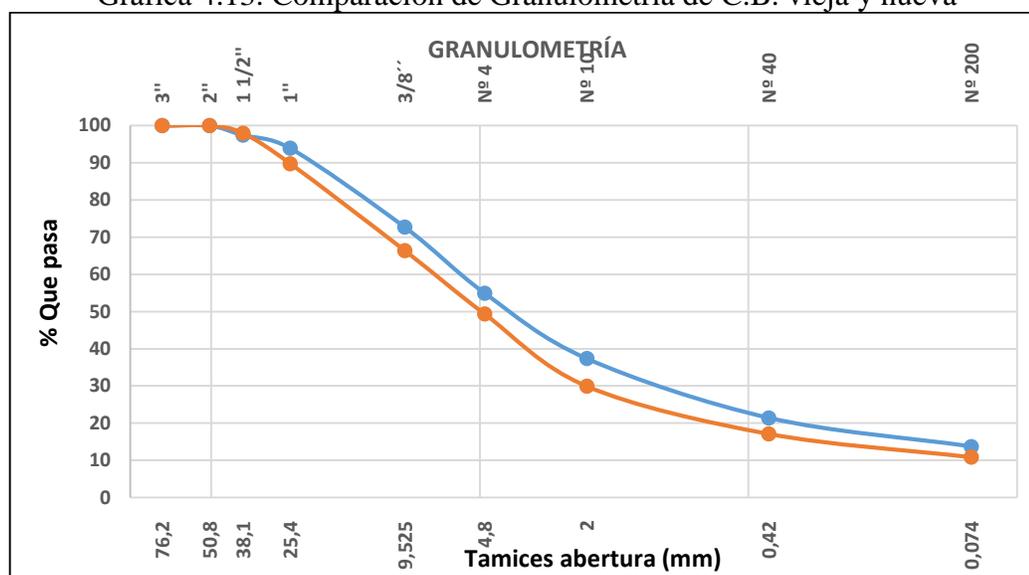
Análisis granulométrico pozo 0+450.

Tabla 4.14. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
5	0+450	0,15	100	100	97,42	93,90	72,70	54,94	37,36	21,43	13,73
35	0+450	0,15	100	100	97,97	89,78	66,41	49,35	29,92	17,11	10,85
Incremento (%)			0	0	0,57	-4,39	-8,65	-10,16	-19,91	-20,12	-20,99

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.13. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



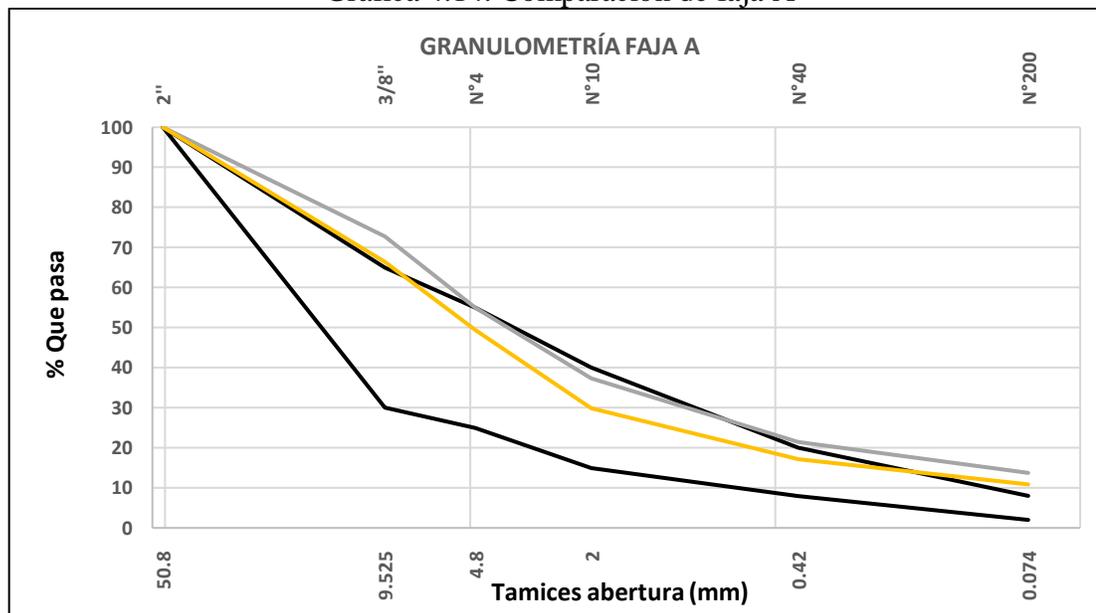
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
5	0+450	0,15	100	72,70	54,94	37,36	21,43	13,73
35	0+450	0,15	100	66,41	49,35	29,92	17,11	10,85

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.14. Comparación de faja A



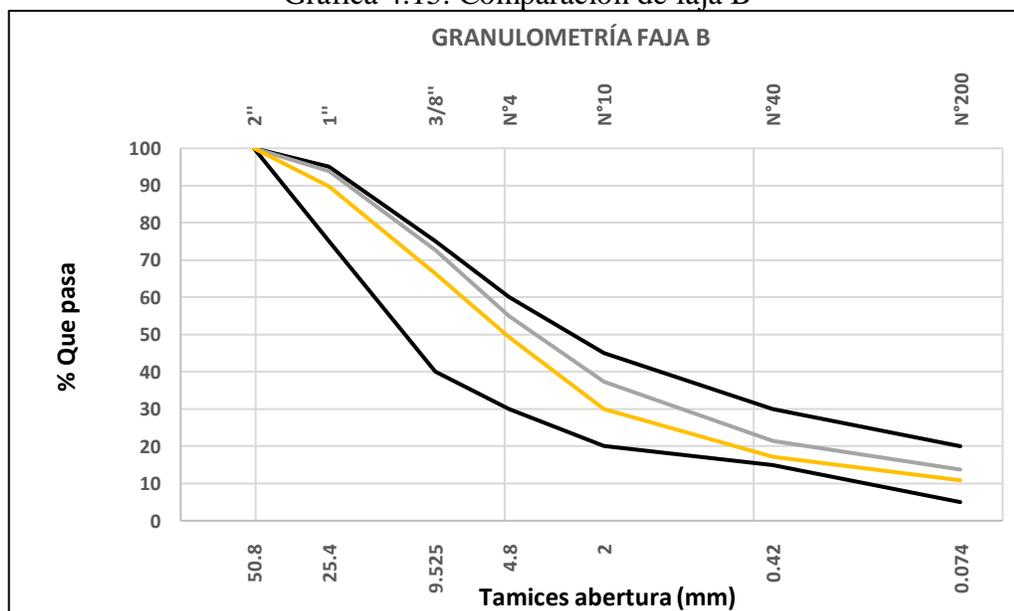
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16. Comparación faja B

		Faja B							
N° de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
5	0+450	0,15	100	93,90	72,70	54,94	37,36	21,43	13,73
35	0+450	0,15	100	89,78	66,41	49,35	29,92	17,11	10,85

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.15. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En las mallas N°10, N°40 Y N°200 hay una reducción del 20% aproximadamente. En la Faja A el material de la Capa Base vieja no cumple la malla 3/8", N°40 y N°200, con la combinación logra cumplir la malla N°40 mas no las malla 3/8" y N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen.

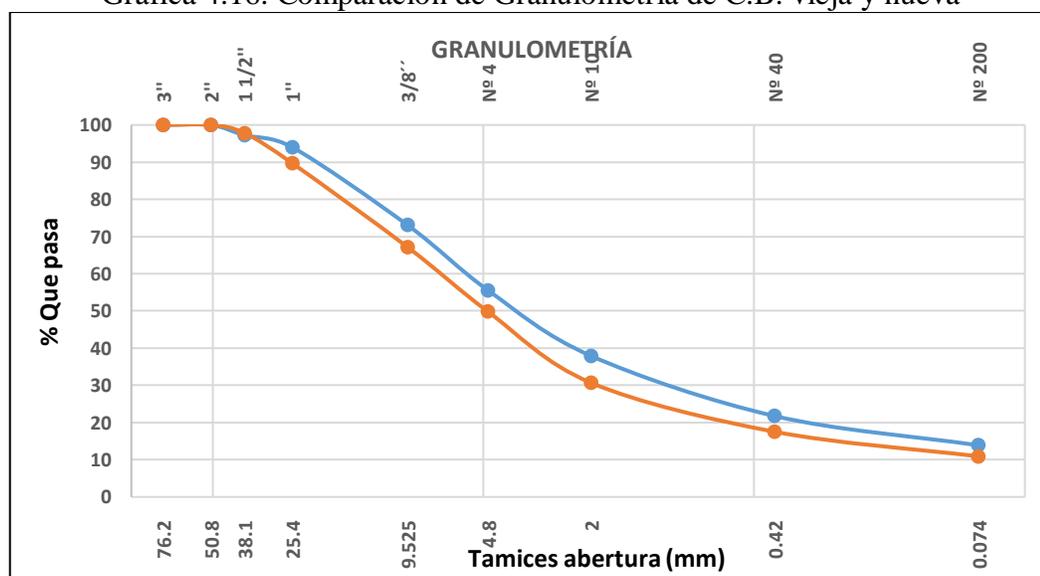
Análisis granulométrico pozo 0+550.

Tabla 4.17. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
6	0+550	0,15	100	100	97,20	93,98	73,04	55,49	37,90	21,75	13,87
36	0+550	0,15	100	100	97,81	89,67	67,13	49,75	30,66	17,53	10,90
Incremento (%)			0	0	0,62	-4,58	-8,10	-10,34	-19,10	-19,42	-21,46

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.16. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



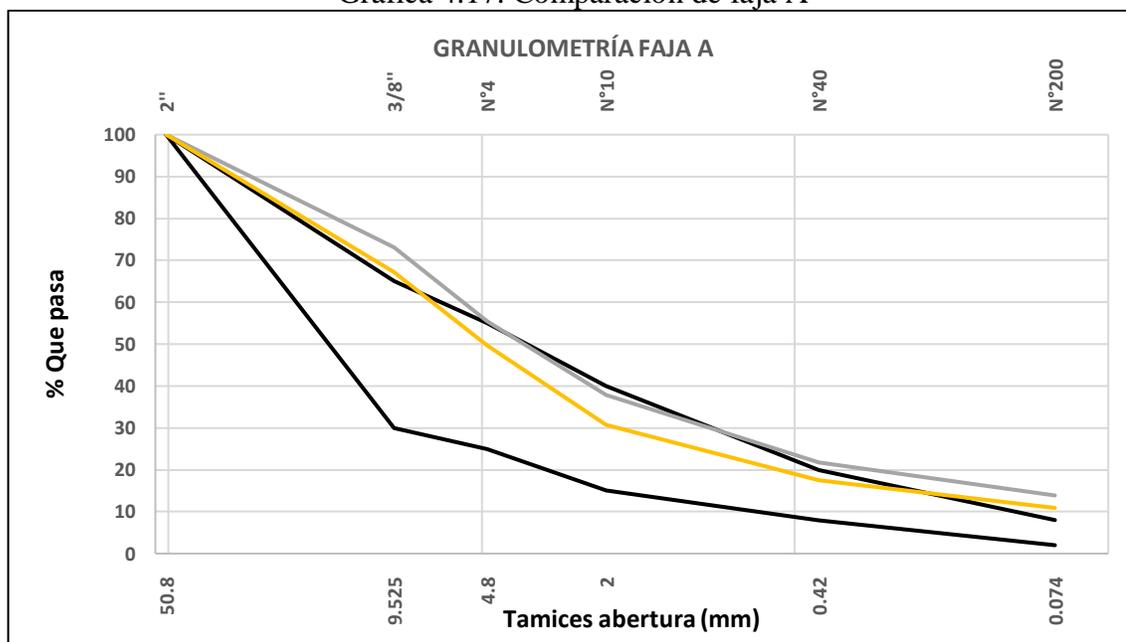
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
6	0+550	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
36	0+550	0,15	100	67,13	49,75	30,66	17,53	10,90

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.17. Comparación de faja A



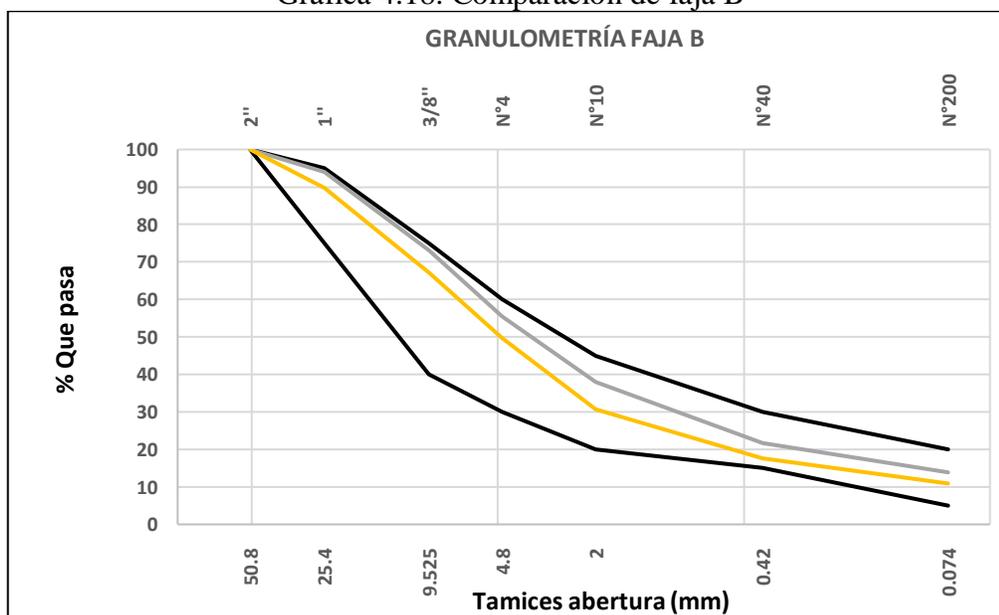
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19. Comparación faja B

		Faja B							
N° de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
6	0+550	0,15	100	93,98	73,04	55,49	37,90	21,75	13,87
36	0+550	0,15	100	89,67	67,13	49,75	30,66	17,53	10,90

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.18. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la malla N°200 hay una reducción del 21,46%, siendo la mayor. En la Faja A el material de la Capa Base vieja no cumple la malla 3/8", N°4, N°40 y N°200, con la combinación logra cumplir la malla N°4 y N°40 mas no las malla 3/8" y N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen.

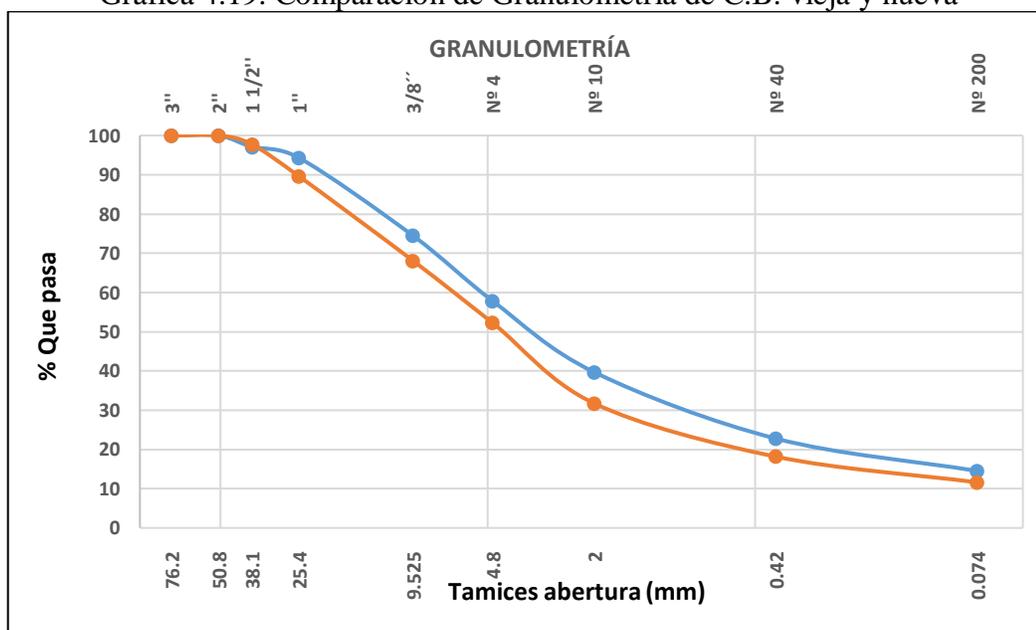
Análisis granulométrico pozo 0+650.

Tabla 4.20. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
7	0+650	0,15	100	100	97,11	94,30	74,47	57,83	39,67	22,79	14,52
37	0+650	0,15	100	100	97,73	89,59	68,08	52,23	31,72	18,17	11,60
Incremento (%)			0	0	0,64	-5,00	-8,58	-9,69	-20,05	-20,25	-20,10

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.19. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



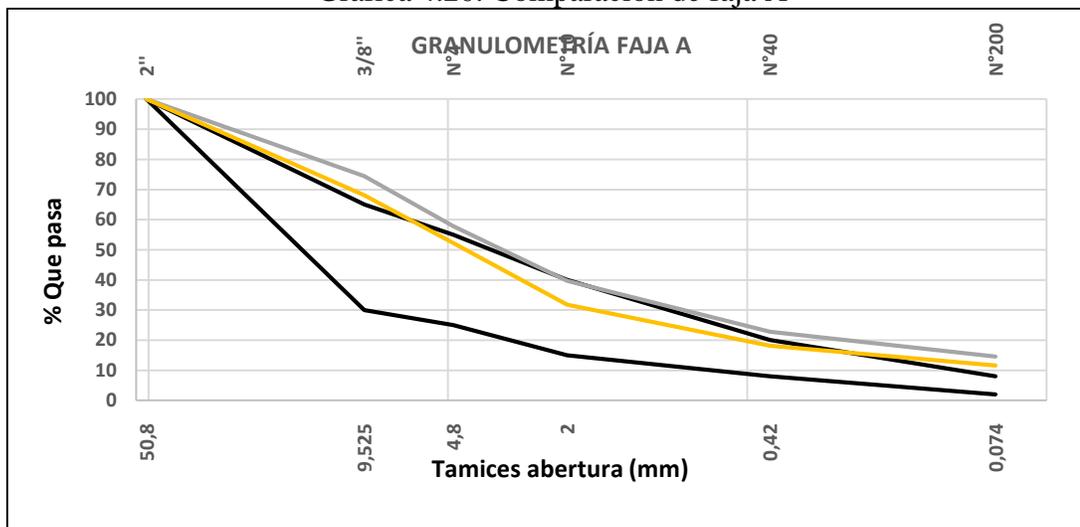
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
7	0+650	0,15	100	74,47	57,83	39,67	22,79	14,52
37	0+650	0,15	100	68,08	52,23	31,72	18,17	11,60

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.20. Comparación de faja A



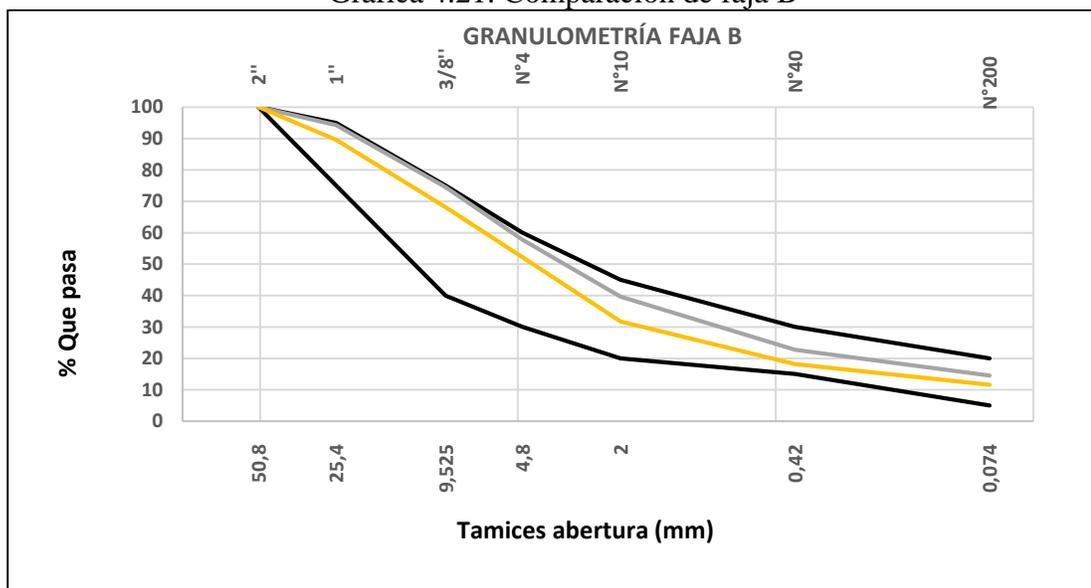
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22. Comparación faja B

Faja B									
Nº de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
7	0+650	0,15	100	94,30	74,47	57,83	39,67	22,79	14,52
37	0+650	0,15	100	89,59	68,08	52,23	31,72	18,17	11,60

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.21. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, las mallas N°10, N°40, N°200 hay una reducción del 20% aproximadamente. En la Faja A el material de la Capa Base vieja no cumple la malla

3/8", N°4, N°40 y N°200, con la combinación logra cumplir las mallas N°4 y N°40 mas no las malla 3/8" y N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen.

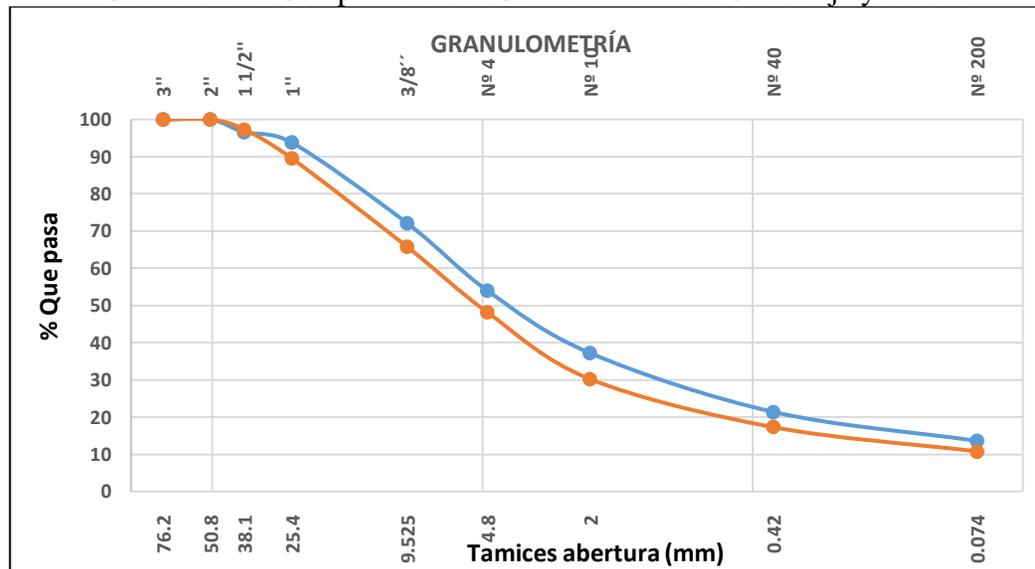
Análisis granulométrico pozo 0+750.

