

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Reducción en el uso del derivado de petróleo en el  
diseño de la capa asfáltica con corrección de forma del  
agregado grueso y fino con una trituradora terciaria de  
impacto de eje vertical en la cantera km 1208  
Panamericana (Camiara) Tacna**

Jorge Santiago Sardon Paredes

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Julio Efraín Postigo Zumarán.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, agradecer a Dios por otorgarme la oportunidad, fuerzas y conocimiento para alcanzar mis metas y por todo lo que me regala día a día.

A mi familia por el soporte incondicional y aliento de cada día para poder alcanzar y realizar mis metas.

A todas las personas que de una y otra forma me dieron el aliento y ayuda necesaria para la culminación de mis sueños.

## **DEDICATORIA**

Dedico la culminación de esta investigación a mi hermano Henry por su apoyo aliento y colaboración por darse siempre un espacio y dar el consejo justo para así poder alcanzar esta meta.

A mi esposa y a mis pequeños Sammy y Coco por sacrificar tiempo con su papa para la culminación de este proyecto.

***Jorge Santiago Sardon Paredes.***

# INDICE

AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
INDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1 Planteamiento del estudio.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema. ....	1
1.1.2 Formulación del problema. ....	2
1.1.2.1 Formulación del problema general.....	2
1.1.2.2 Formulación de problemas específicos.....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.3.1 Justificación.....	3
1.3.1.1 Justificación técnica.....	3
1.3.1.2 Justificación económica.....	3
1.3.1.3 Justificación social.....	3
1.3.2 Importancia.....	3
1.4 Descripción de variables.....	4
1.4.1 Variable independiente.....	4
1.4.2 Variable dependiente.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes del problema .....	5

2.2	Bases teóricas .....	7
2.2.1	Objeto o finalidad de modificar los agregados que componen la capa asfáltica.	7
2.2.2	Pavimentos.....	7
2.2.3	Comportamiento de las mezclas.....	8
2.2.4	Interacciones de agregado de asfalto .....	9
2.2.5	Adhesión .....	10
2.2.6	Edad Asfáltica.....	12
2.2.7	Sensibilidad al Agua. ....	12
2.2.8	Resiliencia de los enlaces de los agregados de Asfalto.....	13
2.2.9	Propiedades de la mezcla asfáltica.....	13
2.2.10	Principales pruebas para determinar las propiedades físicas de la capa asfáltica	18
2.2.11	Pruebas que se efectúan en las emulsiones asfálticas. ....	20
2.2.12	Ubicación del equipo en el proceso. ....	22
2.2.13	Partes principales del equipo. ....	24
2.2.13.1	Sistema de chancado .....	24
2.2.13.2	Metodos de trituracion. ....	26
2.2.13.3	Métodos de alimentación.....	28
2.2.13.4	Rotor. ....	29
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	30
2.3.1	Ligante Asfáltico o derivado del petróleo .....	30
2.3.2	Chancadora de impacto de eje vertical o VSI. ....	31
2.3.3	Rotor. ....	31
2.3.4	Pavimento .....	31
2.3.5	Pavimento Rígido .....	31
2.3.6	Pavimento flexible.....	32
2.3.7	Calzada .....	32
2.3.8	Subrasante .....	32
2.3.9	Sellos de Mezclas.....	32
2.3.10	Lechada.....	32
2.3.11	Método Marshall .....	32
2.3.12	Método Superpave .....	32
2.3.13	Carpeta de Rodadura .....	33
2.3.14	Carpeta intermedia .....	33

2.3.15	Riego Asfáltico.....	33
2.3.16	Equivalente de Arena .....	33
2.3.17	Desgaste de los ángeles .....	33
2.3.18	Pruebas en asfalto.....	33
2.3.19	Contenido de asfalto en una mezcla.....	34
2.3.20	Reología .....	34
2.3.21	Agregado.....	34
CAPÍTULO III:.....		35
3	METODOLOGÍA.....	35
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	35
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	35
CAPÍTULO IV .....		36
4	PROPUESTA DE CIRCUITO.....	36
4.1	DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL ENTORNO DE TRABAJO.....	36
	Presupuesto e Inversión del proyecto.....	55
CONCLUSIONES .....		56
RECOMENDACIONES.....		57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		58
ANEXOS.....		59



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Granulometría A y C.....	37
Tabla N° 2 Especificaciones.....	38
Tabla N° 3 Especificaciones in situ.....	38
Tabla N° 4 Potencia.....	46
Tabla N° 5 Eficiencia.....	46
Tabla N° 6 Propiedades de los agregados.....	47
Tabla N° 7 Análisis del material de cantera.....	48
Tabla N° 8 Peso específico Grava.....	50
Tabla N° 9 Resultados Grava.....	50
Tabla N° 10 Peso específico Arena.....	50
Tabla N° 11 Resultados Arena.....	51
Tabla N° 12 Peso unitario compactado Grava.....	51
Tabla N° 13 Peso unitario suelto Grava.....	51
Tabla N° 14 Peso unitario compactado Arena.....	52
Tabla N° 15 Peso unitario suelto Arena.....	52
Tabla N° 16A Grava arena.....	52
Tabla N° 16B Grava arena.....	53
Tabla N° 17A Peso Específico.....	53
Tabla N° 17B Peso Específico.....	53
Tabla N° 18 Peso Específico.....	53
Tabla N° 19 Resultados.....	54
Tabla N° 20 Curva granulométrica.....	54
Tabla N° 21 Partículas chatas y alargadas.....	54
Tabla N° 22 Tabla final de resultados.....	55
Tabla N° 23 Presupuesto.....	55

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° M 1.1 Vista interna de dos mezclas asfálticas .....	15
Figura N° M 1.2 Desprendimiento de la última capa delgada.....	16
Figura N° M 1.3 Agrietamientos.....	17
Figura N° 1 Ubicación del equipo en proceso.....	23
Figura N° 2 Partes del equipo VCI .....	24
Figura N° 3 Sistema de chancado.....	25
Figura N° 4 Sistema de Chancado .....	26
Figura N° 5 Método de trituración.....	28
Figura N° 6 Alimentación.....	29
Figura N° 7 Rotor.....	29
Figura N° 8 Circuito de Chancado.....	40
Figura N° 9 Alternativa de chancado.....	41
Figura N° 10 Pilas de material chancado.....	42
Figura N° 11 Planteamiento con chocador primario y secundario.....	48
Figura N° 12 Incorporación del canchador terciario.....	49

## INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Planos de circuitos.....	60
Anexo N° 2 Registro fotografico.....	68
Anexo N° 3 Valorizaciones.....	73
Anexo N° 4 Propuesta económica.....	83

## RESUMEN

En el Perú, la infraestructura de las vías de comunicación está creciendo en forma escalonada debido que nuestro país no cuenta con una red de líneas de comunicación aceptable para un crecimiento económico sostenido con costos bajos de transporte. Económicamente sabemos que un país tiene una ventaja competitiva si este cuenta con las líneas de comunicación en este caso carreteras adecuadas para el transporte de mercancías e incluso sabemos que nuestro país depende mucho de la minería y como no contamos con líneas férreas solo dependemos del transporte por carreteras es por eso que los gobiernos de turno tienen como prioridad construir y mejorar carreteras y una mejora es el asfalto de las vías dentro de la norma que dicta el MTC.

El presente Trabajo de Investigación busca la optimización y mejora en la forma de los agregados que componen la capa asfáltica y así poder disponer de cualquier cantera y alcanzar los estándares que dicta la norma aprobada para los componentes de la capa asfáltica

Sabemos que uno de los componentes de mayor costo en la capa asfáltica es el derivado del petróleo este material se encarga de ligar y darle la resistencia requerida para el soporte de las cargas en la capa asfáltica pero a veces el material que se cuenta en carreteras realmente no cumple con las especificaciones técnicas de la norma y se puede corregir con aumento de ligante o derivado del petróleo encareciendo así el proyecto y a veces haciéndolo inviable.

La finalidad del Trabajo de Investigación es diseñar una modificación en la línea de la fabricación del agregado proporcionándole una chancadora terciaria de impacto de eje vertical la cual modifica la forma del agregado dándole muchas más aristas al agregado dándole una cohesión mecánica entre agregados y así poder usar un menor ligante también es comprobar como con la introducción de la chancadora terciaria mejora con las chatas y alargadas que a veces abundan en los agregados de canteras o son proporcionados en el chancado secundario por lo cual se comprobaría las mejoras en la forma del agregado y poder contar con cualquier cantera y así poder hacer viable cualquier proyecto de infraestructura vial.

Del Trabajo de Investigación se puede concluir:

- Al incorporar una chancadora terciaria de impacto de eje vertical en la línea de chancado va a modificar el agregado a usar una vez cambiando la forma de los agregados estos van a tener mejor cohesión y así reducir en uso del material ligante propiamente dicho en derivado del petróleo.
- Las propiedades de la chancadora de impacto de eje vertical nos asegura que las chatas y alargadas siempre presente después del chancado secundario o primario que son las causantes del encarecimiento de los proyectos de infraestructura vial va a ser posible utilizar cualquier cantera e incluso material descartado de voladura.
- La reducción del uso del derivado del petróleo además de mejorar en costos a cualquier proyecto de infraestructura vial nos asegura el cuidado y mejora en las afectaciones al medio ambiente que siempre está presente en cualquier proyecto de esta envergadura.

## ABSTRACT

In Peru, the infrastructure of communication routes is growing in a staggered manner because our country does not have an acceptable network of communication lines for sustained economic growth with low transport costs. Economically we know that a country has a competitive advantage if it has the communication lines in this case suitable roads for the transport of goods and we even know that our country depends a lot on mining and since we do not have railways we only depend on transport by Roads is why the governments of the day have as a priority to build and improve roads and an improvement is the asphalt of the roads within the standard dictated by the MTC.

This Research Work seeks the optimization and improvement in the form of the aggregates that make up the asphalt layer and thus be able to have any quarry and reach the standards dictated by the approved standard for the components of the asphalt layer We know that one of the most expensive components in the asphalt layer is the petroleum derivative. This material is responsible for binding and giving it the resistance required to support the loads in the asphalt layer but sometimes the material that is counted on roads is not It complies with the techniques specifications of the standard and can be corrected with an increase in binder or oil derivative, making the project more expensive and sometimes making it unfeasible.

The purpose of the Research Work is to design a modification in the manufacturing line of the aggregate by providing a tertiary crusher of vertical axis impact which modifies the shape of the aggregate giving many more edges to the aggregate giving it a mechanical cohesion between aggregates and thus being able to use A minor binder is also to verify how with the introduction of the tertiary crusher it improves with the flat and elongated ones that sometimes abound in the quarry aggregates or are provided in the secondary crushing, so that the improvements in the shape of the aggregate and power could be verified have any quarry and thus be able to make any road infrastructure project viable.

The work of research it can be concluded:

- By incorporating a tertiary crusher with vertical axis impact in the crushing line, the aggregate to be used will be modified once the shape of the aggregates is changed, they will have better cohesion and thus reduce the use of the binding material itself derived from the Petroleum.

- The properties of the vertical axis impact crusher ensures that the flat and elongated flat always present after secondary or primary crushing that are the cause of the cost of road infrastructure projects will be possible to use any quarry and even discarded material blasting.
- The reduction in the use of the petroleum derivative in addition to improving costs to any road infrastructure project ensures us the care and improvement in the environmental effects that are always present in any project of this embargo.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo primordial del Trabajo de Investigación es diseñar un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire que permita incrementar la disponibilidad en una celda de flotación, puesto que las fallas recurrentes en el equipo pueden generar un daño catastrófico futuro.