Tabla 4.23. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
8	0+750	0,15	100	100	96,58	93,79	72,16	54,00	37,20	21,38	13,61
38	0+750	0,15	100	100	97,31	89,51	65,81	48,16	30,22	17,29	10,78
Incremento (%)			0	0	0,77	-4,56	-8,80	-10,81	-18,78	-19,15	-20,76

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.22. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



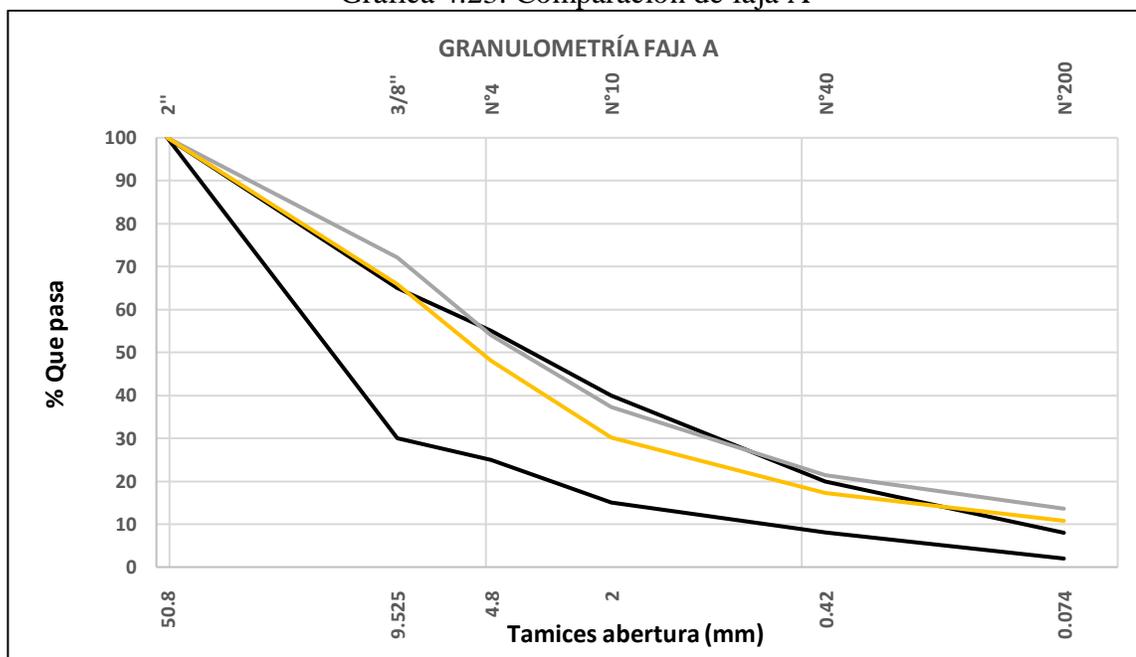
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
8	0+750	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
38	0+750	0,15	100	72,16	54,00	37,20	21,38	13,61
38	0+750	0,15	100	65,81	48,16	30,22	17,29	10,78

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.23. Comparación de faja A



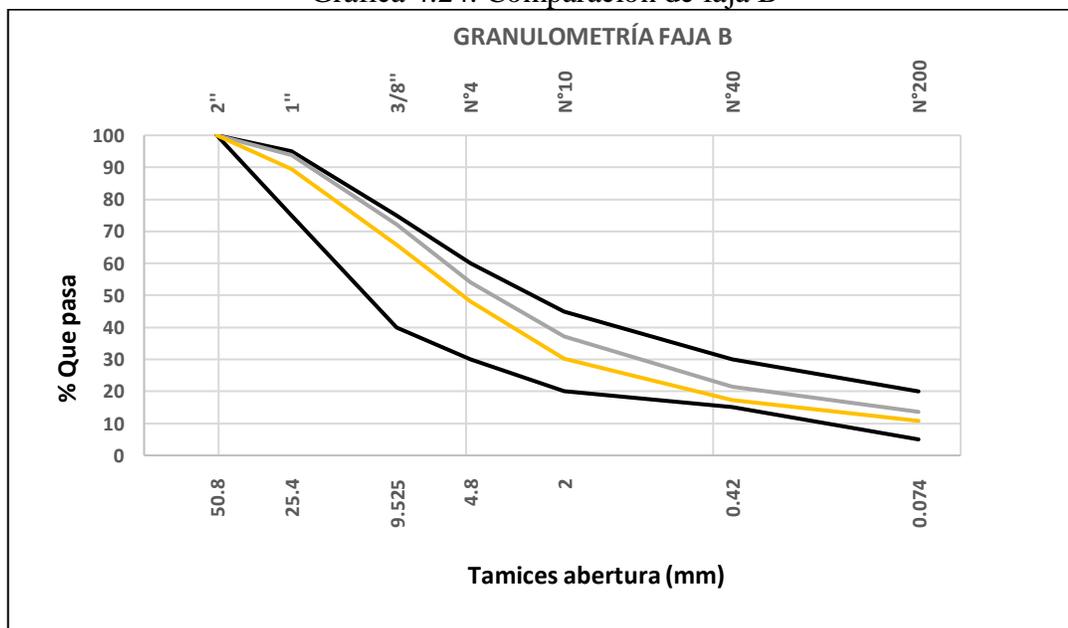
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.25. Comparación faja B

Faja B									
Nº de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
8	0+750	0,15	100	93,79	72,16	54,00	37,20	21,38	13,61
38	0+750	0,15	100	89,51	65,81	48,16	30,22	17,29	10,78

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.24. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 20,76%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituída no se logra cumplir con las mallas 3/8" y N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituída cumplen.

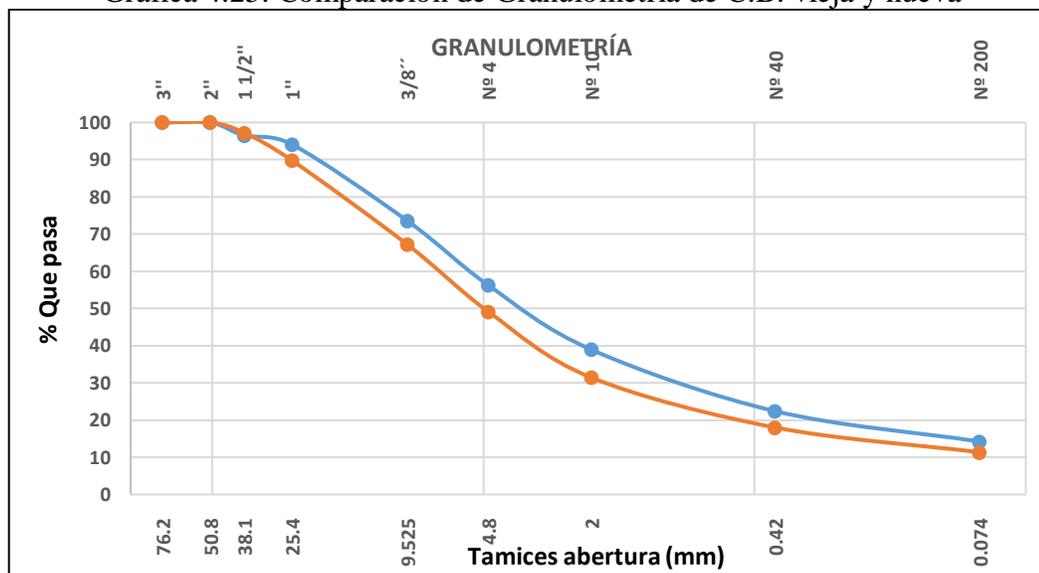
Análisis granulométrico pozo 0+850.

Tabla 4.26. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
9	0+850	0,15	100	100	96,48	94,10	73,54	56,26	38,93	22,39	14,23
39	0+850	0,15	100	100	97,24	89,80	67,16	49,17	31,43	18,01	11,35
Incremento (%)			0	0	0,79	-4,58	-8,68	-12,61	-19,28	-19,58	-20,27

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.25. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



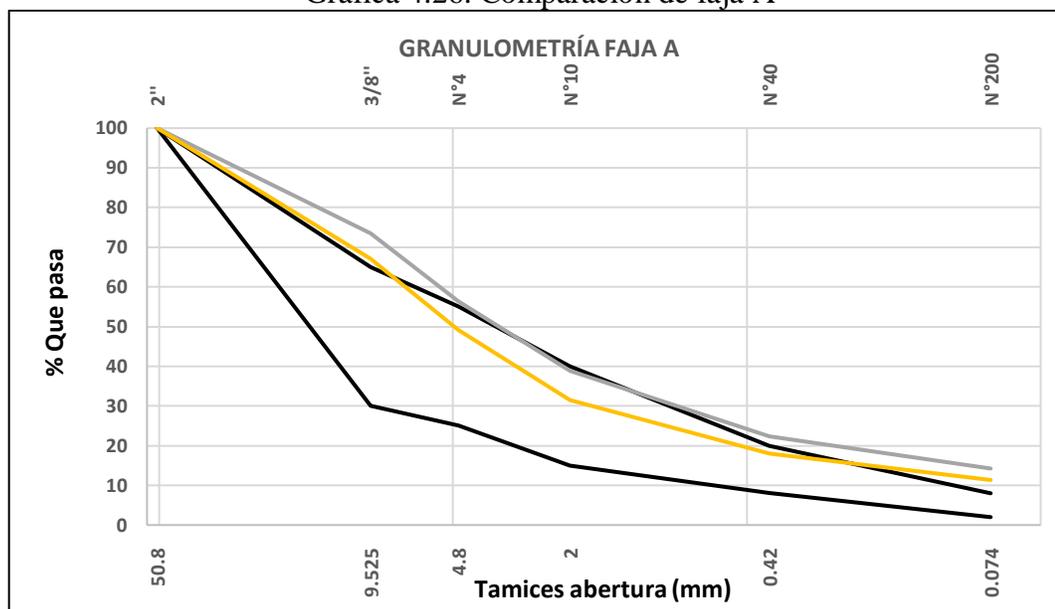
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.27. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
9	0+850	0,15	100	73,54	56,26	38,93	22,39	14,23
39	0+850	0,15	100	67,16	49,17	31,43	18,01	11,35

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.26. Comparación de faja A



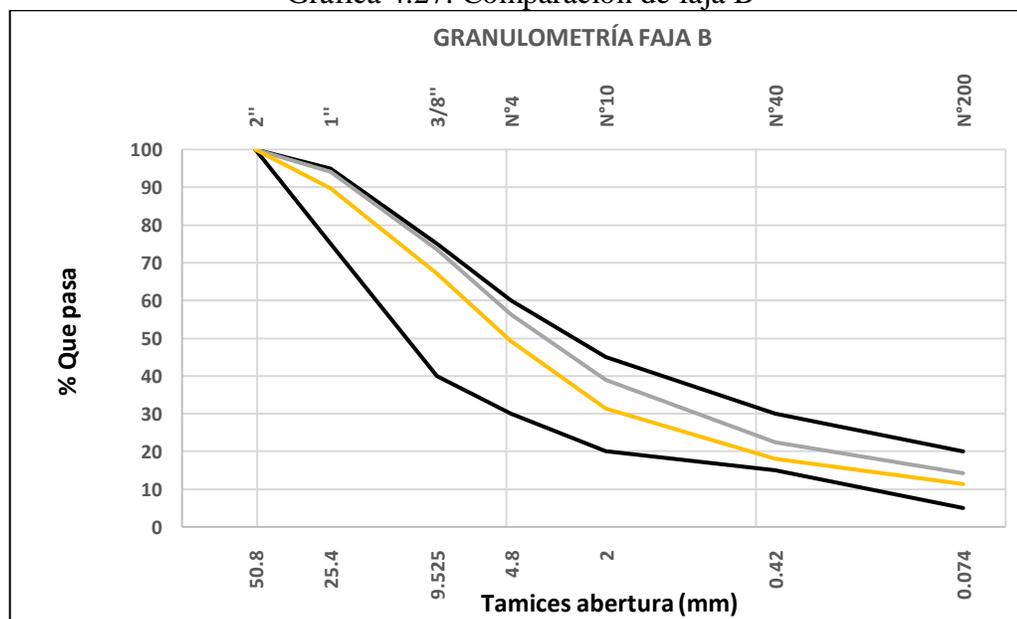
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.28. Comparación faja B

Faja B									
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
9	0+850	0,15	100	94,10	73,54	56,26	38,93	22,39	14,23
39	0+850	0,15	100	89,80	67,16	49,17	31,43	18,01	11,35

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.27. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 20,27%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituida no se logra cumplir con las mallas 3/8" y N°200. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen.

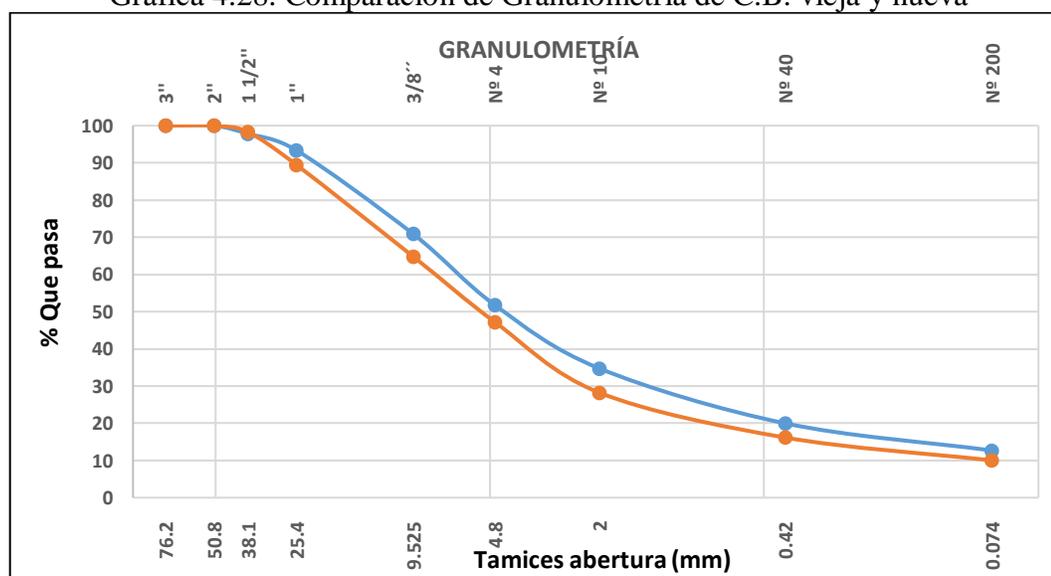
Análisis granulométrico pozo 0+950.

Tabla 4.29. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
10	0+950	0,15	100	100	97,82	93,41	70,91	51,80	34,79	20,00	12,69
40	0+950	0,15	100	100	98,29	89,51	64,84	47,25	28,27	16,18	10,03
Incremento (%)			0	0	0,48	-4,17	-8,56	-8,79	-18,72	-19,09	-20,99

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.28. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



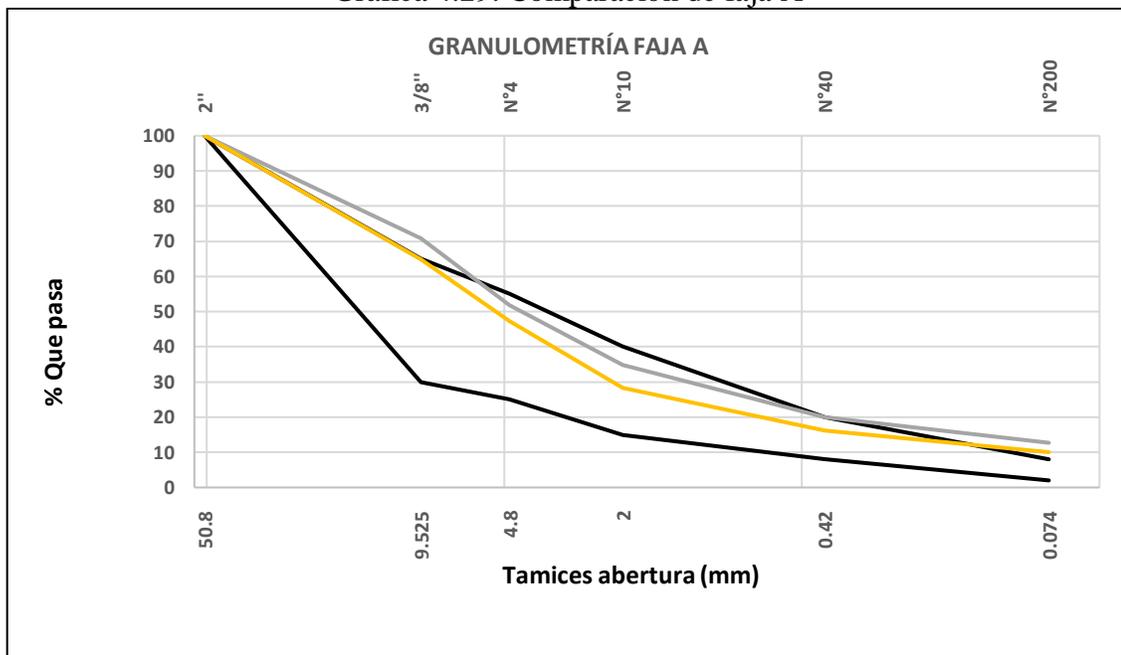
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.30. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
10	0+950	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
40	0+950	0,15	100	70,91	51,80	34,79	20,00	12,69
			100	64,84	47,25	28,27	16,18	10,03

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.29. Comparación de faja A



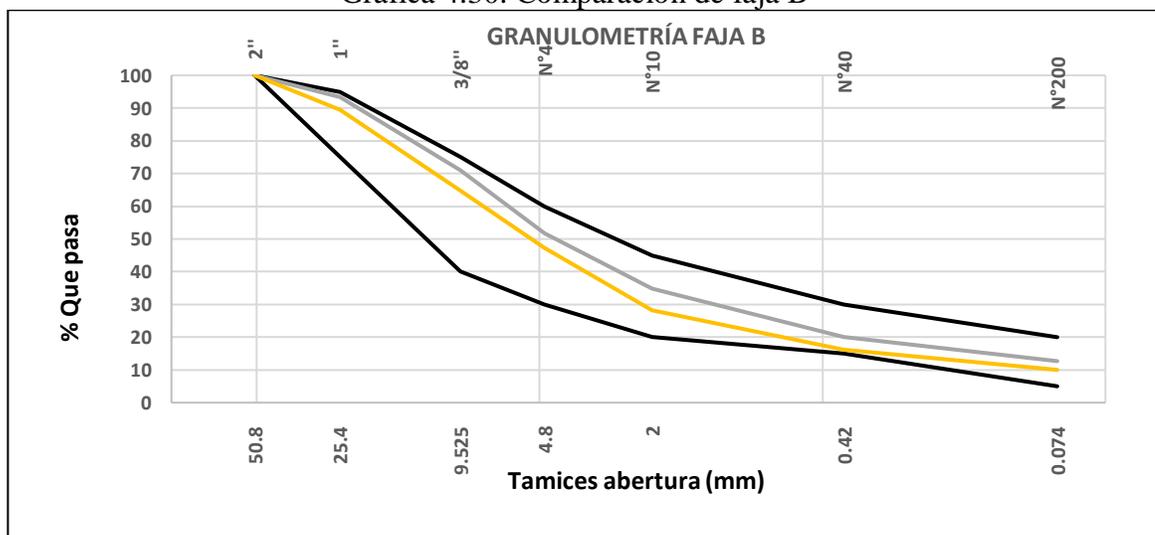
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.31. Comparación faja B

Faja B									
Nº de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
			100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
10	0+950	0,15	100	93,41	70,91	51,80	34,79	20,00	12,69
40	0+950	0,15	100	89,51	64,84	47,25	28,27	16,18	10,03

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.30. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 21%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con la malla 3/8", pero la malla N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen

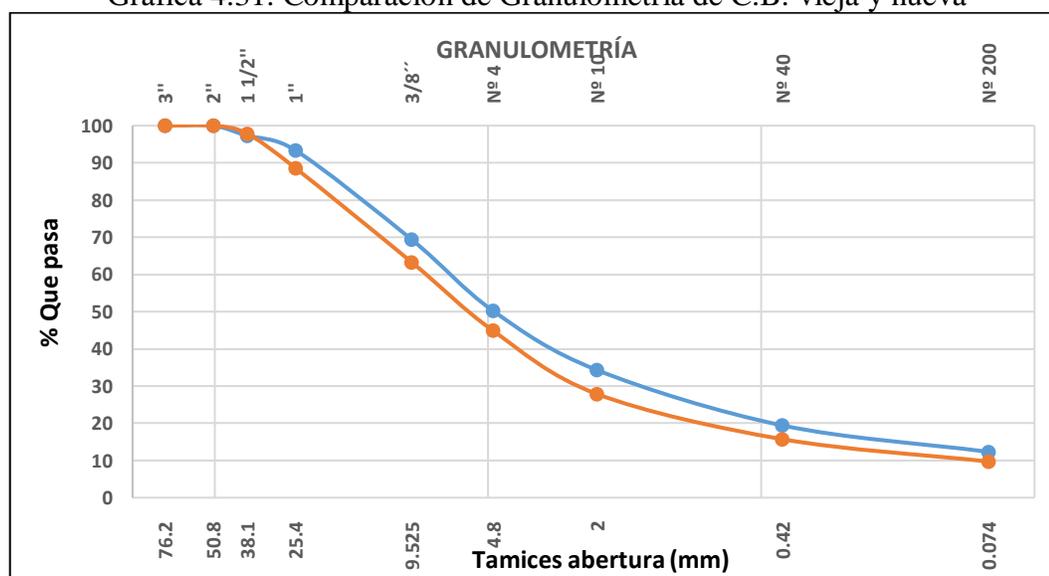
Análisis granulométrico pozo 1+050.

Tabla 4.32. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
11	1+050	0,15	100	100	97,31	93,44	69,42	50,26	34,33	19,45	12,34
41	1+050	0,15	100	100	97,89	88,66	63,33	44,92	27,89	15,74	9,73
Incremento (%)			0	0	0,60	-5,12	-8,77	-10,62	-18,74	-19,08	-21,14

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.31. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



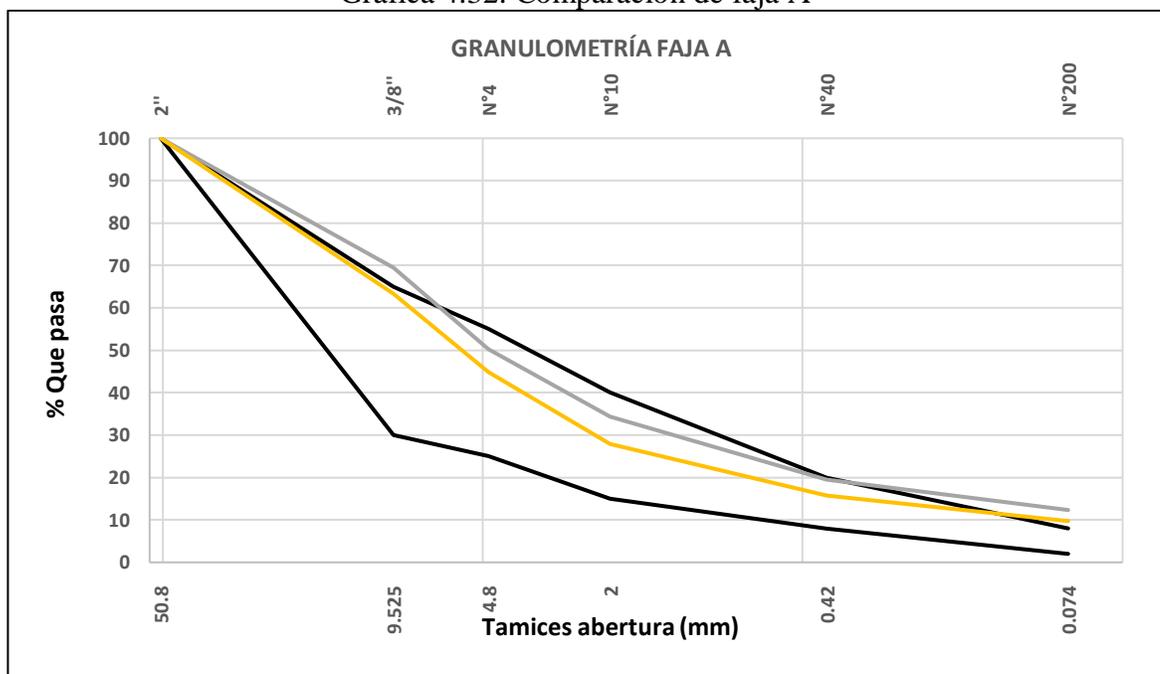
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.33. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
11	1+050	0,15	100	69,42	50,26	34,33	19,45	12,34
41	1+050	0,15	100	63,33	44,92	27,89	15,74	9,73

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.32. Comparación de faja A



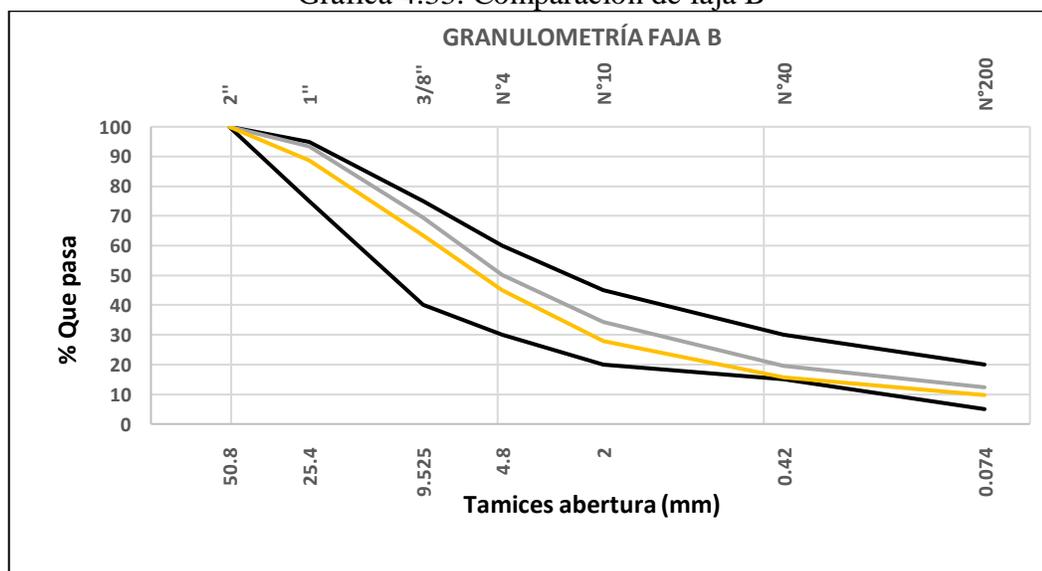
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34. Comparación faja B

Faja B									
N° de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
11	1+050	0,15	100	93,44	69,42	50,26	34,33	19,45	12,34
41	1+050	0,15	100	88,66	63,33	44,92	27,89	15,74	9,73

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.33. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 21,14%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con la malla 3/8", pero la malla N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base nueva restituida cumplen

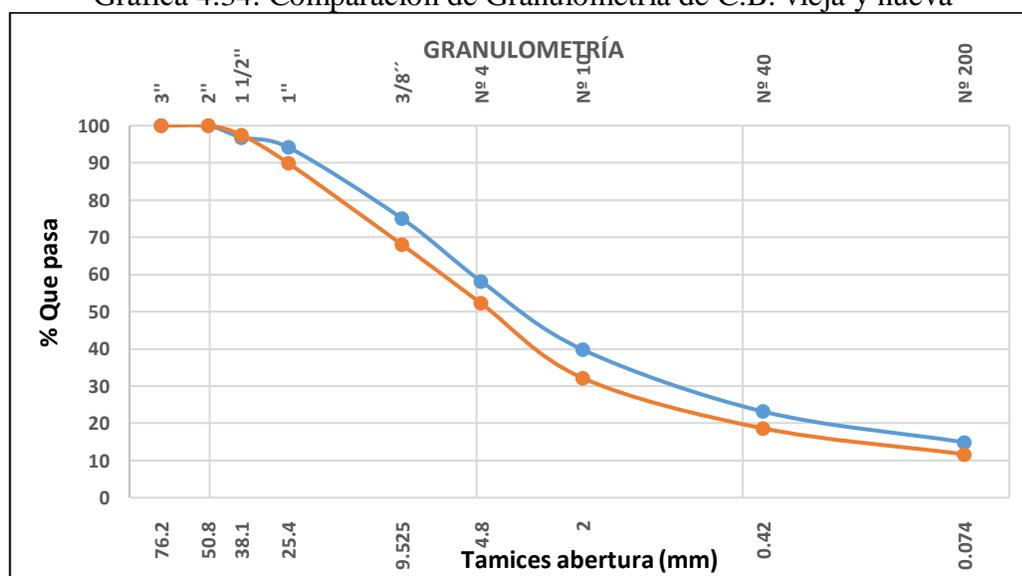
Análisis granulométrico pozo 1+150.

Tabla 4.35. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
12	1+150	0,15	100	100	96,84	94,20	75,12	58,21	39,85	23,17	14,90
42	1+150	0,15	100	100	97,53	89,95	68,09	52,25	32,20	18,65	11,69
Incremento (%)			0	0	0,70	-4,51	-9,36	-10,24	-19,19	-19,52	-21,56

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.34. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



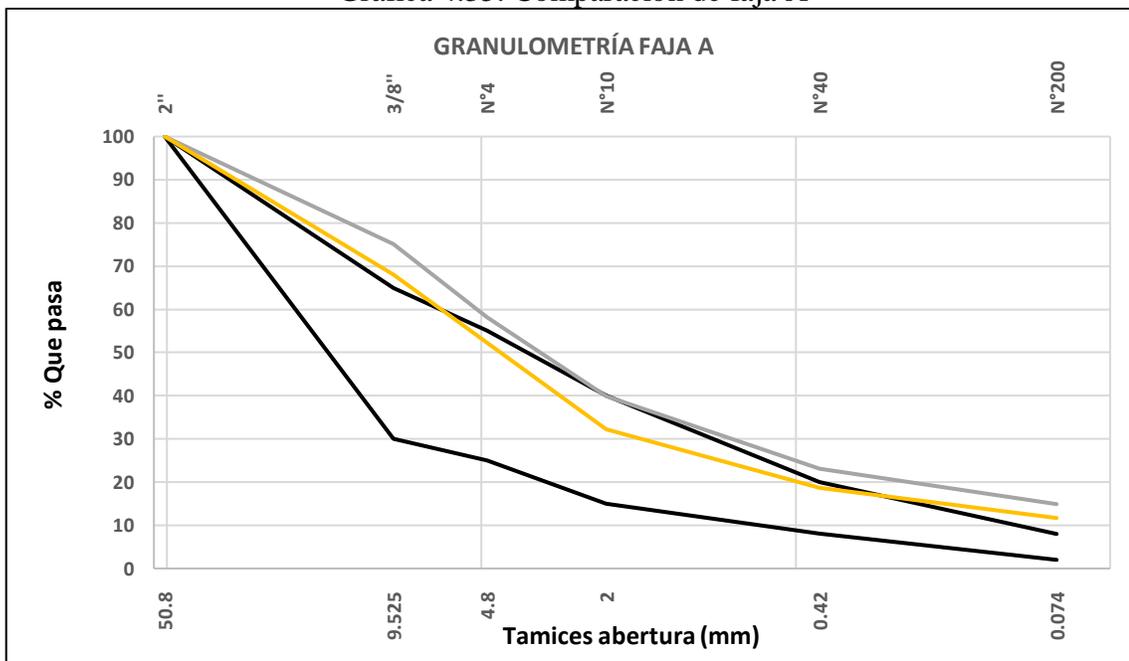
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.36. Comparación de faja A

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Faja A					
			2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
12	1+150	0,15	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
42	1+150	0,15	100	75,12	58,21	39,85	23,17	14,90
				68,09	52,25	32,20	18,65	11,69

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.35. Comparación de faja A



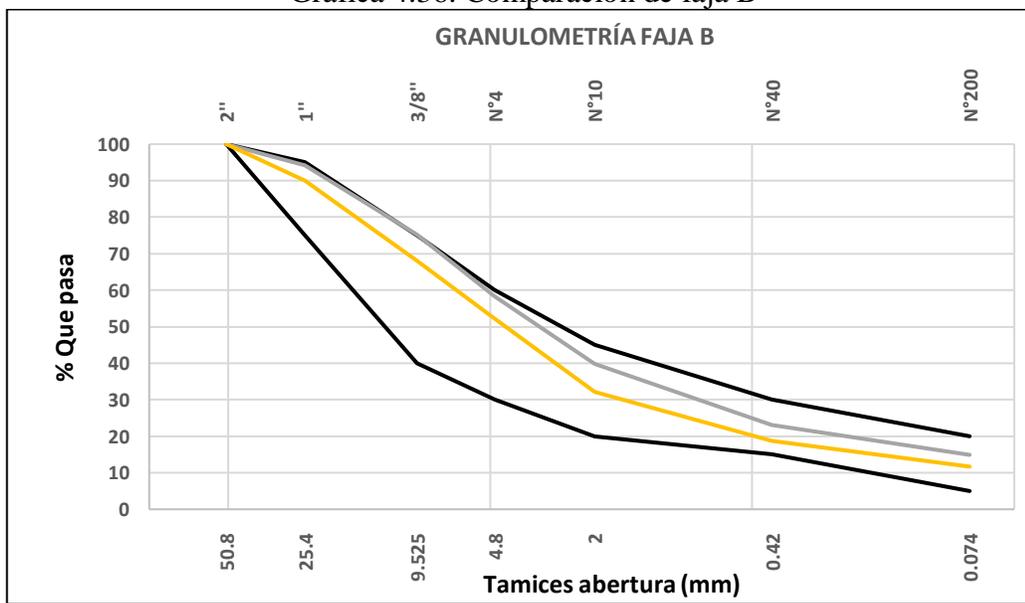
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.37. Comparación faja B

		Faja B							
N° de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
12	1+150	0,15	100	94,20	75,12	58,21	39,85	23,17	14,90
42	1+150	0,15	100	89,95	68,09	52,25	32,20	18,65	11,69

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.36. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 21,56%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con las mallas N°4 y N°40, pero las mallas 3/8" y N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja no cumple con la malla 3/8", en la restitución de la Capa Base se logra cumplir con todas las mallas de esta faja.

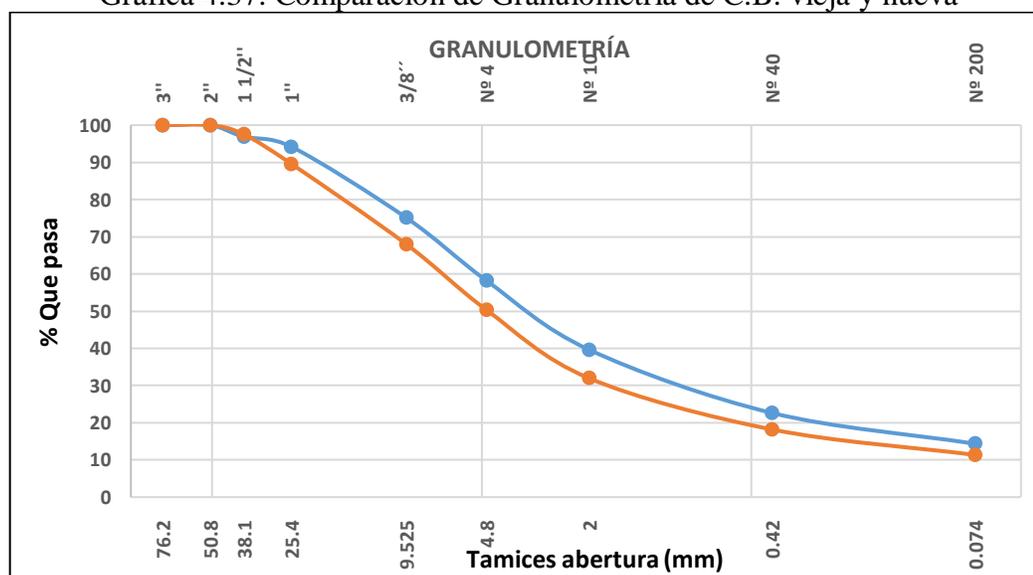
Análisis granulométrico pozo 1+250.

Tabla 4.38. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
13	1+250	0,15	100	100	96,84	94,20	75,12	58,21	39,64	22,64	14,35
43	1+250	0,15	100	100	97,53	89,59	68,01	50,33	31,97	18,20	11,35
Incremento (%)			0	0	0,70	-4,90	-9,46	-13,55	-19,34	-19,62	-20,90

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.37. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



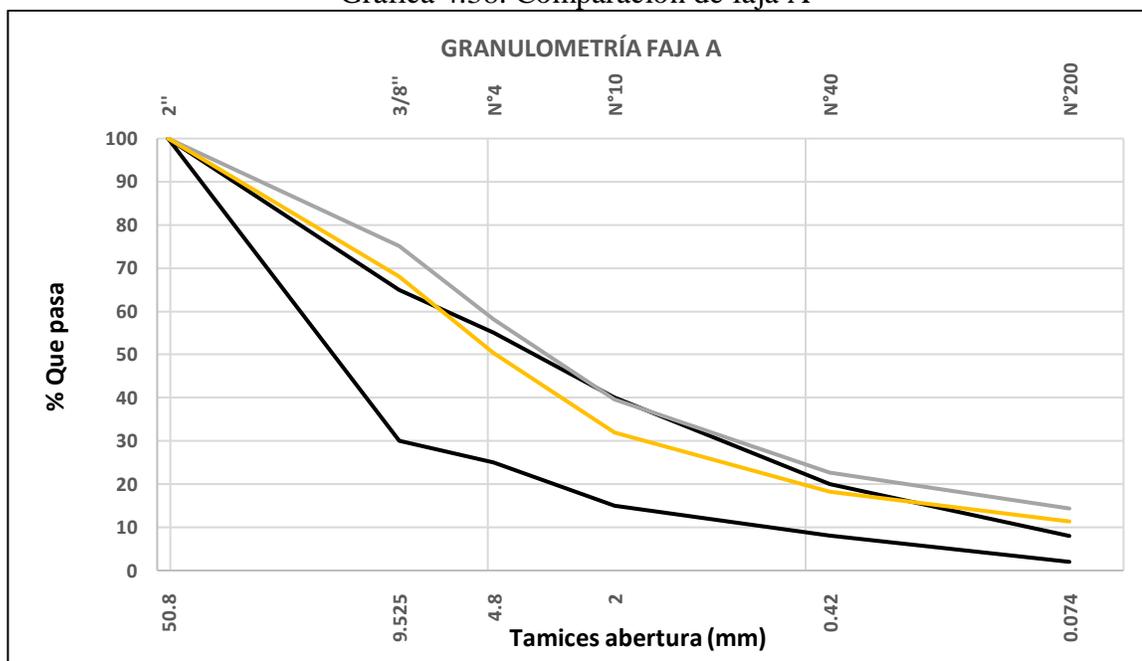
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.39. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
13	1+250	0,15	100	75,12	58,21	39,64	22,64	14,35
43	1+250	0,15	100	68,01	50,33	31,97	18,20	11,35

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.38. Comparación de faja A



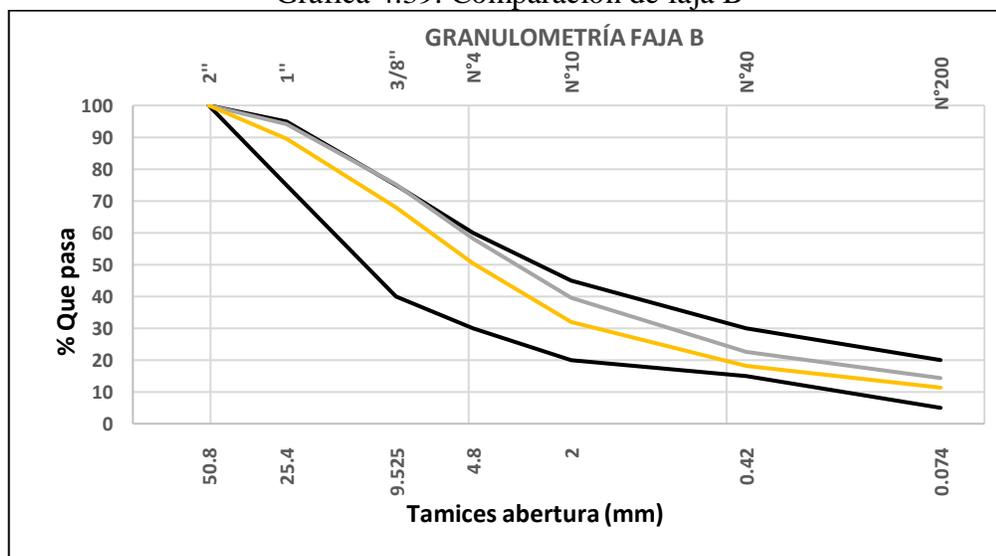
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.40. Comparación faja B

		Faja B							
Nº de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
13	1+250	0,15	100	94,20	75,12	58,21	39,64	22,64	14,35
43	1+250	0,15	100	89,59	68,01	50,33	31,97	18,20	11,35

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.39. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 20,90%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Capa Base vieja solo las mallas 2" y N°10 cumplen, en la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con las mallas N°4 y N°40, pero las mallas 3/8" y N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja no cumple con la malla 3/8", en la restitución de la Capa Base se logra cumplir con todas las mallas de esta faja.

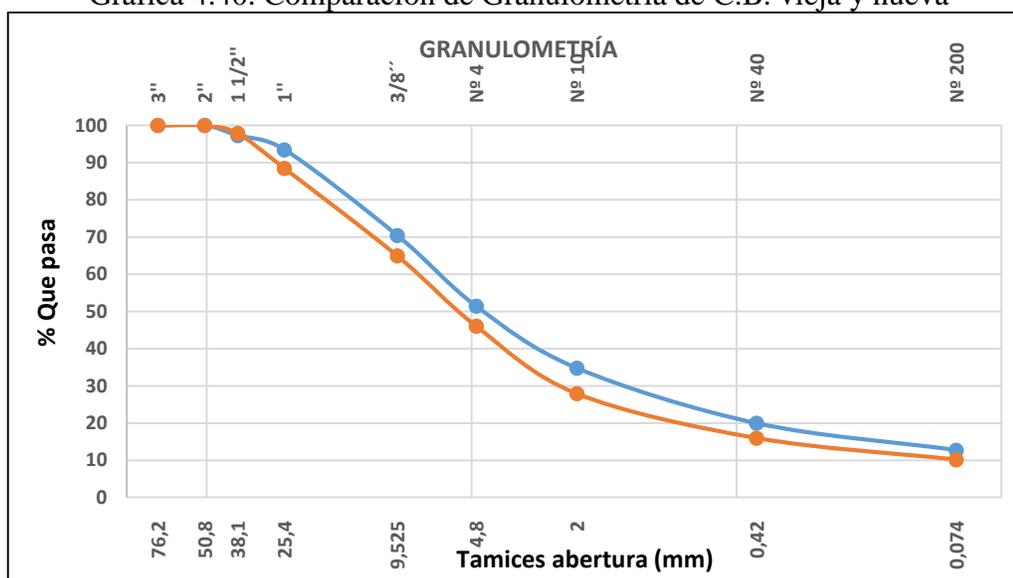
Análisis granulométrico pozo 1+350.

Tabla 4.41. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
14	1+350	0,15	100	100	97,27	93,48	70,41	51,40	34,73	19,94	12,72
44	1+350	0,15	100	100	97,86	88,48	64,94	46,04	27,89	15,96	10,17
Incremento (%)			0	0	0,61	-5,35	-7,77	-10,43	-19,71	-19,96	-20,06

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.40. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



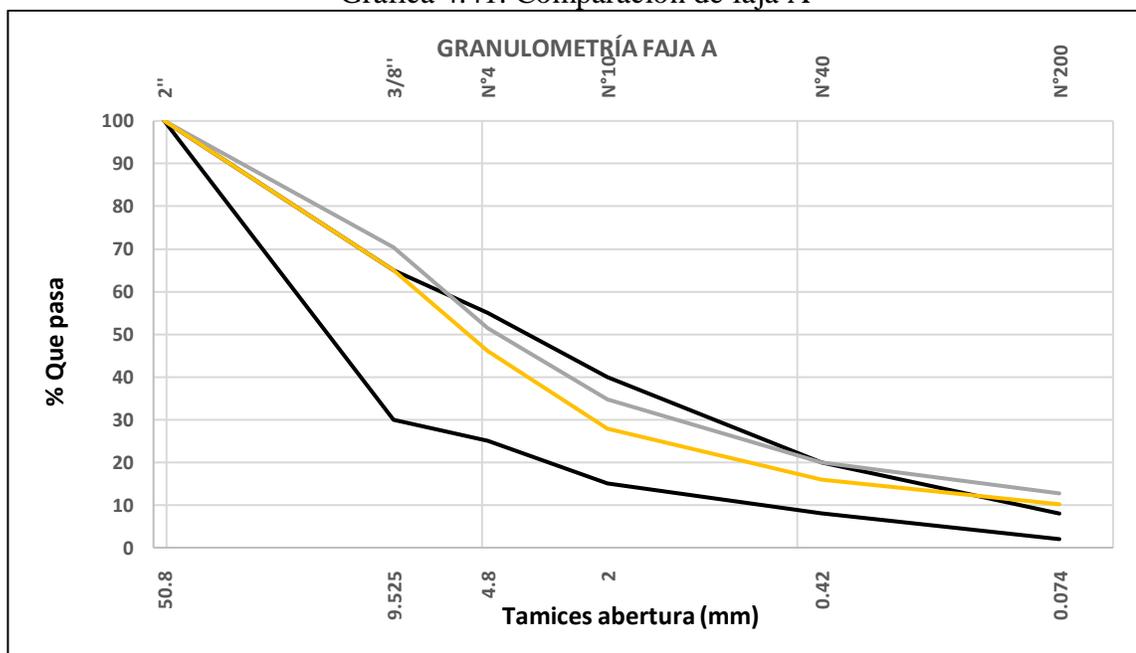
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.42. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
14	1+350	0,15	100	70,41	51,40	34,73	19,94	12,72
44	1+350	0,15	100	64,94	46,04	27,89	15,96	10,17

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.41. Comparación de faja A



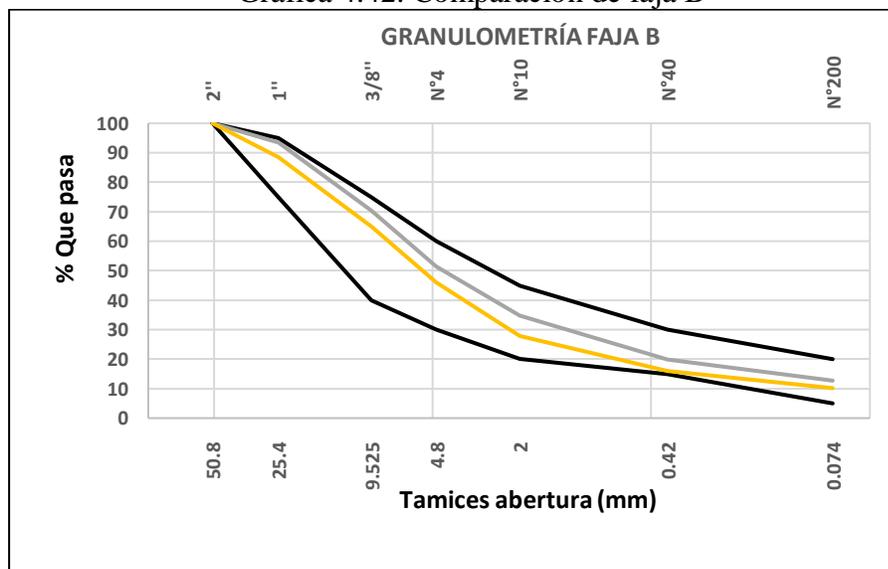
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.43. Comparación faja B

		Faja B							
Nº de ensayo	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
14	1+350	0,15	100	93,48	70,41	51,40	34,73	19,94	12,72
44	1+350	0,15	100	88,48	64,94	46,04	27,89	15,96	10,17

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.42. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, las mallas N°10, N°40 y N°200 hay una reducción del 20%, aproximadamente. En la Faja A el material de la Capa Base vieja solo las mallas 3/8" y N°200 no cumplen, en la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con la malla 3/8" y la malla N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de ambas Capas cumplen.