La estructura del presente Trabajo de Investigación es:

- **En el Capítulo I.**

En este capítulo se desarrolló el planteamiento del problema: general y específicos; se formuló los objetivos: general y específico; se ha sustentado la justificación e importancia del Trabajo de Investigación, también se ha consignado la hipótesis y descripción de variables.

- **En el Capítulo II,**

En este capítulo se indica todos los trabajos de investigación, análisis, tesis, entre otros documentos que nos sirvieron de base para redactar el marco teórico que nos sirvió de apoyo para el desarrollo del Trabajo de Investigación y se definió términos.

- **En el Capítulo III,**

En este capítulo se trabajó el método y alcance de la investigación, el diseño de la investigación, se analizó la población y muestra y por ultimo las técnicas que nos permitieron realizar la descripción del Trabajo de Investigación.



- **En el Capítulo IV,**

En este capítulo se describe la propuesta del circuito de chancado, se realiza una breve descripción del entorno de trabajo, se explica el Circuito actual. Se muestra el Circuito propuesto con la inclusión de la nueva chancadora. Y el presupuesto que está a precios de mercado sin sumar más por la incorporación de la chancadora terciaria.

- **Conclusiones y Recomendaciones**

Aquí podemos encontrar las conclusiones y recomendaciones alcanzadas dado el análisis realizado en el Trabajo de investigación

- **Referencias bibliográficas.**

En esta sección podemos encontrar el listado de todas las fuentes que se utilizaron para el desarrollo del Trabajo de Investigación.

# CAPÍTULO I

## Planteamiento del estudio

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 Planteamiento del problema.

Actualmente a nivel mundial, las nuevas tecnologías en el proceso de construcción de obras de infraestructura esencialmente vial tienen la tendencia de mejorar el diseño de la capa asfáltica por lo económico y a su vez así colaborar con el medio ambiente puesto que el menor uso de cualquier derivado del petróleo se han vuelto tendencia en todas las actividades económicas si bien es cierto que el pavimento está compuesto por el conjunto de agregado o material directamente seleccionado que se reciben en las diferentes cargas del tránsito y son transmitidas a los estratos inferiores en forma amortiguada o disipada, dando una superficie de rodamiento la cual debe funcionar eficientemente, estas capas que conforman el pavimento son sub-base, base y carpeta asfáltica los materiales que dan lugar las dos primeras capas son pétreos que se obtienen de las diferentes canteras y solo se fabrican mecánicamente con diferentes chancadoras pero solo se instala con humedad y compactación la capa asfáltica está conformada con el mismo derivado pétreo pero con la aleación del derivado del petróleo que es caro y también afecta el medio ambiente con el consumo de este derivado. También es cierto que el uso de este derivado del petróleo muchas veces encarece los proyectos y a veces hace inviable muchos proyectos que son descartados por el país pero que determina el uso del ligante o derivado del pétreo pues es la forma de los agregados pétreos estos tienen una característica especial y a su vez son normados por normas dictadas por el estado través del MTC es por eso que se tiene que encontrar la forma de poder controlar la forma de los agregados y así poder tener la oportunidad de hacer posible cualquier proyecto vial.

## **1.1.2 Formulación del problema.**

### **1.1.2.1 Formulación del problema general.**

¿Cómo la corrección de Forma del agregado fino y grueso obtenido de la trituración con una chancadora terciaria de impacto de eje vertical permitirá la reducción del uso del derivado del petróleo en el diseño de la capa asfáltica?

### **1.1.2.2 Formulación de problemas específicos.**

- ¿Cómo en el chancado de material mejora la calidad de los agregados y este a su vez mejorará la adherencia con el derivado del petróleo?
- ¿De qué forma la presencia de agregados con mejores condiciones en su forma mejorará el diseño de la capa asfáltica?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar si una configuración adecuada en el proceso de chancado de los agregados adecuando en esta configuración una chancadora terciaria de impacto de eje vertical considerando que en el chancado con esta nueva configuración mejorara la calidad del agregado.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Precisar si la mejorar además el los agregados los componentes de chatas y alargadas siempre presente en estos tipos pétreos.
- Precisar si la mejora la adherencia con la fabricación de arena con más aristas y este a su vez mejorar el diseño de mezcla asfáltica.

### **1.3 Justificación e importancia.**

#### **1.3.1 Justificación.**

##### **1.3.1.1 Justificación técnica.**

En la actualidad existe una cantidad muy buena de chancadoras terciarias que con su ingeniería permite llegar a mejorar en su forma la fabricación de agregados.

##### **1.3.1.2 Justificación económica.**

Esta mejora en la forma del agregado permitirá el menor uso del derivado del petróleo puesto que este componente llega incluso a ser 6 veces el precio de los agregados. Teóricamente, es posible realizar mejoras en los agregados en su forma puesto que esto indica los diferentes manuales de la chancadora terciaria y las diferentes configuraciones del proceso de chancado.

##### **1.3.1.3 Justificación social.**

Sabemos que el uso de todo derivado del petróleo produce contaminación en todo sentido y cualquier mejora que pueda reducir uso de este colabora con el medio ambiente.

#### **1.3.2 Importancia.**

Sabemos que el elemento que debe ser tomado en cuenta al considerar el comportamiento de la mezcla o capa asfáltica, es el de las cantidad del asfalto y la calidad del agregado que componen esta mezcla, o más simple, parámetros o medidas volumétricos de la mezcla asfáltica.

Con respecto a esto, las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica son los vacíos de aire, vacíos en el agregado mineral, vacíos llenados con asfalto y contenido de asfalto efectivo. Son los que proporcionan una indicación del probable funcionamiento o comportamiento de la mezcla asfáltica.

Con el desarrollo de la tecnología y la suma de la chancadora terciaria, ahora una chancadora de impacto de eje vertical ayuda a modificar la forma y minimizar los vacíos que pueden ocasionar debilidad a la hora de las pruebas de calidad de la capa asfáltica. Ahí la importancia radica mucho en la forma del agregado.

La diferencia más significativa radica en el uso del ligante o derivado del petróleo que puede encarecer dicha mezcla para llegar a la calidad requerida por norma.

El fin de esta investigación es proporcionar todas las alternativas que nos brinda esta chancadora para así poder minimizar el uso del ligante sin perder calidad en la deformación de las probetas a analizar.

## **1.4 Descripción de variables**

### **1.4.1 Variable independiente.**

Fabricación del agregado grueso y fino modificado en su forma.

### **1.4.2 Variable dependiente**

Cantidad de derivados del petróleo en la mezcla de la capa asfáltica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

- Estudios realizados por Banco Mundial han demostrado que la renovación de pavimentos de asfalto es eficaz en términos económicos cuando es realizado antes de que el deterioro del pavimento sea un limitante. La capa de rodadura de los pavimentos flexibles está compuesta por ligante asfáltico, el cual es un derivado del petróleo, y agregados pétreos que son una mezcla de roca y arena que deben ser de alta calidad. En muchos lugares o regiones del país éstos materiales son escasos, pues deben tener cualidades específicas para pasar las diferentes pruebas de calidad y esto hace que la ejecución de proyectos de pavimentación asfáltica o flexible en las vías del país sean más costosos. El deterioro o envejecimiento de asfalto cambia significativamente sus propiedades y como consecuencia de ello, impide el buen comportamiento del pavimento flexible asfáltico frente a las condiciones de tránsito y del clima que en muchas partes de las regiones del país suelen ser muy extremas.
- “Forigua en su estudio Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos demostró que las mezclas asfálticas modificadas han dado mejores resultados en cuanto a durabilidad en comparación con las mezclas asfálticas convencionales, dando la oportunidad de adecuarlas a unas condiciones específicas de respuesta según las necesidades del proyecto. Con este proyecto se busca diseñar una mezcla asfáltica modificada con desperdicios plásticos, que se constituya en una aplicación para pavimentación, que dé respuesta a la problemática de la malla vial en la ciudad de Bogotá, y al mismo tiempo ofrezca una solución ambiental al manejo de los desperdicios (residuos) plásticos.” (Forigua, 2014, p. 12)
- “El Stone Mastic Asphalt, SMA, este es un diseño de origen alemán desarrollado en los años 60 ha permitido dar solución a los problemas de tránsito pesados y climas fríos, de las carreteras en Europa, EE.UU. y Canadá y recientemente en Brasil y Argentina.” (Brown, “Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixtures”, 1993).

“El concepto de diseño SMA se basa en una estructura granular donde predomina el contacto piedra-piedra el mismo que le provee de alta resistencia cortante, baja de formación permanente o “rutting” y considera un buen porcentaje de ligante que le confiere una excelente durabilidad.” (Brown, “Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixtures”, 1993).

“Las características del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica se alcanzan utilizando una granulometría incompleta (“gap-graded aggregate”) combinada con fibra y/o polímeros modificados y un mayor contenido de ligante. El comportamiento del SMA es actualmente calificado en los EE.UU. y Canadá como de excelente, por soportar tráfico pesado de intensidad baja y alta así como climas fríos, por los bajos costos de mantenimiento y una duración que alcanza los 30 años de vida de servicio.” (Brown, Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixtures, 1993).

“En EE.UU. las mezclas asfálticas SMA están siendo evaluadas con diferentes ensayos de laboratorio para cuantificar, lo que es evidente, el mejor comportamiento de este tipo de mezclas ante las deformaciones permanentes y agrietamientos por fatiga.” (Brown, Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixtures, 1993).

De la revisión bibliográfica realizada, se encontró que dentro de las ventajas que tienen las mezclas SMA sobre las convencionales se encuentran:

Buena estabilidad a altas temperaturas

Buena flexibilidad a bajas temperaturas

Alta resistencia al desgaste

Alta adhesividad entre el ligante y la piedra

Mezcla estable con la incorporación de fibras

Buena resistencia al patinaje

Reducción de salpicaduras

Inferiores niveles de ruido.

El desarrollo del presente estudio se basa en la consulta de diversos documentos que han plasmado investigaciones en el área de las mezclas asfálticas y en los resultados obtenidos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales.

Se analizaron puntos claves del desarrollo de las investigaciones para poder determinar el estado del conocimiento de los estudios realizados en el área de las mezclas asfáltica, en el Perú y en otros países y de diferentes autores.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Objeto o finalidad de modificar los agregados que componen la capa asfáltica.**

La finalidad de modificar los agregados en su forma es la de mejorar sus propiedades mecánicas para que presenten un mejor comportamiento a los diferentes tipos de pruebas que se le realizaran para medir su resistencia y comportamiento en los diferentes cambios climáticos y de carga si se diera el caso. Además los hace más resistente al deterioro o envejecimiento, aumenta la capacidad de carga y de soporte, mejora las condiciones de elasticidad, flexibilidad, cohesión y viscosidad, la cual redundará en una mayor vida útil y en la disminución del espesor de la carpeta o la reducción del ligante a usar.

### **2.2.2 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.” (Asphalt Institute, MS-02 Mix Design Methods for Asphalt, 1997).

“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.” (Asphalt Institute, MS-02 Mix Design Methods for Asphalt, 1997).

### **2.2.3 Comportamiento de las mezclas**

“El comportamiento de las mezclas asfálticas, se da gracias a la conjunción de todos los materiales y propiedades que cada tipo de mezcla contiene durante el diseño y en el funcionamiento bajo situaciones extremas.