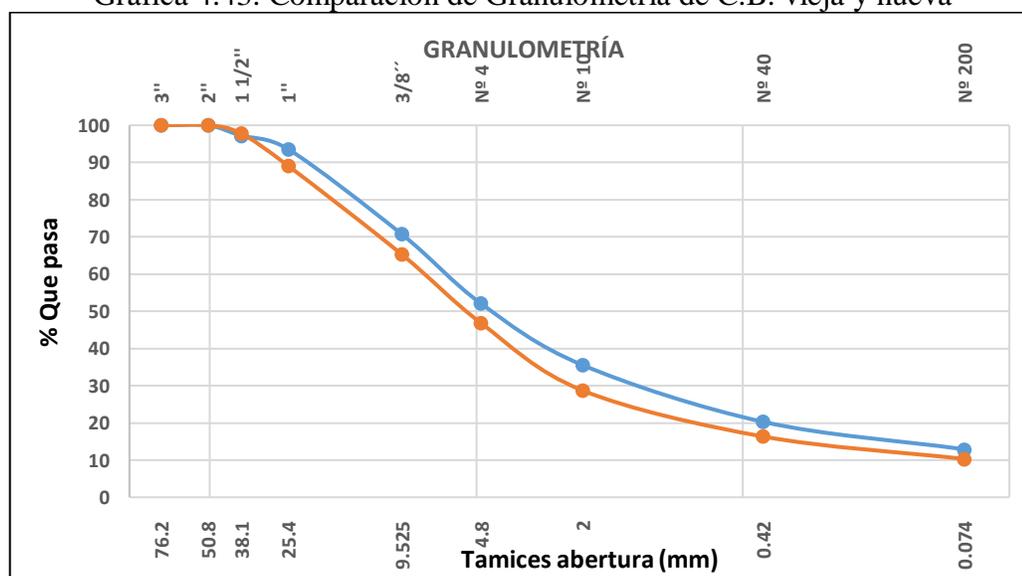
Análisis granulométrico pozo 1+450.

Tabla 4.44. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

N° de ensayo	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
15	1+450	0,15	100	100	97,21	93,60	70,76	52,09	35,58	20,29	12,91
45	1+450	0,15	100	100	97,81	89,12	65,33	46,84	28,75	16,34	10,31
Incremento (%)			0	0	0,62	-4,79	-7,68	-10,09	-19,20	-19,49	-20,14

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.43. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



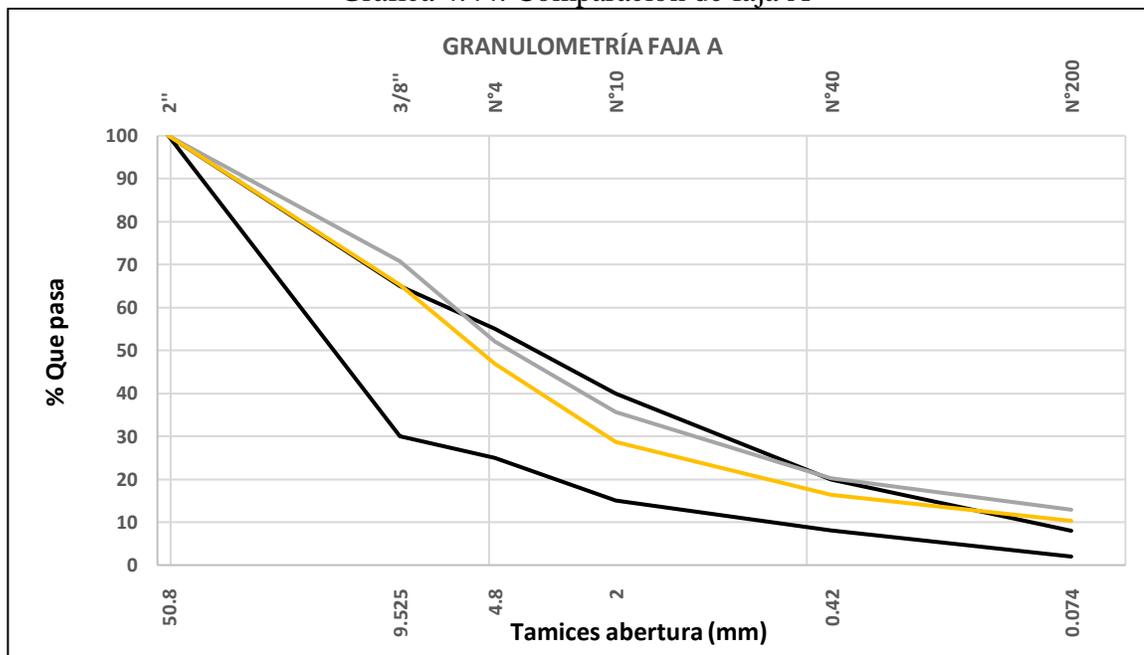
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.45. Comparación de faja A

Faja A								
N° de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
			100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
15	1+450	0,15	100	70,76	52,09	35,58	20,29	12,91
45	1+450	0,15	100	65,33	46,84	28,75	16,34	10,31

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.44. Comparación de faja A

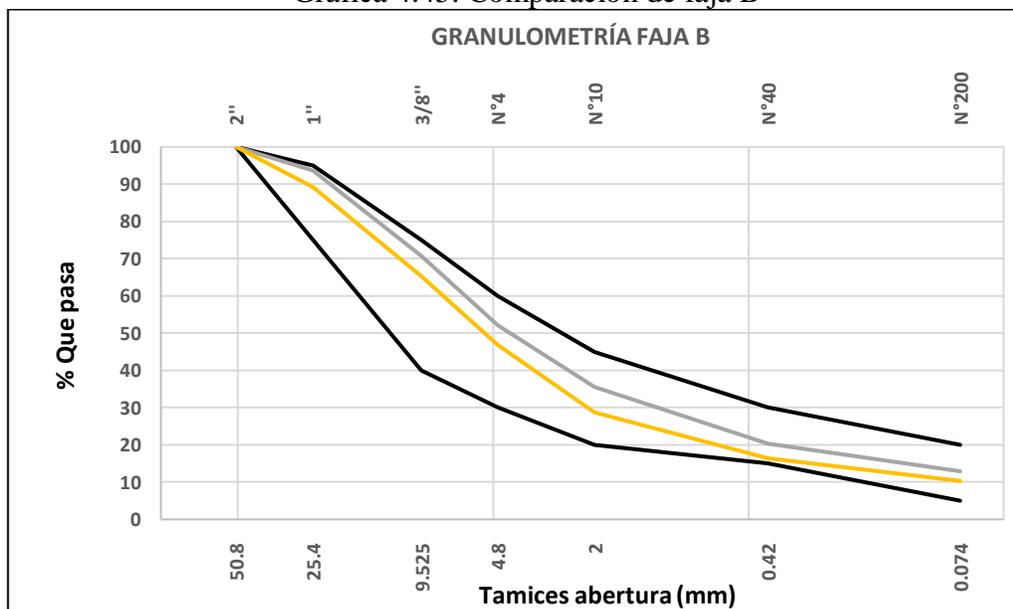


Fuente: Elaboración propia
 Tabla 4.46. Comparación faja B

Faja B									
Nº de ensayo	Pozo	Prof. m	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
15	1+450	0,15	100	93,60	70,76	52,09	35,58	20,29	12,91
45	1+450	0,15	100	89,12	65,33	46,84	28,75	16,34	10,31

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.45. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En la combinación de materiales, la malla N°200 hay una reducción del 20,14%, esta es la mayor. En la Faja A el material de la Nueva Capa Base Restituida se logra cumplir con las mallas N°4 y N°40, pero las mallas 3/8" y N°200 no cumple. En el caso de Faja B el material de la Capa Base vieja y la Capa Base Nueva cumplen.

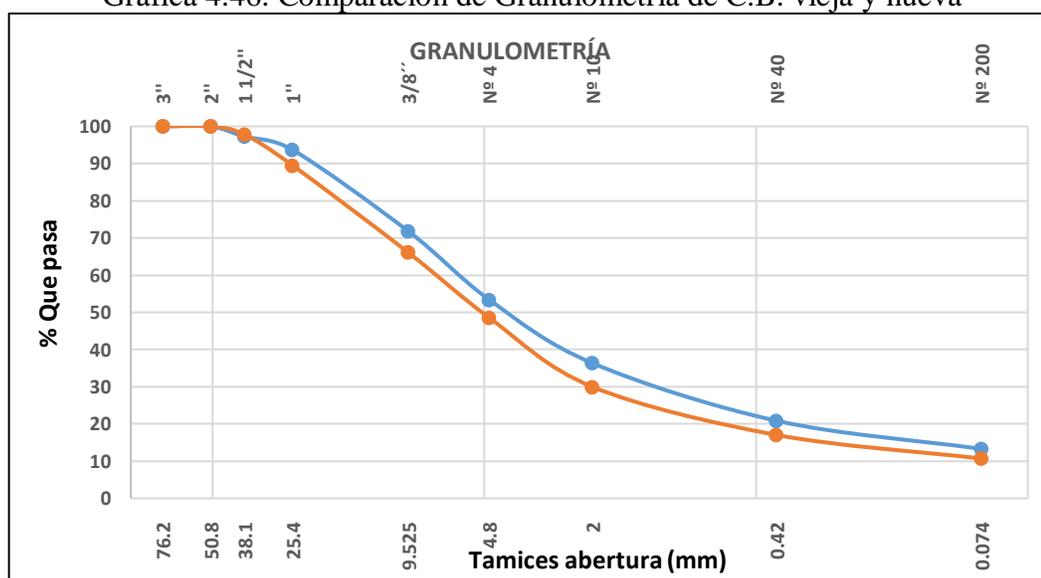
Promedio

Tabla 4.47. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

Estado	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
C. B. Vieja	Prom.	0,15	100	100	97,25	93,66	71,66	53,19	36,18	20,74	13,21
C. B. Nueva	Prom.	0,15	100	100	97,84	89,29	65,60	47,68	29,21	16,69	10,48
Incremento (%)			0	0	0,61	-4,66	-8,47	-10,35	-19,26	-19,55	-20,66

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.46. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



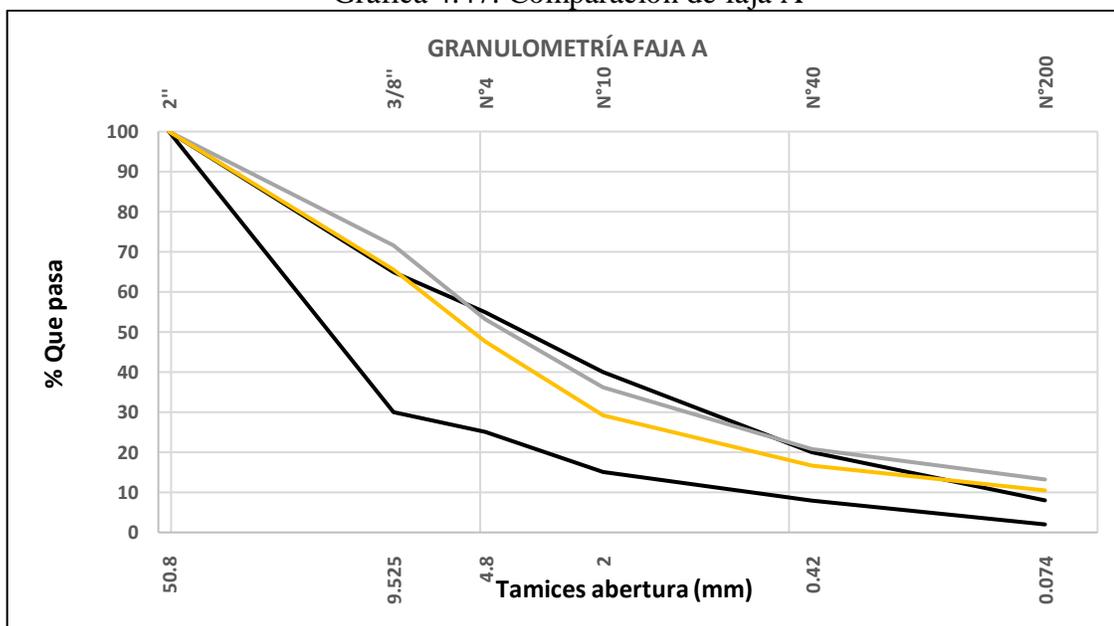
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.48. Comparación de faja A

		Faja A						
Estado	Pozo	Prof.	2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	30 - 65	25 - 55	15 - 40	8 - 20	2 - 8
C. B. Vieja	Prom.	0,15	100	71,82	53,42	36,35	20,85	13,29
C. B. Nueva	Prom.	0,15	100	66,09	48,57	29,97	17,04	10,69

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.47. Comparación de faja A



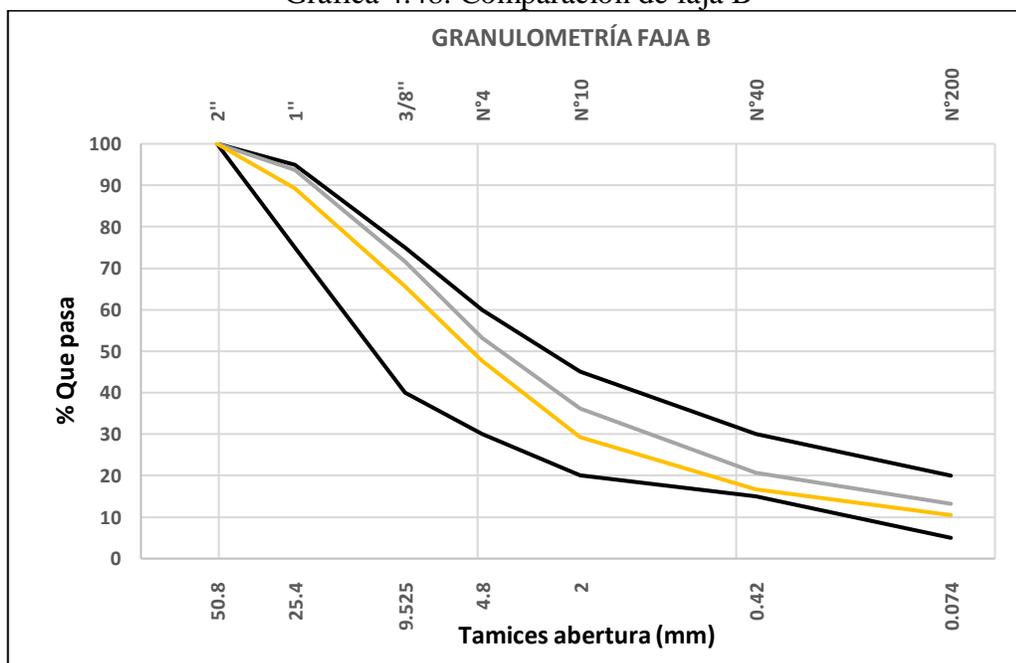
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.49. Comparación faja B

		Faja B							
Estado	Pozo	Prof.	2"	1"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
		m	100	75-95	40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
C. B. Vieja	Prom.	0,15	100	93,68	71,82	53,42	36,35	20,85	13,29
C. B. Nueva	Prom.	0,15	100	89,51	66,09	48,57	29,97	17,04	10,69

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.48. Comparación de faja B



Fuente: Elaboración propia

En promedio en la malla 1 1/2" hay un ascenso de 0,61%, en las demás mallas hay una reducción siendo estas: En la malla 1" es de 4,66%, la malla 3/8" 8,47%, la N°4 de 10,35%, malla N°10 de 19,26%, la N°40 de 19,55% y la malla N°200 de 20,66%. Solo en la malla 1 1/2" hay ascenso, en las demás malla reducción siendo el la N°200 en las que hay más reducción.

En promedio en la Faja A para el material de la Capa Base Vieja no cumple con el pasante de las mallas 3/8", N°40 y N°200, en la Capa Base Nueva restituida de las que no se cumplía, solo se logra cumplir con la malla N°40.

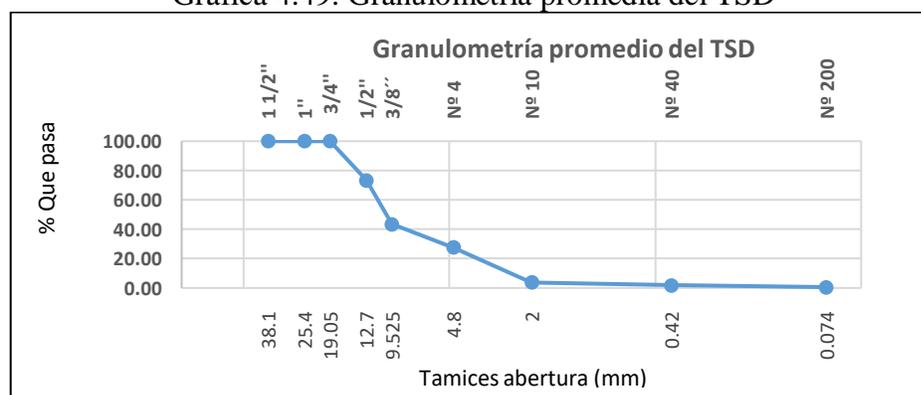
El promedio para la Faja B tanto para la Capa Base Vieja y Capa Base nueva cumple con los pasantes de la mallas.

Esta reducción se debe al aporte del material de Tratamiento Superficial Doble y la porción de aporte de este. La reducción en los tamices N°10, N°40 y la malla N°200 se observa que en promedio son los mayores con respecto a los demás tamices, esto es debido a las características de la distribución granulométrica del agregado que conforma el Tratamiento Superficial Doble al ser material seleccionado, esta no cuenta con una parte fina significativa.

Con estos resultados determinamos que al agregar material de la Tratamiento Superficial Doble a una Capa Base esto provoca que la parte gruesa aumenta y por lo tanto reduzca el porcentaje de material pasante en los tamices.

4.1.2. Análisis de los materiales del tratamiento superficial doble

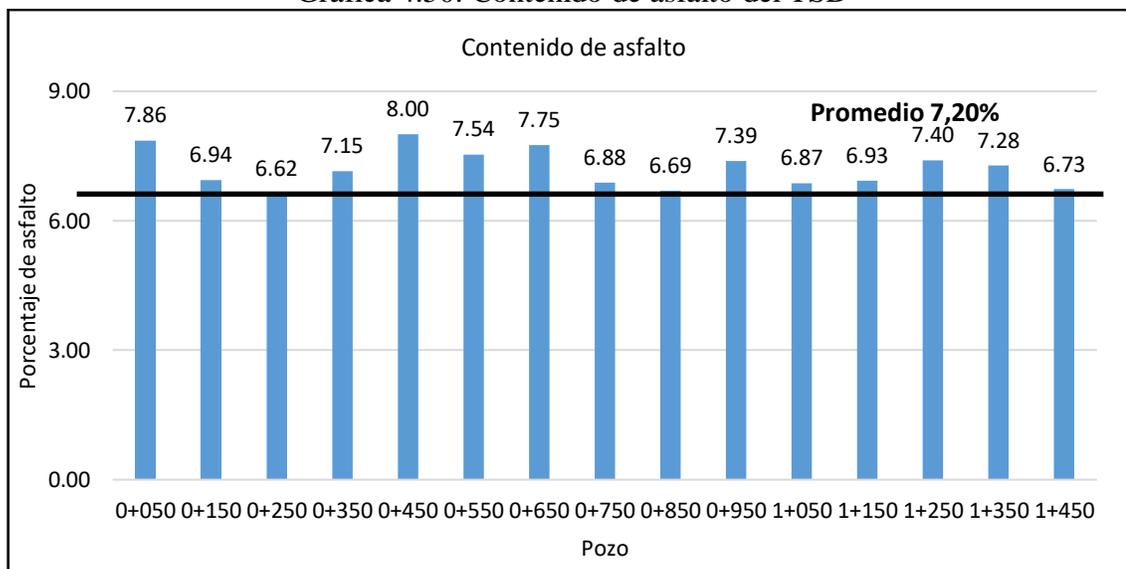
Gráfica 4.49. Granulometría promedio del TSD



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 4.49 la distribución granulométrica del tratamiento superficial doble está compuesto por un 72,33% de material grueso y un 27,67% de material fino, a su vez se observa que más del 90% del material está entre lo que pasa el tamiz ¾" y retiene el N°10. Debido a que tiene esta composición la granulometría, la capa base nueva tiene un descenso de sus pasantes desde la malla 1", 3/8", N°4, N°10, N°40 y N°200, siendo las tres últimas con mayor reducción porcentual.

Gráfica 4.50. Contenido de asfalto del TSD



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.50 se observa que el contenido de asfalto varía entre un 6,62% y 8,00%, en promedio el tratamiento superficial doble tiene un 7,20 de contenido de asfalto.

Con los resultados de los ensayos de granulometría y contenido de asfalto se determina que el tratamiento superficial doble está compuesto en un 92,80% de agregado y un 7,20% de asfalto.