Los materiales que componen las mezclas asfálticas, poseen propiedades dinámicas, dando lugar al módulo dinámico que caracteriza de forma mecánica a unas mezclas de otras.

El comportamiento dinámico, se puede hallar a través del ensayo ASTM D 3497-Modulo Dinámico, donde se somete el espécimen a pulsos repetitivos en condiciones de compresión no confinada. Este se calcula como el cociente entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria elástica en cada ciclo de carga Según Julián Vidal, la variación de estas propiedades se da principalmente por el cambio de temperatura, pues un aumento de esta, genera una disminución en el módulo resiliente. Por otro lado el efecto de la frecuencia de carga que se manifiesta a través del movimiento de los

vehículos pesados sobre la estructura, produce módulos mayores a medida que la velocidad se incrementa.” (Reyes, Ortiz, 2016, p. 47).

“En estudios realizados por el Dr. Little, se demostró que en condiciones de carga y temperatura similares a las condiciones de servicio del pavimento, cualquier ensayo se puede considerar con un comportamiento visco elástico lineal. Esta linealidad permite la superposición de acciones y respuestas de las probetas ensayadas. El comportamiento de esta mezcla se basa también, en el diseño estructural del pavimento (ya que estas sufren cargas a causa del tránsito). Es por ello que en el año 1945, Burmister propuso una teoría que se podía aplicar a estructuras de pavimentos. Dicha teoría, está basada en la teoría inicial de Boussinesq (1885); la diferencia que existe entra ésta teoría y la de Burmister es que, toma en cuenta los estratos del pavimento y las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la masa de suelo, para calcular el estado de esfuerzos de ésta a cualquier profundidad. Esta teoría es utilizada para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidas por las cargas de tránsito” (Reyes Ortiz, 2016, p. 49).

“Investigaciones realizadas en Colombia, demostraron no solo que la variación de temperatura y la frecuencia de carga aplicada en las mezclas produce cambios en el comportamiento de éstas sino que también dependen de la energía de compactación y de la granulometría de las mismas. Como se mencionó antes, los agregados que forman parte de las mezclas tienen que tener ciertas propiedades particulares para que cuando se les aplique una carga en el agregado, estos no generen cortes en la estructura del pavimento produciendo las deformaciones permanentes” (Reyes Ortiz, 2016, p. 50).

#### **2.2.4 Interacciones de agregado de asfalto**

Un elemento importante de esta investigación fue investigar los procesos químicos y físicos que gobiernan la adhesión y la absorción. Se llevaron a cabo muchas investigaciones diferentes para lograr ese objetivo. Algunos de ellos eran de naturaleza exploratoria, mientras que otros eran mucho más extensos. Estos estudios sentaron las bases para los principales productos

que surgieron de este contrato: los modelos de adhesión y decapado; y la prueba de adsorción neta.

El modelo inicial de agregado de asfalto que se propuso postuló la adherencia del asfalto en la interfaz de agregado de asfalto, seguido por el desarrollo de una región de interface estructurada. Más allá de la interface estaba el asfalto a granel. Una nueva comprensión de las interacciones de asfalto-agregado ha surgido del trabajo de SHRP A-003B junto con los resultados de la investigación de otros contratistas de SHRP. Durante el procesamiento de la mezcla en caliente, los componentes de asfalto contactan y se adhieren a la superficie interfacial del agregado con los componentes más polares, siendo aquellos compuestos que contienen hetero átomos de azufre, nitrógeno u oxígeno, siendo los más competitivos para los sitios activos en la superficie. Varios métodos diferentes para medir la energía de adsorción indican que se está produciendo fisi-sorción en lugar de quimi-sorción. Esta interacción puede ser el resultado de interacciones electrostáticas, dipolo-dipolo o Van der Waals. El asfalto una vez contactado con el agregado permanece estacionario; no es aparente la migración neta de componentes polares a la superficie desde el asfalto a granel. Sin embargo, puede producirse cierta difusión superficial, ya que la mezcla se ablanda en un caluroso día de verano.

### **2.2.5 Adhesión**

Efecto de la química. La química agregada juega un papel clave en la adhesión. Cada agregado de un tipo mineralógico dado con una historia específica tiene una química de superficie única. Las propiedades electrocinéticas, así como las capacidades de donación y aceptación de electrones del agregado, varían de acuerdo con las especies de metales activos en la superficie del agregado. Los sitios activos en la superficie agregada que se han postulado a partir del comportamiento observado se han confirmado mediante autor radiografía. Estos sitios activos promueven la adsorción de componentes asfálticos. La cobertura de esos sitios activos por hidrocarburos no polares enmascararía su actividad. Del mismo modo, los recubrimientos de polvo que se producen naturalmente en las superficies de los agregados pueden cambiar la química de la adhesión y dar como

resultado una unión débil entre el polvo y la superficie del agregado, lo que lleva a la disminución de las fuerzas de unión que ayudan a mantener el pavimento.

La evaluación de las interacciones asfalto-agregado muestra que la química del agregado es mucho más influyente que la composición del asfalto tanto para la adhesión como para la sensibilidad al agua, excepto donde ocurren fallas de asfalto cohesivo. Se observaron grandes diferencias en la cantidad de asfalto adsorbido y la cantidad de asfalto retenido después de la exposición al agua con agregados silíceos y calcáreos. Aunque los factores de composición del asfalto tienen un efecto menor, se observaron algunas diferencias en las cantidades adsorbidas y retenidas en un agregado específico.

No se ha encontrado evidencia química o termodinámica en este estudio para el desarrollo de una región interface estructurada. Experimentos de envejecimiento que determinaron el envejecimiento oxidativo

Los productos en asfalto en la interfaz y en la región de 125  $\mu\text{m}$  más allá de la interfaz no mostraron diferenciación en el tipo o concentración de productos oxidantes de asfalto. Los calores de interacción solo mostraron una liberación inicial de energía correspondiente al calor liberado en el contacto inicial entre el asfalto y el agregado. No se observó liberación de energía a largo plazo, lo que indica la falta de estructuración. La auto radiografía tampoco mostró evidencia de estructuración.