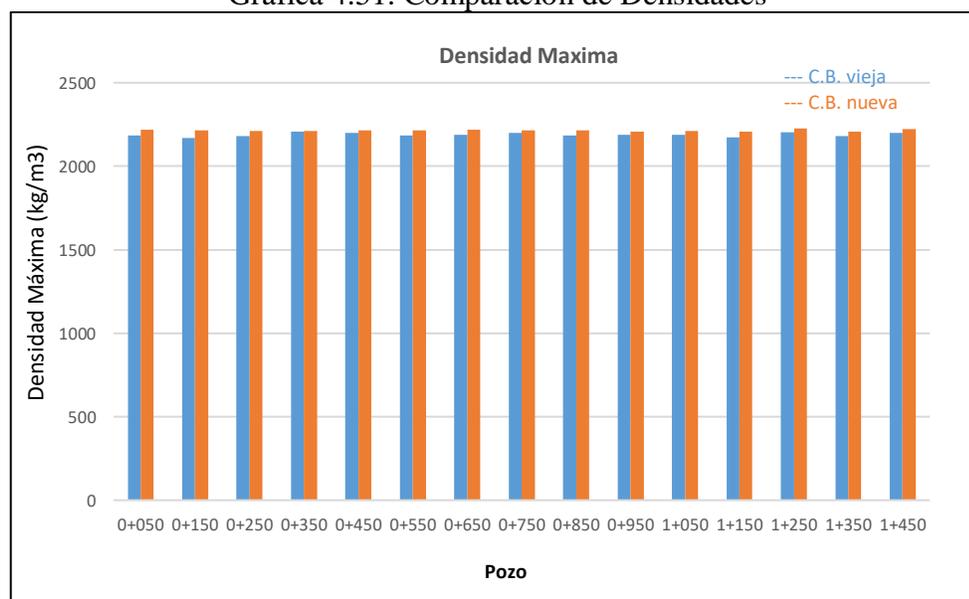
4.1.3. Análisis de la densidad

Tabla 4.50. Comparación Densidad y humedad

N°	Pozo	Prof. m	Proctor C.B. vieja		Proctor C.B. nueva		Ascenso de la Densidad (%)	Descenso de humedad (%)
			D.max. (kg/m ³)	H.op. (%)	D.max. (kg/m ³)	H.op. (%)		
1	0+050	0,15	2183	7,82	2220	5,67	1,73	27,53
2	0+150	0,15	2171	7,91	2214	6,20	1,99	21,60
3	0+250	0,15	2180	7,63	2210	6,68	1,38	12,47
4	0+350	0,15	2209	7,21	2212	5,98	0,14	17,09
5	0+450	0,15	2200	7,42	2217	6,26	0,76	15,53
6	0+550	0,15	2184	7,02	2216	5,80	1,47	17,37
7	0+650	0,15	2190	7,17	2217	5,60	1,24	21,94
8	0+750	0,15	2200	7,14	2214	6,22	0,63	12,86
9	0+850	0,15	2184	6,97	2215	6,32	1,39	9,44
10	0+950	0,15	2188	7,02	2207	6,46	0,86	7,86
11	1+050	0,15	2188	7,09	2210	6,44	1,03	9,13
12	1+150	0,15	2173	6,69	2206	6,52	1,52	2,55
13	1+250	0,15	2203	7,43	2226	5,83	1,07	21,45
14	1+350	0,15	2182	7,51	2208	6,42	1,21	14,53
15	1+450	0,15	2198	7,27	2224	6,17	1,17	15,14
Promedio			2189	7,29	2214	6,17	1,17	15,10

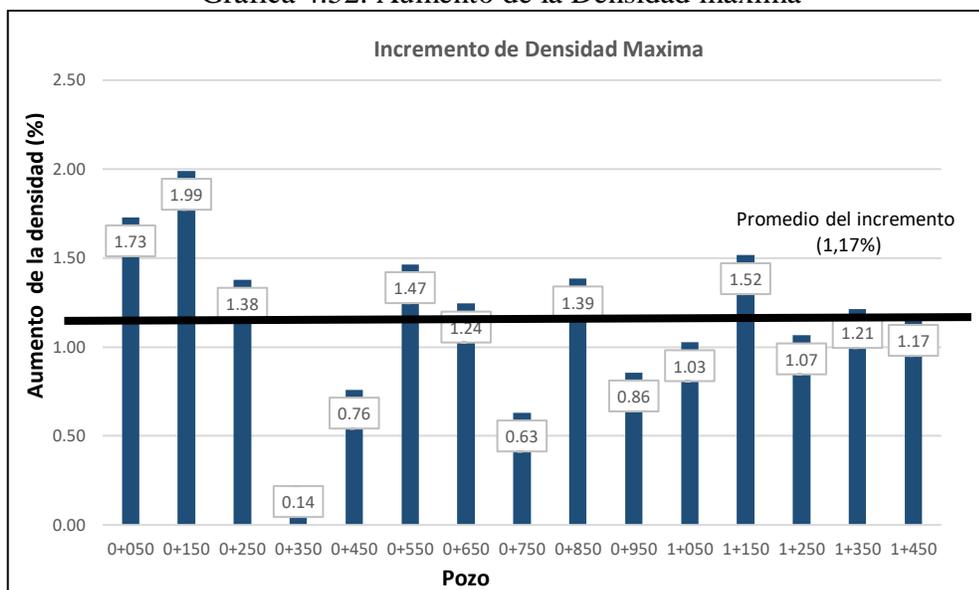
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.51. Comparación de Densidades



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.52. Aumento de la Densidad máxima



Fuente: Elaboración propia

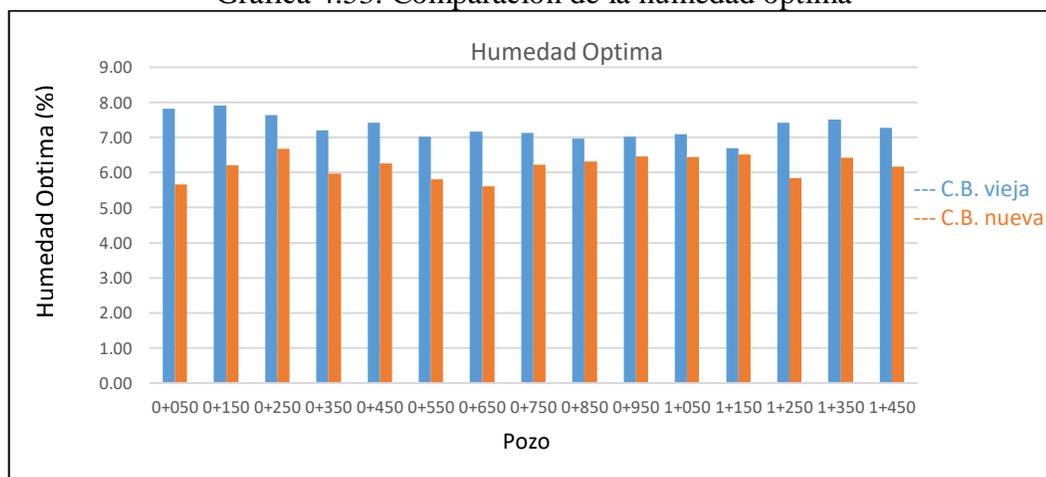
El valor máximo de densidad en el tramo es de 2209 kg/m³ que corresponde al pozo 0+350, mientras la densidad mínima está en el pozo 0+150 con un valor de 2171 kg/m³. En promedio el tramo tiene una densidad es de 2189 kg/m³.

La Capa Base nueva aumenta en promedio en un 1,17%. En el pozo 0+150 se presenta el mayor aumento porcentual casi de 2% y el pozo 0+350 el de menor aumento de 0,14%.

Con esto se concluye que el aporte de material de Tratamiento Superficial Doble aumenta el valor de la densidad para la Capa Base Nueva, este aumento en promedio es de 1,17%.

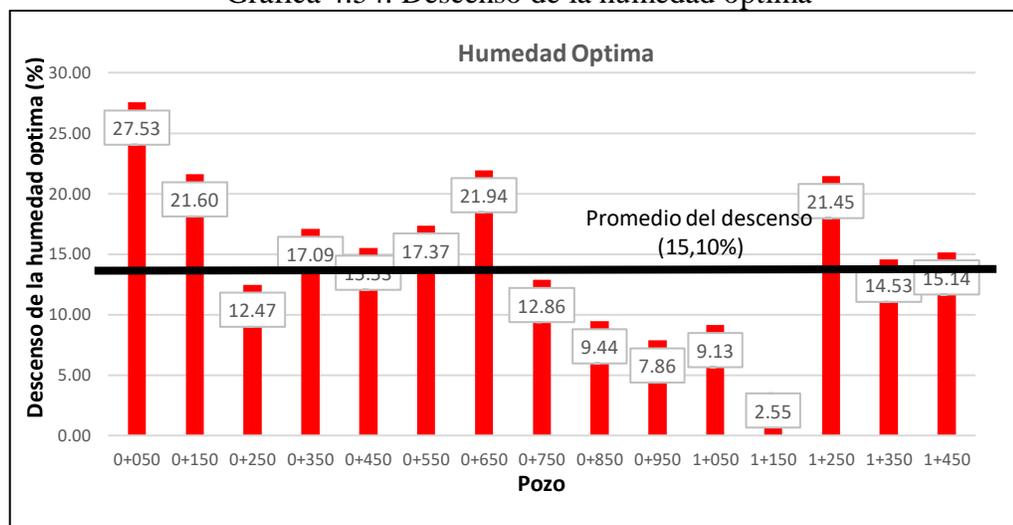
Húmeda

Gráfica 4.53. Comparación de la humedad óptima



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.54. Descenso de la humedad optima



Fuente: Elaboración propia

En la humedad podemos ver que el descenso es más significativo que el aumento de las densidades. Esto se debe al que al mezclar los materiales de Capa Base vieja y Tratamiento Superficial Doble la parte fina de sus partículas disminuye. En promedio el descenso es de 15,10%, pero en el pozo 0+050 el descenso es de 27,53%, en el extremo opuesto el pozo 1+150 el descenso es de 2,55%.

4.1.4. Análisis del CBR

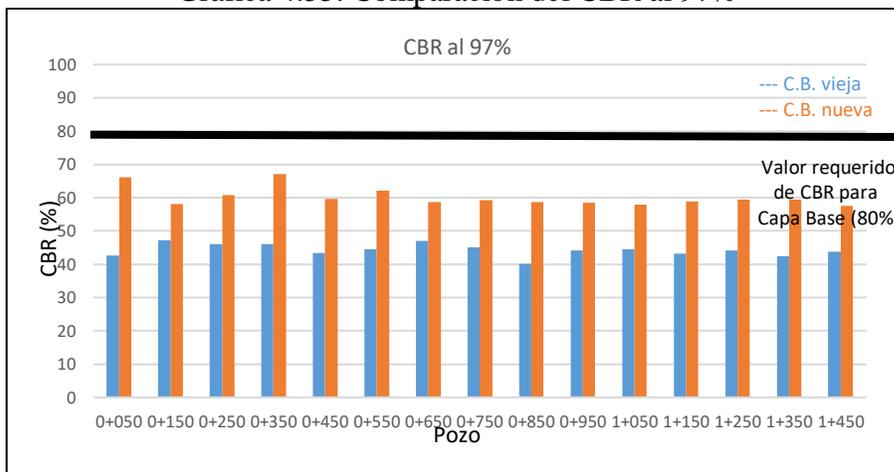
CBR al 97%

Tabla 4.51. Comparación del CBR al 97%

N°	Pozo	Prof.	CBR C. B. V.	CBR C. B. N.	Aumento
		m	97%	97%	97%
1	0+050	0,15	42,65	65,63	53,87
2	0+150	0,15	47,20	59,59	26,25
3	0+250	0,15	46,13	62,39	35,26
4	0+350	0,15	46,15	66,34	43,76
5	0+450	0,15	43,44	59,19	36,25
6	0+550	0,15	44,58	60,79	36,36
7	0+650	0,15	47,02	57,45	22,17
8	0+750	0,15	45,15	59,94	32,76
9	0+850	0,15	40,19	60,27	49,97
10	0+950	0,15	44,07	58,71	33,24
11	1+050	0,15	44,44	57,87	30,22
12	1+150	0,15	43,13	59,00	36,79
13	1+250	0,15	44,19	59,09	33,71
14	1+350	0,15	42,39	60,66	43,08
15	1+450	0,15	43,80	58,99	34,69
Promedio			44,30	60,39	36,56

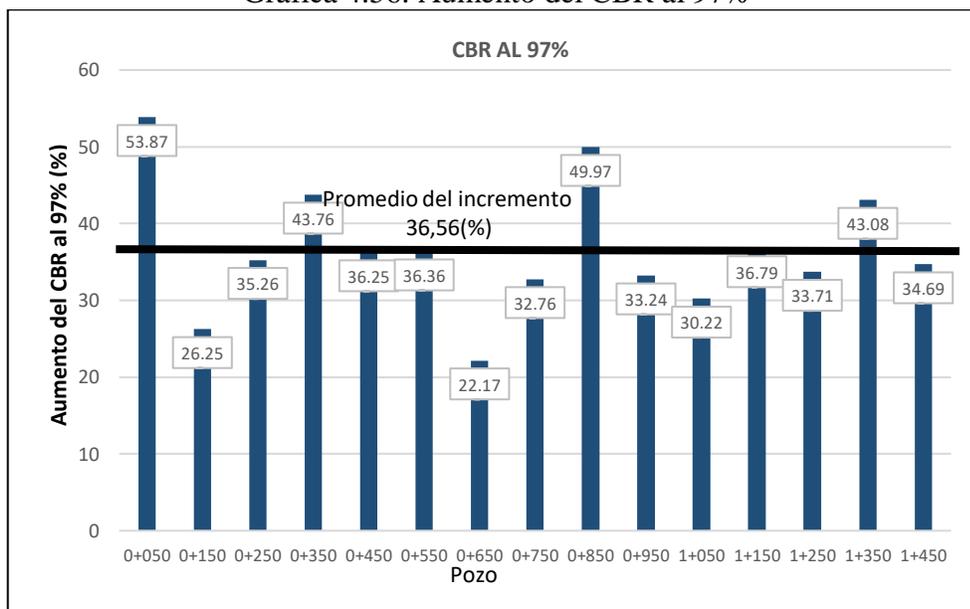
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.55. Comparación del CBR al 97%



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.56. Aumento del CBR al 97%



Fuente: Elaboración propia

El CBR al 97% en promedio para la Capa Base Vieja es de 40,30% y para la Capa Base Nueva es de 60,39%.

Se puede observar en la gráfica 4.54 el CBR al 97% el aumento es variado en los distintos pozos, siendo el mayor aumento el del pozo 0+050, el incremento del 36,56%.

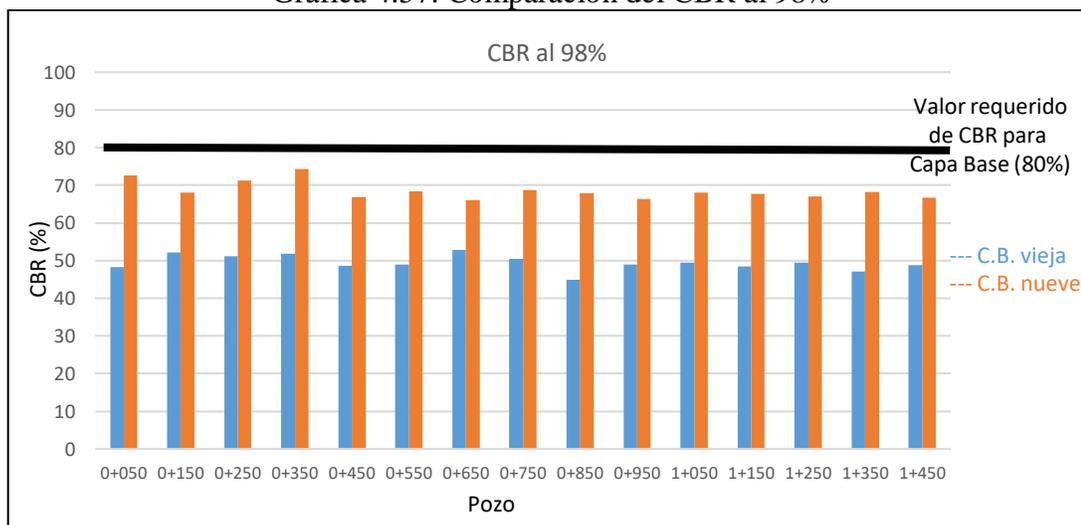
CBR al 98%

Tabla 4.52. Comparación del CBR al 98%

N°	Pozo	Prof.	CBR C. B. V.	CBR C. B. N	Incremento
		m	98%	98%	98%
1	0+050	0,15	48,31	72,67	50,44
2	0+150	0,15	52,11	67,99	30,46
3	0+250	0,15	51,21	71,17	38,98
4	0+350	0,15	51,88	74,22	43,06
5	0+450	0,15	48,53	66,86	37,75
6	0+550	0,15	48,88	68,43	40,00
7	0+650	0,15	52,78	66,04	25,11
8	0+750	0,15	50,43	68,69	36,20
9	0+850	0,15	44,81	67,89	51,50
10	0+950	0,15	48,91	66,40	35,74
11	1+050	0,15	49,39	68,06	37,80
12	1+150	0,15	48,40	67,62	39,70
13	1+250	0,15	49,39	67,06	35,78
14	1+350	0,15	47,06	68,24	44,99
15	1+450	0,15	48,70	66,74	37,05
Promedio			49,39	68,54	38,97

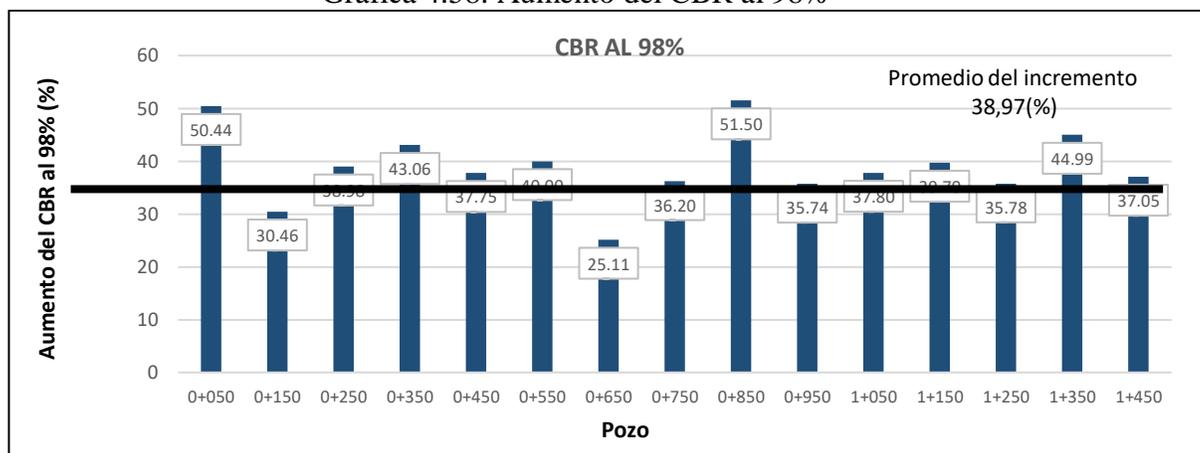
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.57. Comparación del CBR al 98%



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.58. Aumento del CBR al 98%



Fuente: Elaboración propia

En el CBR al 98% en la restitución de la Capa Base hay un aumento, este tiene un valor de 68,54% en promedio, mientras la Capa Base vieja promedia en 49,39%. En la gráfica 4.56 se observa que el aumento porcentual tienen un comportamiento similar, en los pozos 0+050 y 0+850 se observa los mayores aumentos y en los pozos 0+150 y 0+650 son los menores incrementos, en promedio este aumento es de 38,97%.

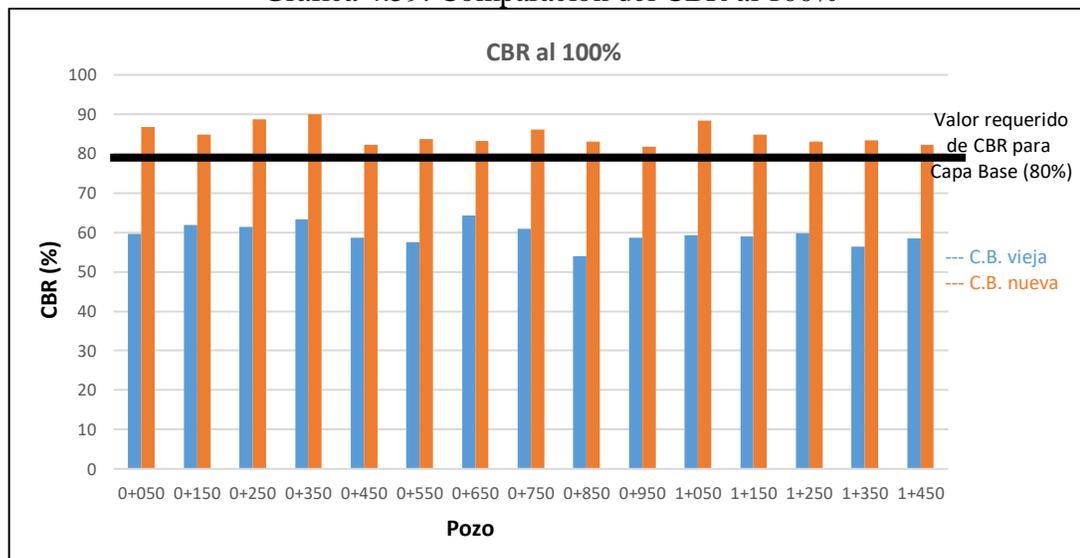
CBR al 100%.

Tabla 4.53. Comparación del CBR al 100%

Nº	Pozo	Prof.	CBR C. B. V.	CBR C. B. N.	Aumento
		m	100%	100%	100%
1	0+050	0,15	59,61	86,76	45,54
2	0+150	0,15	61,93	84,77	36,89
3	0+250	0,15	61,37	88,72	44,58
4	0+350	0,15	63,35	89,99	42,05
5	0+450	0,15	58,73	82,20	39,97
6	0+550	0,15	57,47	83,70	45,64
7	0+650	0,15	64,31	83,22	29,42
8	0+750	0,15	60,99	86,19	41,30
9	0+850	0,15	54,05	83,11	53,78
10	0+950	0,15	58,61	81,76	39,50
11	1+050	0,15	59,28	88,42	49,16
12	1+150	0,15	58,94	84,86	43,96
13	1+250	0,15	59,79	83,00	38,84
14	1+350	0,15	56,40	83,40	47,86
15	1+450	0,15	58,50	82,24	40,59
Promedio			59,55	84,82	42,61

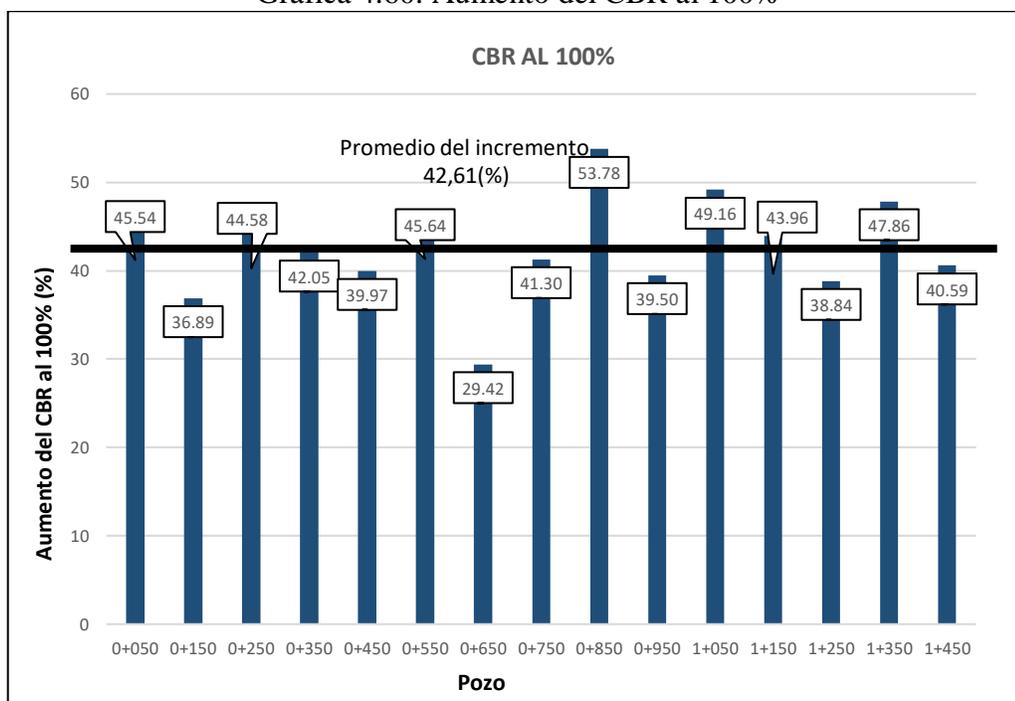
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.59. Comparación del CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.60. Aumento del CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.57 se puede observar un aumento del CBR al 100% de la Capa Base Nueva con respecto a la Capa Base Vieja. En la tabla 4.57 muestra que todo los pozos estudiado tiene un CBR superior al 80%, siendo el pozo 0+350 con el mayor valor de CBR con un 88,99% y el menor obtenido de 81,76% que pertenece al pozo 0+950, en promedio el tamo tiene un CBR al 100% de 84,82%.

La gráfica 4,58 se aprecia los aumentos que tiene la Capa Base Nueva con respecto a la Capa Base Vieja, en promedio este aumento es de un 42,61%. El mayor aumento se registra en el pozo 0+850 con un valor de 53,78%, mientras que el pozo 0+650 hay un aumento del CBR al 100% de 29,42% siendo este el menor.

En el CBR al 97%, 98% y 100% se observa un aumento, se concluye:

- Al combinar material de Tratamiento Superficial Doble con el de una Capa Base para formar una Capa Base Nueva, esta combinación aumenta los valores de resistencia expresados en CBR que poseía una Capa Base vieja.
- Los valores del CBR al 100% en todos los pozos superan el valor mínimo requerido de las especificaciones técnicas del proyecto de asfaltado de San Lorenzo.

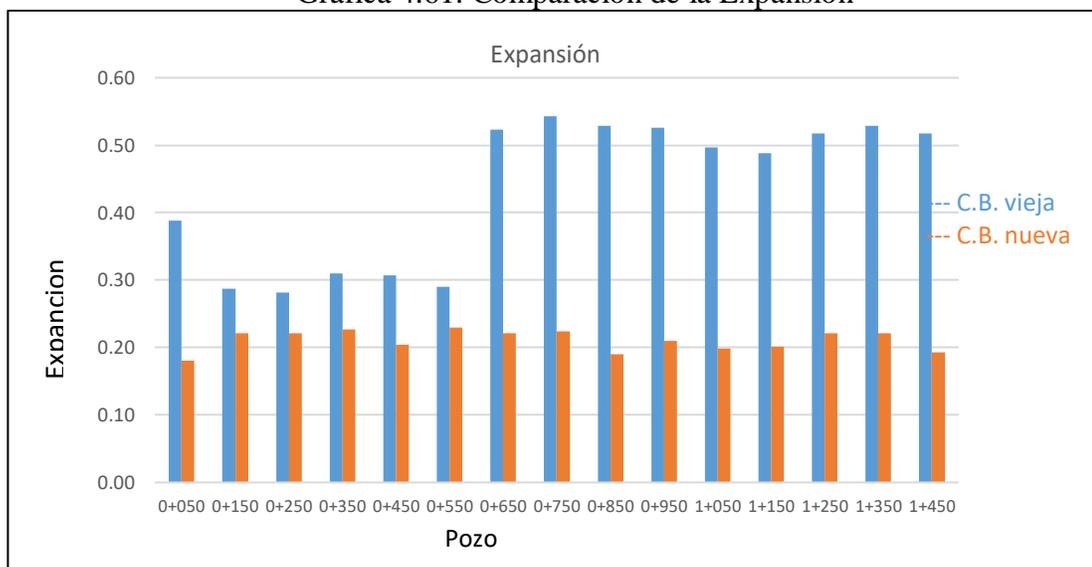
Expansión

Tabla 4.54. Comparación de la Expansión

N°	Pozo	Prof.	Expansión C. B. V.	Expansión C. B. N.	Descenso
		m	%	%	%
1	0+050	0,15	0,39	0,18	53,33
2	0+150	0,15	0,29	0,22	23,00
3	0+250	0,15	0,28	0,22	21,43
4	0+350	0,15	0,31	0,23	26,85
5	0+450	0,15	0,31	0,20	33,64
6	0+550	0,15	0,29	0,23	20,79
7	0+650	0,15	0,52	0,22	57,69
8	0+750	0,15	0,54	0,22	58,73
9	0+850	0,15	0,53	0,19	64,13
10	0+950	0,15	0,53	0,21	60,11
11	1+050	0,15	0,50	0,20	60,12
12	1+150	0,15	0,49	0,20	58,82
13	1+250	0,15	0,52	0,22	57,22
14	1+350	0,15	0,53	0,22	58,15
15	1+450	0,15	0,52	0,19	62,78
Promedio			0,44	0,21	47,79

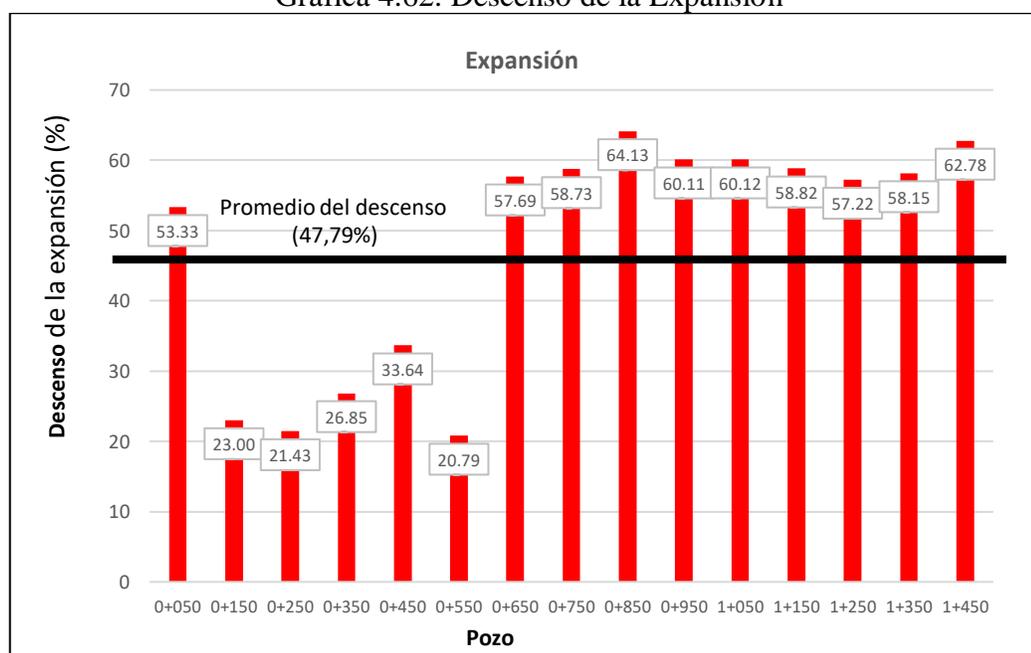
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.61. Comparación de la Expansión



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.62. Descenso de la Expansión



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.54 se observa que la Capa Base Vieja en promedio tiene una expansión de 0,44% y la Capa Base Nueva 0,21%.

Existe un descenso en la expansión, este tiene un compartimiento variado, en los pozos 0+150 al 0+550 el descenso no sobrepasa el 35%, en los demás pozos este descenso es más del 50%. En promedio tiene un descenso de del 47,79%.

Este descenso en la expresión es debido al aporte de agregado grueso del Tratamiento Superficial Doble a la Capa Base Vieja.

Los resultados muestran que la expansión promedio tanto como para la capa base vieja y nueva cumplen con los exigidos en las especificaciones técnicas del proyecto de asfaltado de San Lorenzo.

4.1.5. Análisis de costo

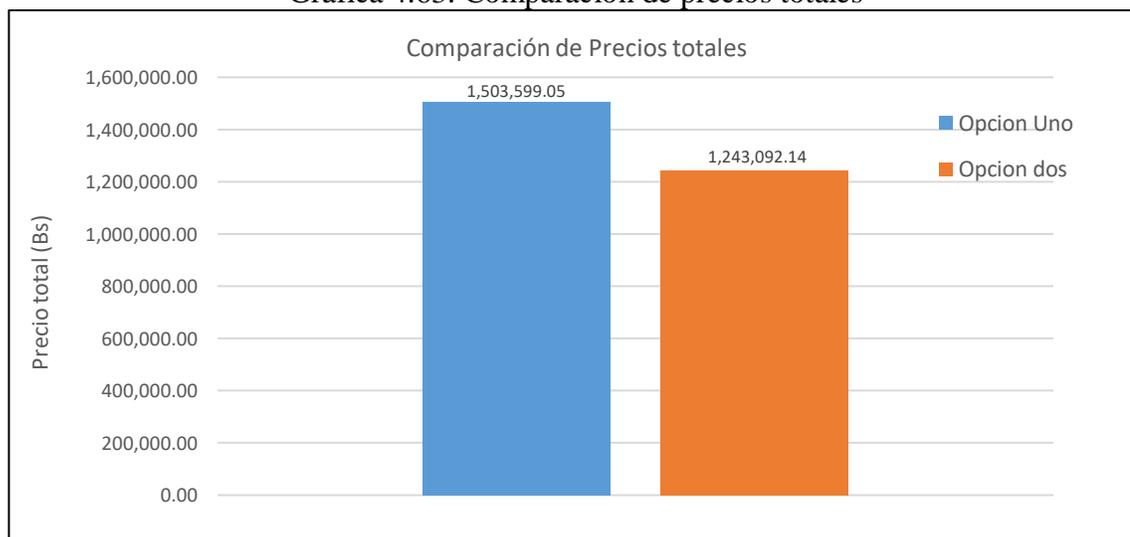
En el análisis de costo se comparara dos alternativas de rehabilitación de carreteras. Como ya se menciona la opción uno corresponde a la reestructuración total de la capa de rodadura y capa base. Mientas que la opción dos corresponde a una capa base reciclada y con material nuevo para capa de rodadura de tratamiento superficial doble.

Tabla 4.55. Comparación de precios totales

Precio total (bs)		
Opción	Numeral	Literal
Uno	1.503.599,05	Un millones quinientos tres mil quinientos noventa y nueve 05/100 bolivianos
Dos	1.243.092,14	Un millón doscientos cuarenta y tres mil noventa y dos 14/100 bolivianos
Diferencia	260.506,91 bs.	17,33%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.63. Comparación de precios totales



Fuente: Elaboración propia

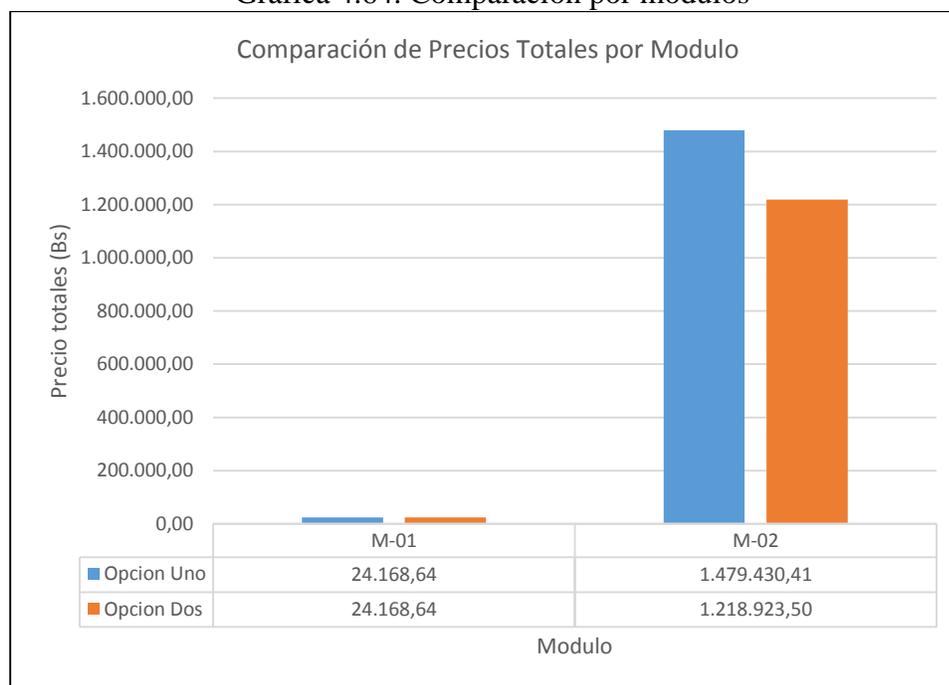
Tanto en la gráfica como en la tabla se observa que la opción dos es más barata, con un costo de 1.243.092,14 Bs, ahorrando un 17,33% con respecto a la opción uno de rehabilitación

Tabla 4.56. Comparación por módulos

		Precio total por modulo (Bs)	
Opción	Modulo	Descripción	Precio total
Uno	M-01	Obras Preliminares	24.168,64
	M-02	Mov. De tierras - Capa Base - Tratamiento Sup. Doble	1.479.430,41
Dos	M-01	Obras preliminares	24.168,64
	M-02	Mov. De tierras - Capa Base reciclada - Trat. Sup. Doble	1.218.923,50

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.64. Comparación por módulos



Fuente: Elaboración propia

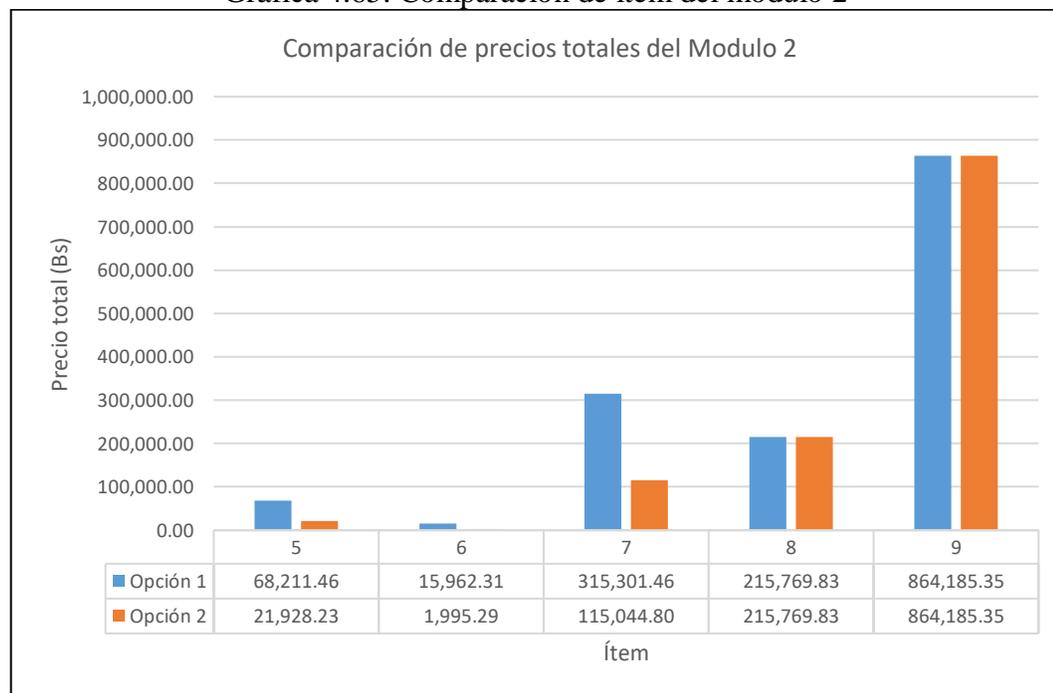
En la tabla 4.56 y gráfica 4.62 se aprecia que el módulo 1 tanto para la opción uno y dos es el mismo precio, mientras que el módulo 2 está la diferencia, siendo el módulo 2 de la opción 2 donde se produce el ahorro.

Tabla 4.57. Comparación de ítem del módulo 2

Precio de los Ítem del Módulo - 2 (Bs)							
Opción Uno			Opción dos			Diferencia	
Ítem	Descripción	Precio total	Ítem	Descripción	Precio total	En Bs.	%
5	Excavación con Maquinaria	68.211,46	5	Excavación para reciclaje	21.928,23	46.283,23	67,85
6	Sobrecarreo	15.962,31	6	Sobrecarreo	1.995,29	13.967,02	87,50
7	Prov.y Confor Capa Base (C/Trans)	315.301,46	7	Confor Capa Base Reciclada	115.044,80	200.256,66	63,51
8	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	215.769,83	8	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	215.769,83	0,00	0
9	Tratamiento superficial doble	864.185,35	9	Tratamiento superficial doble	864.185,35	0,00	0
Total		1.479.430,41	1.218.923,50			260.506,91	17,61

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.65. Comparación de ítem del módulo 2



Fuente: Elaboración propia

Tanto en la tabla 4.57 y la gráfica 4.63 se observa que en los ítem 5, 6 y 7 existe un ahorro del módulo 2 de la opción dos con respecto a la opción uno, estos ahorros son de 67,85;

87,50 y 63,51 respectivamente, produciendo en general un ahorro del 17,33% del total de la opción dos con respecto a la opción uno.

Este ahorro se debe a la naturaleza de los ítems, que se explica a continuación:

- El ítem 5 de la opción uno corresponde a excavación donde la profundidad es de 0,20m debido a que el material viejo de la capa de rodadura y base debe ser retirado para añadir uno nuevo. Mientras que el ítem 5 de la opción dos corresponde a una excavación para reciclaje que consiste en disgregar el material de la capa de rodadura y base a una profundidad de 0,15m este proceso necesita de menos máquina que la excavación y también se observa que la profundidades son distintas en la tabla 3.28 y 3.29 se observan la diferencia de precios unitarios de los ítems 5 y 7. Siendo para ítem Excavación un P.U. de 27,15 Bs/m³ y volumen 2.512,67 m³ mientras que el ítem Mejoramiento un P.U. de 11,64 Bs/m³ y volumen de 1884,50m³ por lo tanto debido a estos dos factores se debe la reducción del precio en ítem mejoramiento.
- En el ítem 6 tanto para la opción uno y dos es el mismo Sobreacarreo, la diferencia es que aquí la opción uno debe retirar a un deposito el material viejo y trate material nuevo para la conformación de las nuevas capas, mientras que la opción dos solo necesita material nuevo para la capa de rodadura (tratamiento superficial doble).
- Por el ultimo el ítem 7, en la opción dos la conformación de capa base reciclada, debido que este ítem no necesita de material nuevo por lo tanto en este punto existe un reducción. En la tabla 3.28 y 3.29 se observan la diferencia de precios unitarios de los ítems 7. Siendo para ítem Prov.y Confor Capa Base (C/Trans) con un P.U. de 167,31 Bs/m³ y el ítem Confor Capa Base Reciclada con un P.U. de 61,05 Bs/m³ dando un ahorro en material de 63,51%.

Con este análisis se concluye que rehabilitando la calle Gabriel Lunda con una capa base reciclada con material de capa de rodadura es económicamente viable.

4.1.6. Análisis del aporte y composición

Tabla 4.58. Aprovechamiento de material

N°	Capa	Espesor original	Espesor de diseño	Aporte de material	Composición en la nueva capa base
		m	m	%	%
1	Capa Base vieja	0,15	0,10	66,67	83
2	TSD (2 capas)	0,05	0,05	100	17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa que de su material original total aportara para la conformación de la nueva capa base el 100% del material de Tratamiento Superficial Doble y un 66,67% de la Capa Base Vieja. Así mismo la nueva capa base está formada por 83 de material capa base vieja y un 17% de material de tratamiento superficial doble.

Originalmente la capa base vieja tiene un espesor de 0,15 metros de los cuales para el diseño de la nueva solo se usa unos 0,10 metros en termino de espesor, el resto de la Capa Base Vieja pasa formar parte de la Capa Sub-Base. Se concluye generar desperdicio de material.

4.2. Estadística descriptiva

4.2.1. CBR al 100 % de la capa base nueva

Tabla 4.59. Estadística descriptiva del CBR

Datos					
N°	CBR 100%	N°	CBR 100%	N°	CBR 100%
1	86,76	6	83,7	11	88,42
2	84,77	7	83,22	12	84,86
3	88,72	8	86,19	13	83
4	89,99	9	83,11	14	83,4
5	82,2	10	81,76	15	82,24
Estadísticas Descriptiva					
N° de datos	15	Medidas de tendencia central	Media	84,82	
Mínimo	81,76		Moda	-	
Máximo	89,99		Mediana	83,7	
Rango	8,23	Medidas de dispersión	Varianza	6,82	
			Desviación Estándar	2,61	

Fuente: Elaboración propia

En el estudio estadístico del CBR al 100%, el valor medio de los resultados es de 84,82%, el valor mínimo es de 81,76% y el valor máximo de 88,99%, dando un rango de 8,23%.

Los resultados estadísticos no tiene moda, esto quiere decir que no hay un resultado que se repita. La mediana es de 83,70%.

La desviación de los resultados de CBR al 100% con respecto a su promedio es de 2,61% en promedio. Los resultados muestran una varianza de 6,82%.

4.2.2. Expansión de la capa base nueva

Tabla 4.60. Estadística descriptiva de la Expansión

Datos					
N°	Exp. (%)	N°	Exp. (%)	N°	Exp. (%)
1	0,18	6	0,23	11	0,2
2	0,22	7	0,22	12	0,2
3	0,22	8	0,22	13	0,22
4	0,23	9	0,19	14	0,22
5	0,2	10	0,21	15	0,19
Estadísticas Descriptiva					
N° de datos	15	Medidas de tendencia central	Media	0,21	
Mínimo	0,18		Moda	0,22	
Máximo	0,23		Mediana	0,22	
Rango	0,05	Medidas de dispersión	Varianza	0,00024	
			Desviación Estándar	0,015	

Fuente: Elaboración propia

En el estudio de la Expansión arroja un valor medio des de 0,15%, con un valor mínimo de 0,18% y máximo 0,23%, que nos da un rango de 0,05%.

Los resultados demás resultados estadísticos de medidas de tendencia central, se tiene una moda de 0,22%, esto quiere decir que el resultado se repita. La mediana es de 0,22%.

En los resultados de medida de dispersión, la desviación estándar de los resultados de la Expansión con respecto a su promedio es de 0,013% en promedio, con un varianza de 0,0017%

4.3. Establecimiento de medias poblacionales

Los valores de medias poblaciones para este estudio son tomados de las especificaciones técnicas del proyecto y normas de la ABC.

Los valores de medias poblaciones para determinar la hipótesis planteada en este estudio son los obtenidos por el ensayo de Determinación de la Relación de Soporte del Suelo en

Laboratorio (CBR de laboratorio) (ASTM D1883 AASHTO T-193). Este ensayo como resultados nos da el Índice de Soporte California (CBR) y la Expansión.

Tabla 4.61. Valores de Media Poblacional (μ)

Nº	Tipo	Valor	Unidad
1	CBR al 100%	80	%
2	Expansión	0,5	%

Fuente: Elaboración propia

4.4. Paso para la comprobación de hipótesis

4.4.1. Prueba de hipótesis

4.4.1.1. Prueba de normalidad

Se debe comprobar si los datos responden a un tipo de distribución normal, para poder realizar la prueba de hipótesis t de Student. Para ello se hará uso de un software estadístico IBM SPSS Statistics 21.

Datos

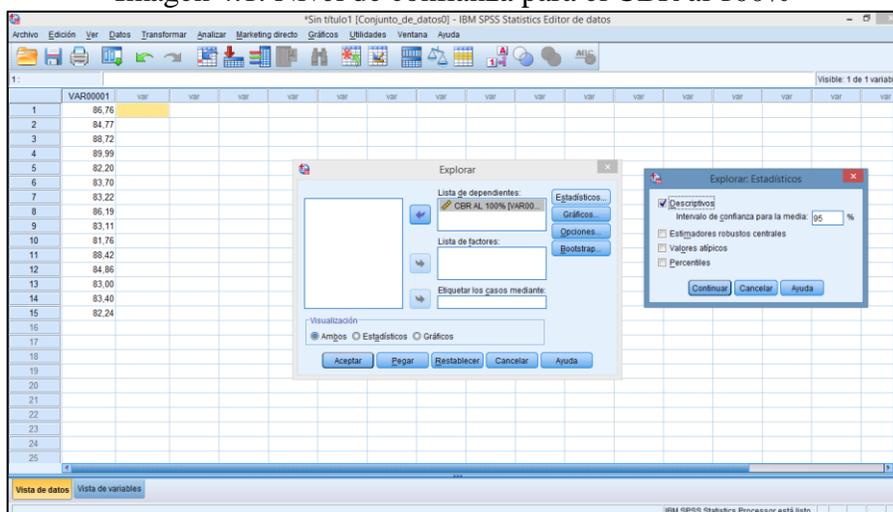
Tabla 4.62. Datos del CBR al 100% para la prueba de normalidad

Nº	Pozo	Prof.	CBR
		m	100%
1	0+050	0,15	86,76
2	0+150	0,15	84,77
3	0+250	0,15	88,72
4	0+350	0,15	89,99
5	0+450	0,15	82,20
6	0+550	0,15	83,70
7	0+650	0,15	83,22
8	0+750	0,15	86,19
9	0+850	0,15	83,11
10	0+950	0,15	81,76
11	1+050	0,15	88,42
12	1+150	0,15	84,86
13	1+250	0,15	83,00
14	1+350	0,15	83,40
15	1+450	0,15	82,24

Fuente: Elaboración propia

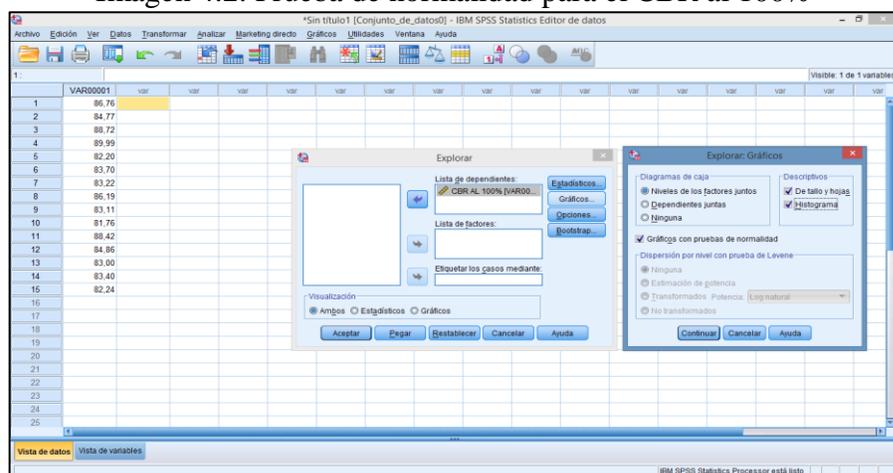
Los parámetros que se necesita para el programa es el nivel de confianza este es de 95%.