Por lo tanto, la mezcla de asfalto-agregado puede visualizarse como un sistema en el cual las partículas de agregado grandes, pequeñas y finas están recubiertas con asfalto o suspendidas dentro del asfalto. El asfalto puede penetrar en los poros, grietas e intersticios del agregado. Los sitios activos en la partícula atraen a las especies asfálticas más polares y unibles en el contacto inicial. Cada molécula de asfalto se pone en contacto con un agregado o una molécula de asfalto en contacto con o cerca de una superficie de agregado. Los finos que componen del 5% al 8% del agregado se intercalan con el asfalto formando una masilla, un medio en el que es difícil distinguir entre el asfalto y el agregado.

### **2.2.6 Edad Asfáltica**

El envejecimiento del asfalto en un pavimento ocurre en presencia de áridos. Es natural evaluar el proceso de envejecimiento del asfalto con presencia de agregados. La investigación en SHRP A-003B evaluó la química del proceso de envejecimiento en términos de la producción de carbonilos, incluyendo cetonas y ácidos carboxílicos y sulfóxidos. La producción de sulfóxido depende en gran medida de la cantidad de azufre presente en el asfalto. Se descubrió que la química agregada de un granito y una piedra caliza no tienen ningún efecto en la producción de estos grupos funcionales particulares. Sin embargo, no se midieron otros cambios que pueden haber ocurrido, como cambios de viscosidad o pérdida de volátiles en el asfalto. En los pavimentos de carreteras, la medida aparente del envejecimiento es la viscosidad. Investigaciones recientes de SHRP, Caracterización y evaluación de aglutinantes (A-002A) y Pruebas y mediciones relacionadas con el rendimiento de las interacciones y mezclas de asfalto-agregado (A-003A), sugieren que la presencia de agregado disminuye la viscosidad del asfalto al envejecer en comparación con el asfalto a granel para tiempos de envejecimiento equivalentes. Esta diferencia en la viscosidad puede ser causada por las partículas agregadas que unen algunos de los grupos funcionales oxidativos formados y, por lo tanto, evita la formación de especies que crean viscosidad.

### **2.2.7 Sensibilidad al Agua.**

El envejecimiento del asfalto en un pavimento ocurre en presencia de áridos. Es natural evaluar el proceso de envejecimiento del asfalto con presencia de agregados. La investigación en SHRP A-003B evaluó la química del proceso de envejecimiento en términos de la producción de carbonilos, incluyendo cetonas y ácidos carboxílicos y sulfóxidos. La producción de sulfóxido depende en gran medida de la cantidad de azufre presente en el asfalto. Se descubrió que la química agregada de un granito y una piedra caliza no tienen ningún efecto en la producción de estos grupos funcionales particulares. Sin embargo, no se midieron otros cambios que pueden haber ocurrido, como cambios de viscosidad o pérdida de volátiles en el asfalto.

En los pavimentos de carreteras, la medida aparente del envejecimiento es la viscosidad. Investigaciones recientes de SHRP, Caracterización y evaluación de aglutinantes (A-002A) y Pruebas y mediciones relacionadas con el rendimiento de las interacciones y mezclas de asfalto-agregado (A-003A), sugieren que la presencia de agregado disminuye la viscosidad del asfalto al envejecer en comparación con el asfalto a granel para tiempos de envejecimiento equivalentes. Esta diferencia en la viscosidad puede ser causada por las partículas agregadas que unen algunos de los grupos funcionales oxidativos formados y, por lo tanto, evita la formación de especies que crean viscosidad.

### **2.2.8 Resiliencia de los enlaces de los agregados de Asfalto**

La adhesión entre un par de asfalto-agregado puede ser promovida o inhibida por factores ambientales y de procesamiento. Como parte de este programa de investigación, se investigó el efecto del pH sobre el enlace asfalto-agregado. El pH alto encontrado en un medio muy básico fue perjudicial para la mayoría de los enlaces de agregado de asfalto; sin embargo, el tratamiento a un pH algo más bajo pero aún básico no afectó sustancialmente el enlace. El curado a temperaturas elevadas después de mezclar promovió la adhesión en algunos pares de asfalto-agregado. Se incorporó una prueba que involucra los factores de aumento de pH y curado en la prueba modificada de Lottman (T-283) y se ha sugerido como un medio para diferenciar entre las combinaciones de asfalto-agregado. Esas combinaciones particulares de asfalto-agregado que no funcionan bien en condiciones de pre acondicionamiento químico (pH alto) o curado pueden tratarse con aditivos, ya sea agentes antideslizantes líquidos o cal, para mejorar su rendimiento. Volver a probar la mezcla tratada en condiciones rigurosas de pH ofrece un medio para determinar la efectividad del tratamiento.