Imagen 4.1. Nivel de confianza para el CBR al 100%



Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

Imagen 4.2. Prueba de normalidad para el CBR al 100%



Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

Tabla 4.63. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 100%	0,20	15	0,11	0,90	15	0,09

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

Como el nivel de confianza (NC) es de 95%, se determina el nivel de significancia o significación (α), este valor tendrá que ser comparado con el valor de grado de significancia (Sig.) que arrojará el programa.

$$\alpha = 100\% - NC$$

$$\alpha = 100\% - 95\% = 5\% = 0,05$$

A pesar de que la prueba de Kolmogorov-Smirnov^a da un grado de significancia de 0,20 y al compararlo con el nivel de significación calculado (α) que es de 0,05, el primero al ser mayor se puede afirmar que los datos son de una distribución normal. No obstante esta prueba es para datos mayores a 50 con lo que no entra en consideración.

La prueba de Shapiro-Wilk es para datos menores a 50 datos, por lo tanto es la que analizamos. Como el grado de significancia es de 0,09 que es mayor al nivel de significancia (α) a 0,05 se afirma que los datos pertenecen a una distribución normal.

4.4.1.2. Definición de hipótesis nula e hipótesis alternativa

Para este procedimiento se tiene que definir una hipótesis nula y una hipótesis alternativas, que tiene relación con la hipótesis del proyecto.

Hipótesis del proyecto

La restitución de una nueva capa base es posible con el aprovechamiento de la combinación de material proveniente de un tratamiento superficial doble y capa base vieja que cumpla con las condiciones de resistencia expresada en CBR.

Hipótesis nula

Para la hipótesis nula (H_0), se requiere que el CBR al 100% mínimo es de 80%, esta es la siguiente:

$$H_0 = \mu \geq 80\%$$

Hipótesis alternativa

La hipótesis alternativa (H_a), está definida de la siguiente manera:

$$H_a = \mu < 80\%$$

4.4.1.3. Valor de t de student

Nivel de significancia (α) es 0,05.

Grados de libertad (GL).

La cantidad de datos muestral (n) es de 15.

$$GL = n - 1 = 14$$

Con estos dos datos de grados de libertad (GL) y nivel de significación (α), entramos a la tabla y obtenemos el valor de t_0

Tabla 4.64. Valor de t_0

Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
13	0,6938	1,3502	1,7709	2,1605	2,6503	3,0123
14	0,6924	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,6912	1,3406	1,7531	2,1315	2,6025	2,9467

Fuente: <http://cms.dm.uba.ar>

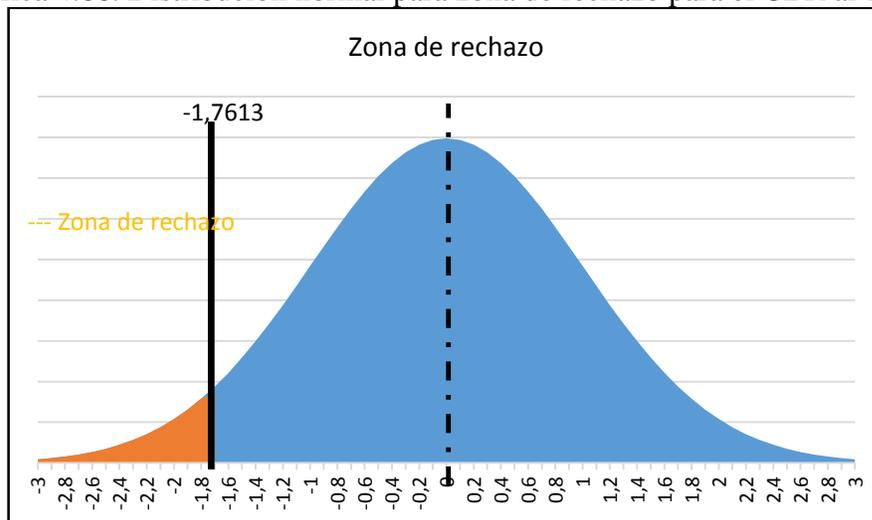
$$t_0 = 1,7613$$

Como la hipótesis alternativa es menor:

$$t_0 = -1,7613$$

La zona de rechazo es

Gráfica 4.66. Distribución normal para zona de rechazo para el CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.4. Prueba estadística

Tabla 4.65. Datos Estadísticos del CBR al 100%

Datos estadísticos del CBR al 100%			
Dato	Símbolo	Valor	Unidad
Numero de datos	n	15	-
Media muestral	\bar{x}	84,82	%
Desviación estándar	S	2,61	%

Fuente: Elaboración propia

Media poblacional (μ): 80%

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{84,82\% - 80\%}{\frac{2,61\%}{\sqrt{15}}} = 7,15$$

4.4.1.5. Decisión y conclusión

Decisión:

- El valor de t no cae en la zona de rechazo, por lo tanto aceptamos como válida la hipótesis nula.

Conclusión:

- Se puede afirmar que el CBR promedio del tramo estudiado es mayor a 80% con una significación del 5%, esto quiere decir que el tramo es apto como Capa Base.

4.4.2. Prueba para los datos de expansión

4.4.2.1. Prueba de normalidad

Se debe comprobar si los datos responden a un tipo de distribución normal, para poder realizar la prueba de hipótesis t de Student. Para ello se hará uso de un software estadístico IBM SPSS Statistics 21.

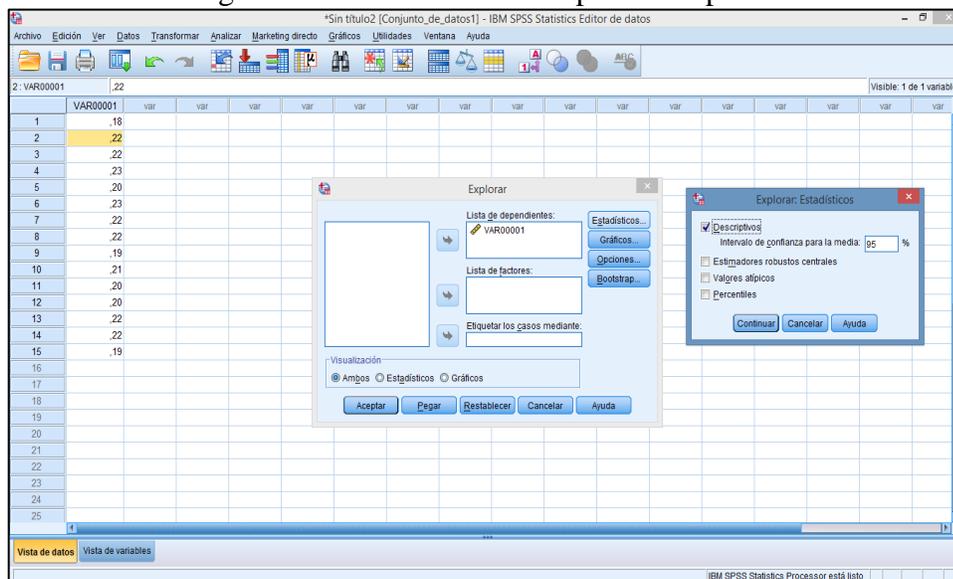
Tabla 4.66. Datos de la Expansión para la prueba de normalidad

Nº	Pozo	Prof.	Exp.
		m	%
1	0+050	0,15	0,18
2	0+150	0,15	0,22
3	0+250	0,15	0,22
4	0+350	0,15	0,23
5	0+450	0,15	0,20
6	0+550	0,15	0,23
7	0+650	0,15	0,22
8	0+750	0,15	0,22
9	0+850	0,15	0,19
10	0+950	0,15	0,21
11	1+050	0,15	0,20
12	1+150	0,15	0,20
13	1+250	0,15	0,22
14	1+350	0,15	0,22
15	1+450	0,15	0,19

Fuente: Elaboración propia

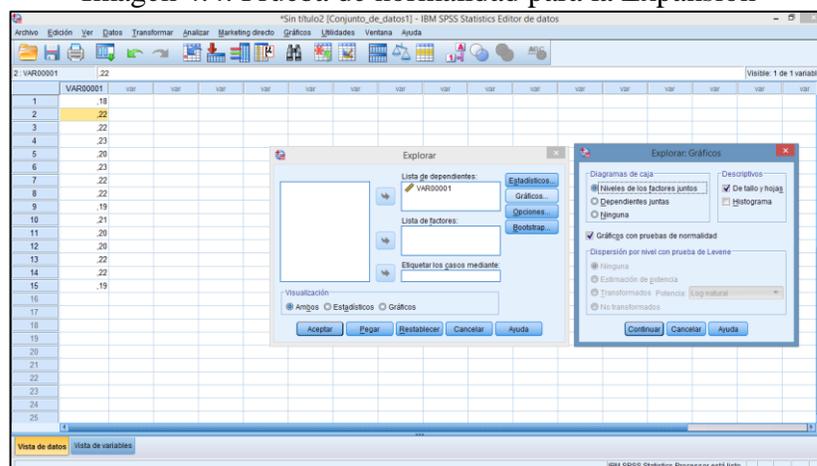
Los parámetros que se debe ingresar es el nivel de confianza que es de 95%

Imagen 4.3. Nivel de confianza para la Expansión



Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

Imagen 4.4. Prueba de normalidad para la Expansión



Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

Tabla 4.67. Prueba de normalidad para la Expansión

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Expansión	0,27	15	0,004	0,89	15	0,08

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics 21

La prueba de Kolmogorov-Smirnov^a la prueba da un grado de significancia de 0,004 que es menor al nivel de significancia (α) que es de 0,05 con lo que se determina que los datos no pertenecen a distribución normal, pero esta prueba se hace para datos mayores a 50, por lo tanto esta prueba es rechazada.

La prueba de Shapiro-Wilk es para menores a 50 datos, por lo tanto es la que analizamos. Como el grado de significancia es de 0,08 que es mayor al nivel de significancia (α) de 0,05 se afirma que los datos pertenecen a un distribución normal.

4.4.2.2. Definición de hipótesis nula e hipótesis alternativa

Para la hipótesis nula y la hipótesis alternativa se tomara el valor de las especificaciones técnicas del proyecto y de las norma de ABC, esta indica que la expansión no debe ser mayor a 0,5%.

Hipótesis nula

Para la hipótesis nula (H_0), se requiere que la expansión no debe ser mayor a 0,5%:

$$H_0 = \mu < 0,5\%$$

Hipótesis alternativa

La hipótesis alternativa (H_a), está definida de la siguiente manera:

$$H_a = \mu \geq 0,5\%$$

4.4.2.3. Valor de t de student

Nivel de significancia (α) es de 0,05.

Grados de libertad (GL).

La cantidad de datos maestral (n) es de 15.

$$GL = n - 1$$

$$GL = 15 - 1 = 14$$

Con estos dos datos de grados de libertad (GL) y nivel de significación (α), entramos a la tabla 4.64. Valor de t_0 se obtiene el valor de to:

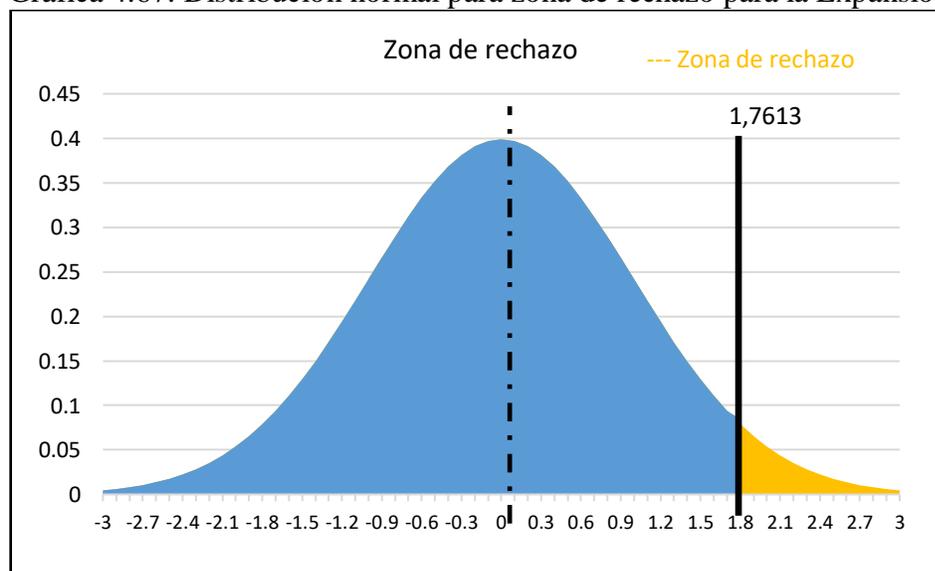
$$t_0 = 1,7613$$

Como la hipótesis alternativa es mayor, se mantiene to:

$$t_0 = 1,7613$$

La zona de rechazo está indicada en la gráfica.

Gráfica 4.67. Distribución normal para zona de rechazo para la Expansión



Fuente: Elaboración propia

4.4.2.4. Prueba estadística

Tabla 4.68. Datos Estadísticos de la Expansión

Datos estadísticos de la Expansión			
Dato	Símbolo	Valor	Unidad
Numero de datos	n	15	-
Media muestral	\bar{x}	0,21	%
Desviación estándar	S	0,015	%

Fuente: Elaboración propia

Media poblacional (μ): 0,5%

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{0,21\% - 0,5\%}{\frac{0,015\%}{\sqrt{15}}} = -74,87$$

4.4.2.5. Decisión y conclusión

Decisión:

- El valor de t no cae en la zona de rechazo, por lo tanto aceptamos como válida la hipótesis nula.

Conclusión:

- Se puede afirmar que la Expansión promedio del tramo estudiado es menor a 0,5% con una significación del 5%, esto quiere decir que el tramo cumple con las especificaciones de expansión para Capa Base.

4.4.3. Conclusión final

Los valores que arroja el ensayo de Determinación de la Relación de Soporte del Suelo en Laboratorio (CBR de laboratorio) (ASTM D1883 AASHTO T-193), son los valores del índice del CBR y la expansión. Los valores de la media del CBR al 100% y de la Expansión cumplen con los requerimientos para Capa Base de las especificaciones técnicas del proyecto de CONSTRUCCIÓN ASFALTADO CALLES MUNICIPIO DE SAN LORENZO”.

En la prueba de hipótesis se afirmar:

- Que el promedio del CBR al 100% del tramo estudiado es mayor a 80% con una significación del 5%.
- También se afirma que la Expansión en promedio del tramo estudiado es menor a 0,5% con una significación del 5%.

Con esto concluye que si es posible el reciclaje de una nueva capa base con el aprovechamiento de la combinación de material proveniente de un tratamiento superficial doble y capa base vieja que cumpla con las condiciones de resistencia expresada en CBR, para el tramo estudiado.

4.5. Resumen analítico

Para llevar a cabo la restitución de la Capa Base, se usó conceptos y metodologías que pertenecen a la estabilización de suelos. Esta restitución es un reciclaje de materiales de pavimento flexible, pero con la característica de que su ejecución es propia de una estabilización, ya que se necesita encontrar una dosificación de la mezcla de los materiales que cumpla con las especificaciones requeridas. La forma en que se ejecuta el proceso constructivo, desde la disgregación de material, la mezcla de ambos materiales hasta el punto de ser lo más uniforme posible, para luego ser compactado son similares al de una estabilización de suelos

4.6. Resultados

La dosificación será la siguiente.

Tabla 4.69. Resultados del diseño de la mezcla para la Capa Base Nueva

Espejo de Capa Base	0,10 m
Espejo de 2 capas de TSD	0,05 m
% De Capa Base	83
% De Tratamiento Superficial Doble (2 capas)	17
Proporción de C. B.	0,83
Proporción de TSD	0,17

Fuente: Elaboración propia

Resultados de CBR y expansión.

Tabla 4.70. Resultados del CBR y Expansión de la Capa Base Nueva

N°	Pozo	Prof.	CBR C. B. N.	Expansión C. B. N.
		m	100%	%
1	0+050	0,15	87,22	0,22
2	0+150	0,15	83,68	0,22
3	0+250	0,15	87,47	0,22
4	0+350	0,15	90,52	0,23
5	0+450	0,15	82,55	0,20
6	0+550	0,15	84,70	0,23
7	0+650	0,15	84,18	0,22
8	0+750	0,15	85,72	0,22
9	0+850	0,15	81,87	0,19
10	0+950	0,15	81,60	0,21
11	1+050	0,15	88,45	0,20
12	1+150	0,15	84,69	0,20
13	1+250	0,15	83,31	0,22
14	1+350	0,15	82,43	0,22
15	1+450	0,15	81,03	0,19
Promedio			84,63	0,21

Fuente: Elaboración propia

Resultado del aprovechamiento de los materiales del Tratamiento Superficial Doble y Capa Base Vieja

Tabla 4.71. Resultados del aporte y composición a la base nueva

N°	Capa	Espeso de diseño	Aporte de material	Composición en la nueva capa base
		m	%	%
1	Capa Base vieja	0,1	66,67	83
2	TSD (2 capas)	0,05	100	17

Fuente: Elaboración propia

4.7. Especificación técnica del producto terminado

Las especificaciones técnicas para del proyecto donde se contempla la conformación de una capa base reciclada con material de una capa base vieja y tratamiento superficial doble.

Los ítems a ser considerados son los siguientes:

Tabla 4.72. Ítems del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad
1	Instalación de Faenas	glb
2	Movilización Y Desmovilización De Equipo	glb
3	Replanteo y trazado topográfico	km
4	Prov. Y Coloc. Letrero De Obra	pza
5	Excavación par reciclaje	m ³
6	Sobreacarreo	m ³ /Km
7	Conformación de capa base reciclada	m ³
8	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	m ²
9	Tratamiento superficial doble	m ²

Fuente: Elaboración propia

A continuación de desarrollar las especiaciones técnicas para los ítems Excavación para Reciclaje y Conformación de Capa Base Reciclada descrito en la tabla 4.71. Estos ítems son modificados a los convencionales, con el fin de poder de poder adaptarlos a las nuevas condiciones del proyecto.

4.7.1. Excavación para reciclaje (unidad: m³)

Descripción

Consiste en la pulverización o disgregación de los materiales de las capas de rodadura y capa base.

Material, equipo y mano de obra

A continuación se detalla los insumos más importes para el desarrollo de esta actividad de acuerdo a los precios unitarios:

5	Excavación para reciclaje		
	Descripción (insumo)	Unidad	Rendimiento
	Motoniveladora	Hra	0,026
	Operador de Equipo Pesado	Hra	0,040
	Ayudante Maquinaria y Equipo	Hra	0,025

Ejecución

Comprende la pulverización de los materiales de la capa de rodadura y capa base, a una profundidad indicada por ingeniero supervisor y/o planos y las demás medidas por la el ancho y largo de la calle.

Medición

El volumen será medido en metros cúbicos de materiales escarificado o disgregado.

Forma de pago

Los trabajos de excavación para reciclaje, serán pagados compensación total por concepto, pulverización o disgregación, la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar este ítem de trabajo. .

4.7.2. Capa base reciclada (unidad: m³)

Descripción

Consiste en la conformación de una nueva capa base, que compuesta con material de una capa base vieja y tratamiento superficial doble, que cumpla con las condiciones de resistencias mínimas requeridas por indicas por su CBR.

Material, equipo y mano de obra

Material de capa base vieja

El material de capa base vieja deberá estar compuesto por un granulometría que se encuentre por la graduación indicada en la siguiente tabla.

Tamiz (Malla cuadrada AASHTO M-147- 65)	Porcentajes por peso del material que pasa	
	Tipo de gradación	
	A	B
2"	100	100
1"	-	75 - 95
3/8"	30 - 65	40 - 75
Nº 4	25 - 55	30 - 60
Nº 10	15 - 40	20 - 45
Nº 40	8-20	15 - 30
Nº 200	2-8	5-20

Con una densidad mínima de 2171 kg/m³ y un CBR al 100% de 54%. Estos valores mínimos requeridos para que la capa base nueva cumpla con la condiciones de resistencia.

Material de tratamiento superficial doble

El material de tratamiento superficial doble corresponde a 2 capas de este, debe tener entre 6,60% y 8,00% de contenido de asfalto. Su granulometría debe estar compuesta por lo menos en 72% de grueso y lo que pase el tamiz N°10 no debe ser mayor al 5%.

A continuación se detalla los insumos más importantes para el desarrollo de esta actividad de acuerdo a los precios unitarios:

7	Confor. Capa base reciclada		
	Motoniveladora	Hra	0,054
	Comp. Vibr. Rodillo Liso Autopropulsado	Hra	0,045
	Compactador Neumático 10 Tn.	Hra	0,023
	Camión Cisterna 20000 Lts.	Hra	0,020
	Camión Volquete 12 m ³	Hra	0,041
	Operador de Equipo Pesado	Hra	0,068
	Operador de Equipo Liviano	Hra	0,041
	Operador de Equipo Liviano	Hra	0,020
	Ayudante Maquinaria y Equipo	Hra	0,068
	Chofer	Hra	0,020
	Chofer	Hra	0,054

Dentro de los precios unitarios no se considera el material de la capa base, ya que este se encuentra in situ.

Capa base nueva

La capa base nueva debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Granulometría compuesta entre la gradación A o B.
- CBR mayor al 80%
- Expiación máxima de 0,5%

Ejecución

Comprende mezclado y distribución de los materiales de las capas de la capa de rodadura y capa base vieja. Así mismo como el humedecimiento o desecación, compactación y acabado de la nueva capa base formada con los materiales de base vieja y tratamientos superficial doble, colocados sobre una superficie debidamente preparada y en el ancho

establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor indicados por supervisor y/o planos luego de su compactación.

Control por el ingeniero

Control Tecnológico

Serán ejecutados los siguientes ensayos:

Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima por el método AASHTO T-180 D, con un espaciamiento máximo de 100 metros lineales, con las muestras recogidas en puntos que obedezcan siempre el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc., a 60 cm del borde.

Determinación de la densidad en sitio cada 100 metros lineales en los puntos donde fueran obtenidas las muestras para los ensayos de compactación.

Determinación del contenido de humedad cada 100 metros lineales inmediatamente antes de la compactación.

Ensayos de granulometría, según los métodos AASHTO T-27, con espaciamiento máximo de 100 metros lineales.

Un ensayo del Índice de Soporte de California (CBR), con un espaciamiento de 100 metros lineales, a y un mínimo de un ensayo cada dos días. Para la aceptación, serán considerados los valores absolutos de los resultados de los ensayos.

Control Geométrico

Después de la ejecución de la capa de base, se procederá al control de niveles del eje y los bordes, permitiéndose las siguientes tolerancias:

Variación máxima en el ancho de más (+) 10 cm, no admitiéndose variación en menos (-).

Variación máxima en el bombeo establecido de más (+) 0.5%, no admitiéndose variación en menos (-)

Variación máxima de cotas para el eje y para los bordes de más, menos (\pm) 2 cm con relación a las cotas de proyecto.

Variación máxima de menos (-) 2 cm en el espesor de la capa con relación al espesor indicado en los planos y/u Órdenes de Trabajo, medido como mínimo en un punto cada 100 metros.

Medición

El volumen de la base será medido en metros cúbicos de materiales, compactado y aceptado de acuerdo a indicación de diseño.

Forma de pago

Este precio será la compensación total por concepto, mezclado y compactación y por todo la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar este ítem de trabajo.

Los demás ítems necesario considerados del presupuesto, que contempla una capa base reciclada están indicados en el ANEXO I.

Los demás ítems necesario considerados están descrito en el ANEXO I.

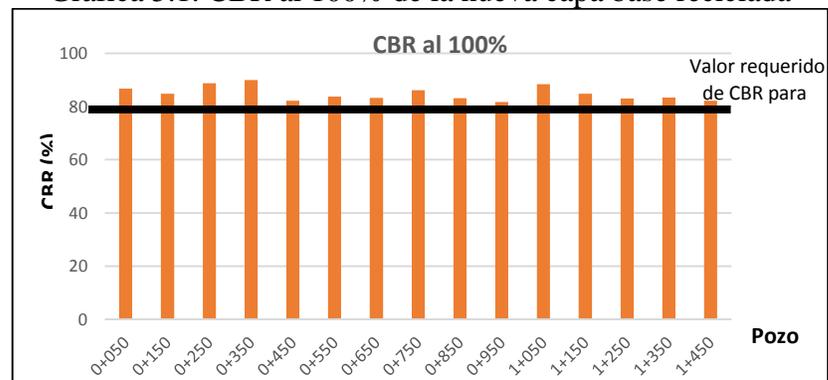
CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al analizar de la nueva capa base reciclada se concluyó que en todos los pozos de muestreo supera el 80% de índice de CBR, en promedio el tramo de estudio tiene un CBR de 84,82 %. Con la cual se afirma que la nueva capa base reciclada cumple con las condiciones de mínimas de resistencia de CBR.

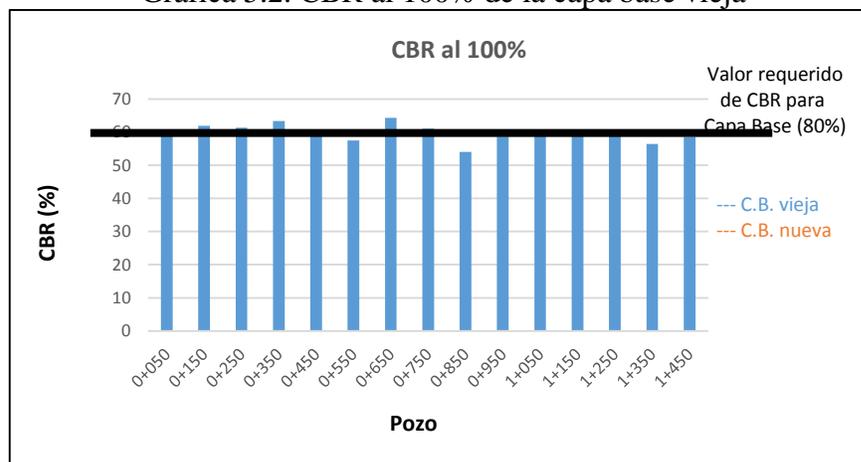
Gráfica 5.1. CBR al 100% de la nueva capa base reciclada



Fuente: Elaboración propia

- La capa base vieja como se muestra en la figura 5.2 en ninguno de los pozos de estudio llega al 80%, en promedio tiene un CBR de 59,55. Por lo tanto se concluye que la capa base vieja no cumple con las resistencia mínimas de CBR, este es una de la razones por la cual la capa de rodadura presenta deformaciones.

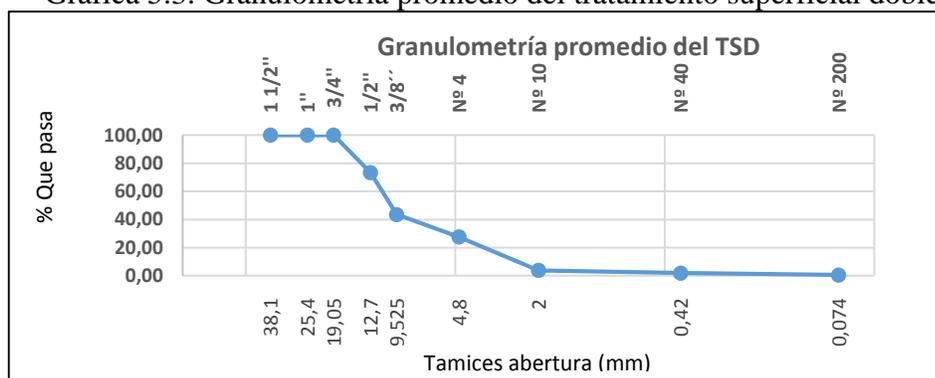
Gráfica 5.2. CBR al 100% de la capa base vieja



Fuente: Elaboración propia

- Los ensayos al tratamiento superficial doble determinaron que está compuesto en 7,20 de asfalto y 92,80 de agregado Como se muestra en la gráfica 5.3, en promedio el tratamiento superficial doble tiene un 72,33% de agregado grueso y un 27,67% de agregado fino. En a misma gráfica se observa que en un 96,10% del material esta entre lo que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " y retenido en la mal N°10. Estos dos aspectos son importantes ya que provocar una reducción en los pasantes de la granulometría de la nueva capa base

Gráfica 5.3. Granulometría promedio del tratamiento superficial doble



Fuente: Elaboración propia

- La dosificación de la muestra de los materiales de 2 capas de TSD y Capa Base vieja para la Capa Base nueva con las condiciones del proyecto es la siguiente:

Tabla 5.1. Dosificación de la mezcla

Espeso de Capa Base	0,10 m
Espesor de 2 capas de TSD	0,05 m
% De Capa Base	83
% De Tratamiento Superficial Doble (2 capas)	17
Proporción de C. B.	0,83
Proporción de TSD	0,17

Fuente: Elaboración propia

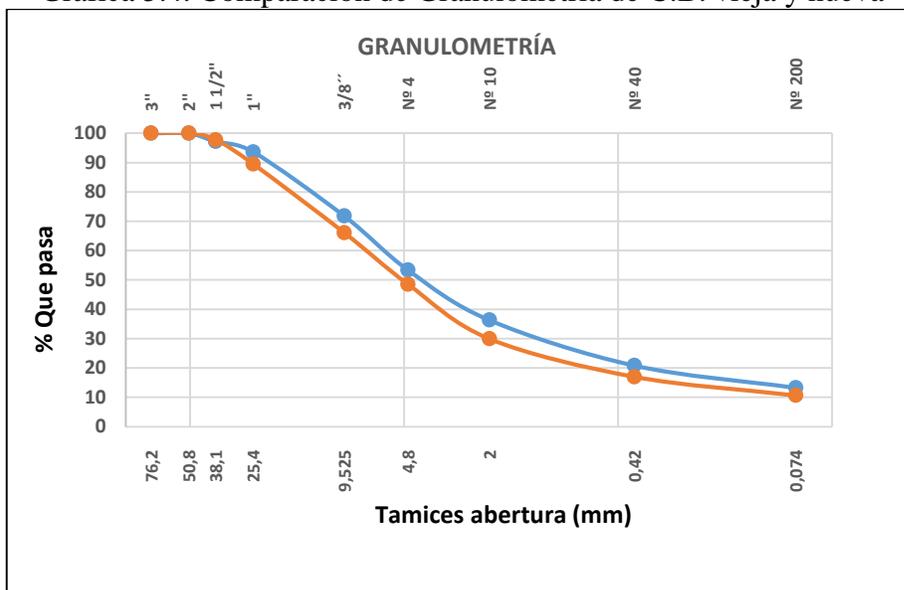
- La Capa Base Reciclada, en su granulometría existe una reducción en algunos de los pasantes en los tamices de 1" para bajo como se muestra en la tabla 5.2, esto se debe el aporte de material del Tratamiento Superficial Doble, con la mayor concentración del material de TSD está en los tamices $\frac{3}{4}$ " y N°10 esto provoca que la granulometría de la nueva capa base los pasantes N°40 y N°200 tenga en porcentaje a mayor reducción.

Tabla 5.2. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva

Estado	Pozo	Prof. m	Mallas								
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
Estado Inicial.	Prom.	0,15	100	100	97,25	93,66	71,66	53,19	36,18	20,74	13,21
Mezcla	Prom.	0,15	100	100	97,84	89,29	65,60	47,68	29,21	16,69	10,48
Incremento (%)			0	0	0,61	-4,66	-8,47	-10,35	-19,26	-19,55	-20,66

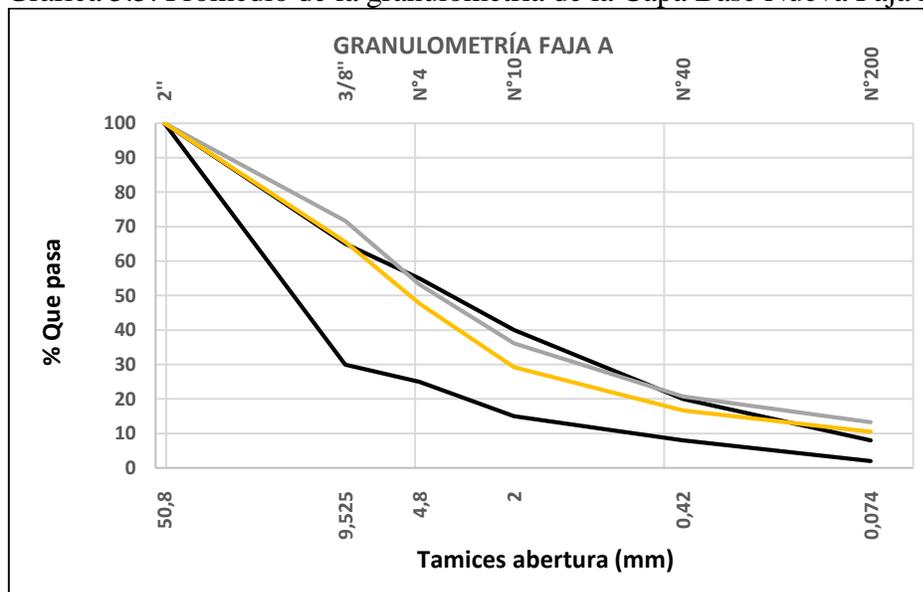
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5.4. Comparación de Granulometría de C.B. vieja y nueva



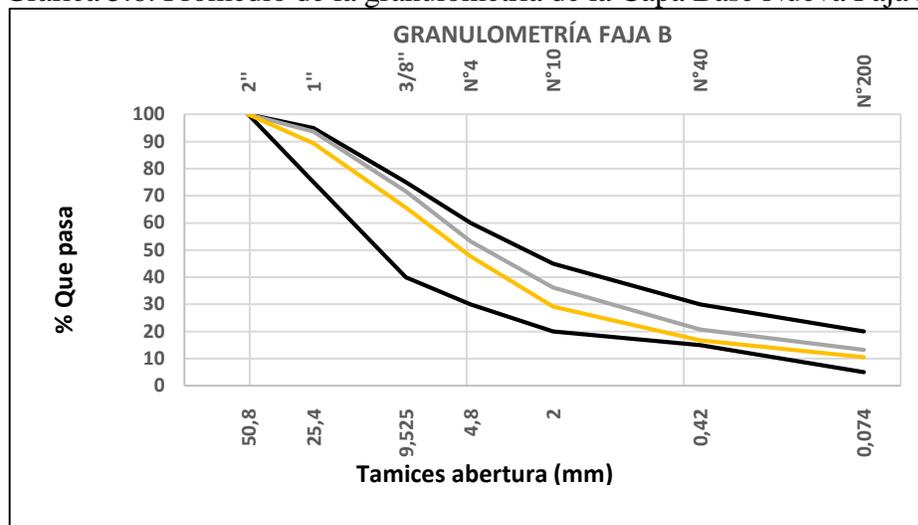
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5.5. Promedio de la granulometría de la Capa Base Nueva Faja A



Fuente: Elaboración propia

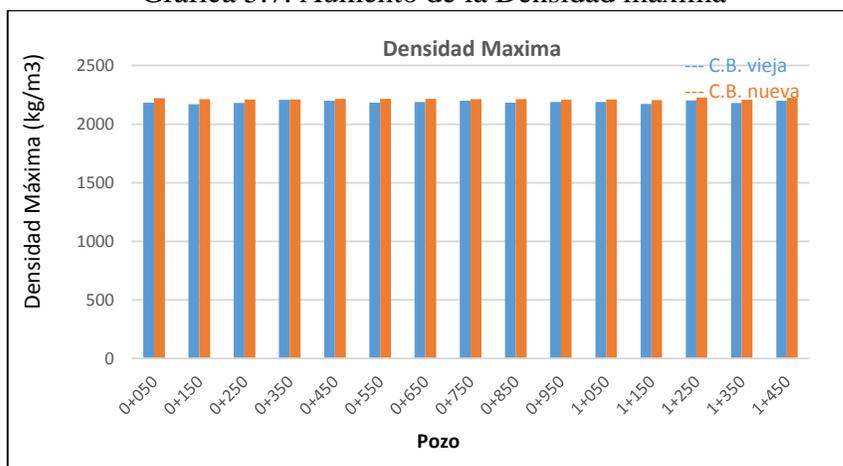
Gráfica 5.6. Promedio de la granulometría de la Capa Base Nueva Faja B



Fuente: Elaboración propia

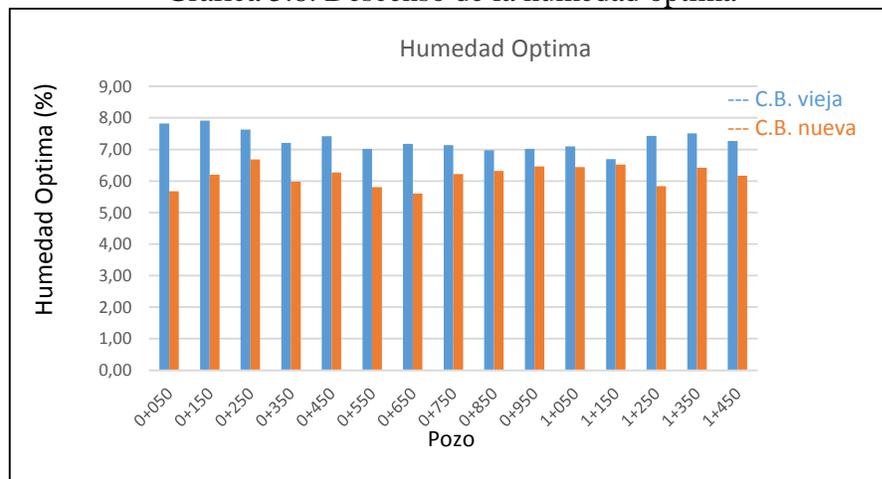
- Comparando las granulometrías de la base vieja y nueva, se observa en la gráfica 5.5 que ambas no cumplen con la gradación de la faja A, mientras que en la faja B tanto la granulometría de la Base vieja y nueva cumplen con esta gradación como se puede observar en la gráfica 5.6.
- En las gráficas 5.7 y 5.8, se observa un pequeño aumento en las densidades de 1,17% en promedio y una reducción de la humedad óptima promediada en 15,10%. La reducción de la humedad óptima se debe a que al Tratamiento Superficial Doble aumenta la parte gruesa. La densidad por otro lado el aumento no es muy significativo porcentualmente hablando.

Gráfica 5.7. Aumento de la Densidad máxima



Fuente: Elaboración propia

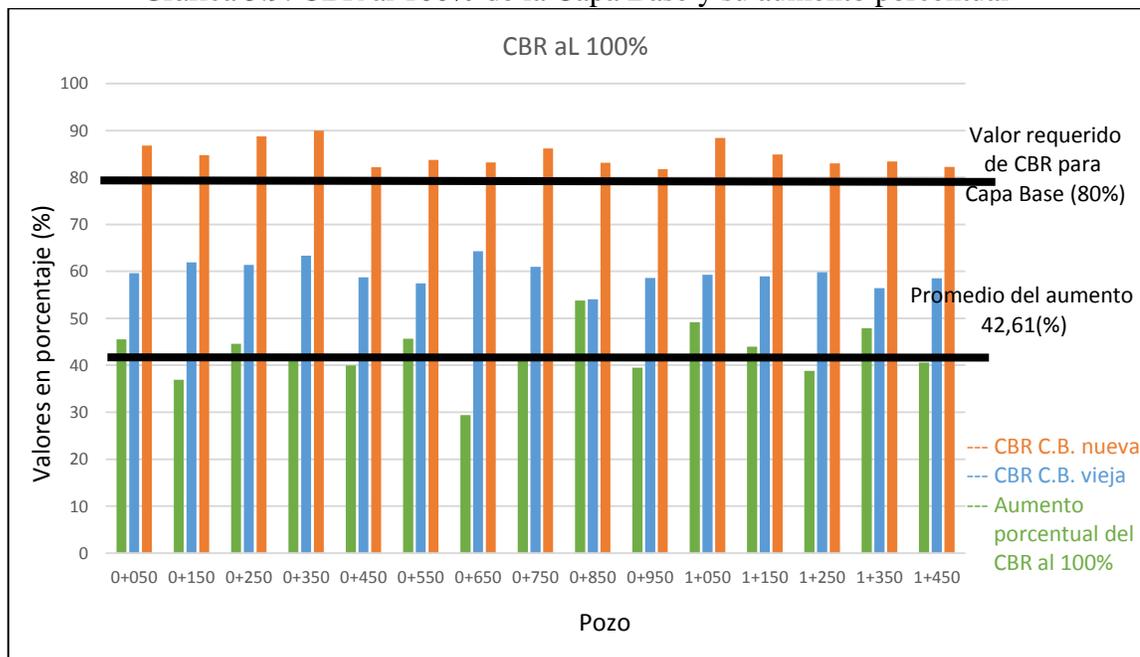
Gráfica 5.8. Descenso de la humedad optima



Fuente: Elaboración propia

- El aporte de material de tratamiento superficial doble provoca en la nueva capa base que su CBR aumente, como se observa en la gráfica 5.9 este aumento en promedio es de 42,61%. Debido a este aumento, los CBR al ser mayor a 80% la nueva capa base cumplen con las condiciones mínimas de resistencia.

Gráfica 5.9. CBR al 100% de la Capa Base y su aumento porcentual



Fuente: Elaboración propia

- El espesor de la nueva capa base de 0,15 metros. El diseño de dosificación (como se observa en la tabla 5.1) el espesor de material para el tratamiento superficial doble es de 0,05 y de la capa base vieja es de 0,10 metros. En la tabla 5.3 se observa

que los espesores del TSD y base vieja son de 0,05 metros y 0,15 metros. Con lo cual se concluye que el tratamiento superficial doble aporta un 100% de su material y la capa base vieja un 66,67% para la conformación de la nueva capa base, a su vez con este resultado se determinará que no se generará desperdicio de material.

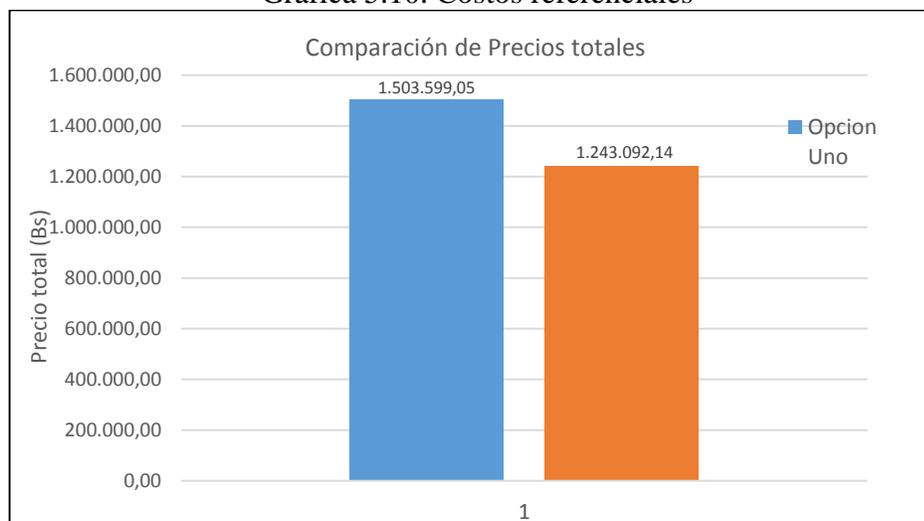
Tabla 5.3. Aporte y composición en la Nueva capa base

Capa	Espesor (m)	Aporte de material (%)	Composición en la nueva capa base (%)
Base vieja	0,15	66,67	83
TSD	0,05	100	17

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla 5.3 se observa que la nueva capa base está compuesta en un 83% de material de base vieja y un 17% de tratamiento superficial doble.
- Analizando dos alternativas de rehabilitación la opción uno siendo una convencional y la opción dos con una base reciclada. Se observa en la 5.11 que la opción con la base reciclada es más económica, con una reducción de 17,33% en relación a la opción uno. Esto es debido principalmente a que la nueva capa base no necesita de material para su construcción, lo que hace a este procedimiento económicamente viable.

Gráfica 5.10. Costos referenciales



Fuente: Elaboración propia

- Con los conceptos explicados en el marco conceptual (Capítulo II, sub título 2.2), el reciclaje de carreteras es la reutilización de material de una más capas para la conformación de una nueva capa a través de máquinas y/o equipo especial, no obstante el reciclaje que se propone no usa de maquina o equipo especial, la ejecución en campo es similar a la de una estabilización de suelos. Por lo tanto se concluye que esta procedimiento se lo conceptualiza como un Reciclaje in situ no convencional

5.2. Recomendaciones

- En rehabilitación de tramos de pavimento flexible, donde se hará retiro de una dos o más capas de la paquete, se recomienda se realizar un estudio presentado en este trabajo, para determinar si es posible recupera material de las capas que se quieren retiraran.
- En proyectos donde se realice este reciclaje, realizar estudio de tráfico y cálculos del paquete estructural para determinar que la nueva capa cumpla con las condiciones del tramo.
- Para tener un conocimiento lo más preciso posible de las condiciones de los materiales del tramo, se recomienda conseguir datos lo más representativa posibles, el estudio considera que cada 100 metros es el adecuado para la extracción de muestra. En el presente estudio debido a condiciones propias solo tomo muestra de un lado del carril, se recomienda tomar muestra de ambos lados.
- En la disgregación del material de la capa de Tratamiento Superficial Doble esta debe ser minuciosa para poder garantizar una disgregación efectiva del agregado grueso.
- En los ensayos de Densidad Máxima y CBR para la conformación de Capa Base Nueva, al mezclar los materiales del Tratamiento Superficial Doble y Capa Base vieja que este sea lo más uniforme posible, hacerlo en lo posible en un tiempo mínimo de 10 min, realizar esta mezcla de forma manual y con la ayuda de una herramientas con el objeto de disgregar posible cúmulos del material del TSD.

- En la realización de los ensayos ejecutados en este estudio, tomar las recomendaciones indicadas por las normas, para que los resultados no se influenciado por errores que se puedan cometer a la realización de dichos.