### **2.2.9 Propiedades de la mezcla asfáltica.**

Estas propiedades derivan de la selección de los diferentes materiales que componen la mezcla asfáltica también estos dependen del tipo de mezcla

asfáltica que se quiere alcanzar por los diferentes diseños de mezcla asfáltica

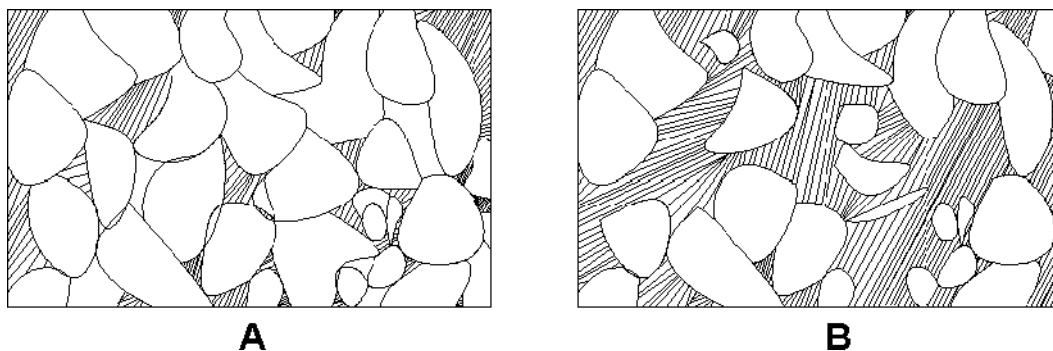
Las propiedades no son siempre las mismas ya que estas dependen de las cantidades de los diferentes materiales que componen las mezclas asfálticas todos los diseños alcanzan algunas propiedades pero esto depende la finalidad del diseño puesto que estos dependen mucho de la funcionalidad de los mismos para esto podemos definir las siguientes propiedades.

- **Estabilidad**

La estabilidad, es fundamentalmente la característica más importante pues es la capacidad de soportar las diferentes cargas y tensiones que generan deformaciones y desplazamientos generalmente tolerables.

Para esto existen especificaciones y tolerancias que deben tener en cuenta en el diseño, pero cuando se diseña la mezcla con altos valores esto a su vez produce mezclas demasiado rígidas y por lo tanto menos durables.

Esta propiedad básicamente depende de la interacción o fricción interna y de la cohesión entre sus partículas. La interacción o fricción interna (fricción entre las partículas) depende mucho de la forma superficial, de los agregados la granulometría determina la forma y tamaño de la partícula. Esta aumenta con la calidad de rugosidad superficial de los componentes del agregado y también con el área de contacto entre partículas en la figura 1.1 (A). Aquí podemos apreciar demasiada mezcla asfáltica y esto hace que lubrique los agregados y dando como resultado poca fricción en los agregados y en la figura 1.1 (B) se aprecia demasiada mezcla asfáltica con poco agregado dando como resultado la poca interacción de los agregados dando como resultado mucha cohesión y muy poca fricción.



**Figura M1.1 Vista interna de dos mezclas asfálticas:**

A) Buena interacción o Fricción y Cohesión, B) Demasiada Cohesión y una pobre interacción o Fricción.

Cabe resaltar que la cohesión de la mezcla asfáltica depende mucho del contenido óptimo que está en el asfalto o derivado del petróleo, ya que este derivado mantiene las presiones de contacto como ligante que generan los agregados entre sí; también se debe mencionar que la cohesión aumenta a medida que la viscosidad del asfalto incrementa o cuando la temperatura del pavimento disminuye.

Éstas características son dependientes una de la otra, ya que lo que incida en una de ellas rápida e instantáneamente repercute en la otra; por lo tanto si la cantidad de asfalto excede al contenido máximo, se forma una película abultada lo que inmediatamente produciría una pérdida de fricción entre los componentes del agregado y aumentaría la cohesión en la mezcla. Por lo tanto es importante poner una cantidad adecuada de la mezcla de estos dos factores evitará que se produzcan deterioros o deformidades en el pavimento.

- **Durabilidad**

La duración de vida de un pavimento flexible depende de varios factores pero principalmente de la durabilidad.

Cabe resaltar que un pavimento flexible (principalmente la carpeta asfáltica), está expuesto a diferentes factores externos que afectan su duración siendo éstas la abrasión producida por uso y el tráfico, los diferentes factores de clima como la radiación solar, la oxidación del ligante producida por el aire,



el agua o el hielo, también las diferentes afectaciones por contaminaciones por el uso como aceites y combustibles , produciendo así el desprendimiento (Figura 1.2), del derivado del petróleo o asfalto y la desintegración del agregado.



**Figura M1.2. Desprendimiento de la última capa delgada**

Para evitar estos deterioros constantemente se tiene que tener en cuenta la cantidad del derivado del petróleo o asfalto y la cantidad de vacíos de aire que contiene. Para esto existen tres formas de evitar este deterioro y así mejorar la mezcla asfáltica:

Añadiendo más cantidad de derivado del petróleo o asfalto (manteniendo la estabilidad ya que una cantidad exagerada haría perder dicha propiedad),

Utilizando una gradación de agregado denso con un buen diseño compactado de tal forma que se obtenga una mezcla con alta impermeabilidad.

Así el deterioro y envejecimiento de la mezcla será de forma más lenta.

- **Flexibilidad**

Esta propiedad es parte del diseño de los pavimentos flexibles ya que la capa asfáltica depende mucho del tipo del terreno y la subrasante a veces la subrasante no es uniforme por lo que la capa asfáltica tiene que adecuarse a la compresión y/o expansión del suelo y si esto no sucede tiende a asentarse por causa del uso.

La meta de las diferentes mezclas asfálticas es de resistir los diversos tipos de asentamientos dando la flexibilidad sin que lleguen a quebrarse.

- **Resistencia a la fatiga**

Una buena mezcla asfáltica está condicionada a la resistencia que esta tiene a la fatiga ya que cuando la Mezcla asfáltica entra en uso esta tiene que ser resistente porque si no comienza a agrietarse y esto da lugar a la llamada “piel de cocodrilo” que se puede apreciar en la fig. 1.8 inclusive cuando la mezcla asfáltica este sobre dimensionado esta también da lugar a largo plazo al agrietamiento antes mencionado.



**Figura M 1.3. Agrietamientos (Piel de Cocodrilo).**

Para poder neutralizar este deterioro o fenómeno de agrietamiento prematuro existen varios factores a considerar. Por ello se consideran muchos factores para poder neutralizar tales como: la relación del contenido de asfalto o derivado del petróleo y su rigidez, la relación estructural del espesor de la carpeta asfáltica, la capacidad portante del suelo de constitución bien llamada la subrasante y la carga de rotura y el manejo y control de la temperatura en el diseño. También hay que manejar los vacíos de la mezcla ya que un alto número de estos también produciría este deterioro.

- **Resistencia al daño por humedad o impermeabilidad**

La impermeabilidad está directamente ligada a la capa superior e incluye la parte inferior también. Esta propiedad nos indica el paso del agua y aire a

las mezcla asfáltica esto está relacionado con los vacíos que esta posee porque este es el camino que toma estos agentes y determina el grado de impermeabilidad de la mezcla asfáltica y también al ligante o asfalto.

Un gran indicativo de que la impermeabilidad es un problema, es cuando la mezcla asfáltica comienza a tener carencias estructurales esto debido a la gran cantidad de vacíos producidos por la oxidación y adherencia del asfalto, y el drenaje del pavimento.

- **Resistencia al deslizamiento**

Esta propiedad está referida a la capacidad que tiene la mezcla asfáltica a la resistencia al deslizamiento que va directamente relacionada a la adherencia del vehículo con la calzada a través de los neumáticos. Inclusive cuando la capa asfáltica esta mojada.

Para cumplir esta propiedad los la rigurosidad se da por los agregados y estos a su vez tienen que tener una buena resistencia al desgaste esto quiere decir que tienen que tener una buena propiedad de dureza. También tiene una gran incidencia la exudación del asfalto o derivado del petróleo porque esta también condiciona la resistencia al deslizamiento.

- **Trabajabilidad**

Esta propiedad se refiere al grado de docilidad para el proceso de mezclado, colocación y compactación en la vía. Esto depende directamente a las características del material agregado, granulometría, relleno pétreo, contenido y viscosidad del asfalto.

### **2.2.10 Principales pruebas para determinar las propiedades físicas de la capa asfáltica**

- **Peso específico.**

Por definición, el peso específico de un material es el peso por unidad de volumen de ese material. Esta relación tiene que manejarla porque esto se altera por temperatura o el cambio en la cantidad de un material también se sabe que normalmente el asfalto posee una densidad mayor que el agua.

- **Solubilidad Tricloroetileno.**

Es un ensayo que detecta impurezas o materiales extraños que pueden estar presentes el asfalto o derivado del petróleo, también nos detecta cualquier material presente que no sea soluble al asfalto.

- **Punto de inflamación.**

Esta prueba consiste en determinar el punto de inflamación de un material de asfalto.

- **Punto de reblandecimiento.**

Bajo este método nos da la medida a la resistencia del material al cambio de las propiedades con respecto a la temperatura.

- **Penetración a 25° C.**

Esta prueba determina la dureza que nos da diferentes tipos de asfalto a la temperatura que nos indica la prueba y con esto determinamos el tipo de derivado del petróleo o asfalto a usar a usar.

- **Ductilidad a 25° C.**

“Mide el alargamiento que soporta el asfalto sin fracturarse a temperatura regulada por el ensayo, la longitud del cilindro de material se mide cuando se corta y esto es en unidades de centímetros, este ensayo además de indicarnos el tipo de asfalto nos indica la edad del mismo, ya que si se rompe a valores menores a los establecidos por norma nos permitirá conocer si es un asfalto viejo para así evitar las posibles grietas causadas por usar un asfalto viejo.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 18)

- **Viscosidad Saybol Furol.**

“Nos ayuda a conocer la temperatura en la cual el asfalto es de fácil manejo. En esta prueba se mide el tiempo que tardan en pasar 60 cm<sup>3</sup> de asfalto por un orificio de diámetro aproximadamente igual a 1 mm, este ensayo se efectúa a temperaturas que van de los 60 a los 135° C dependiendo del tipo de asfalto de que se trate.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 19)

- **Viscosidad absoluta a 60° C.**

“Con esta prueba se clasifica el ligante. Consiste en hacer pasar el asfalto dentro de un tubo capilar bajo condiciones controladas de vacío y temperatura, el resultado se calcula tomando el tiempo que tarda en pasar el asfalto de un punto a otro dentro del tubo, este tiempo se multiplica por una constante del equipo usado y la unidad que se maneja que es una fuerza de 1gr/cm<sup>2</sup> y de acuerdo con la viscosidad que presente se clasifican los asfaltos.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 19)

- **Viscosidad cinemática a 135° C.**

“Con esta prueba se mide el tiempo en que un volumen de asfalto fluye a través de un viscosímetro capilar, de un orificio determinado. El tiempo se multiplica por un factor de calibración del viscosímetro, la unidad que emplea es el "centistokes". Esta unidad se basa en las relaciones de densidad de un líquido a la temperatura de prueba representada en 1gr/cm<sup>3</sup>.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 20)

- **Perdida por calentamiento.**

“También llamada prueba de la película delgada; esta prueba estima el endurecimiento que sufren los asfaltos después de calentarse a temperaturas extremas (163° C) además nos determina los cambios que sufre el material durante el transporte, almacenamiento, calentamiento, elaboración y tendido de mezcla. Se efectúa en películas de pequeño espesor que se someten a los efectos del calor y el aire, con ellos se evalúa el endurecimiento que presenta y la pérdida de su propiedades; después de efectuado este ensaye se efectúan pruebas de viscosidad, ductilidad, penetración y pérdida de peso.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 25)

### **2.2.11 Pruebas que se efectúan en las emulsiones asfálticas.**

- **Carga eléctrica de la partícula.**

“Se efectúa para identificar la polaridad de los glóbulos de asfalto en una emulsión teniendo carga eléctrica negativa las aniónicas y positiva las catiónicas. Se aplica una carga de 8 mili-amperes y la emulsión se irá hacia

el lado que presente carga contraria a la que ella tenga.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 27)

- **Potencial de hidrógeno. (PH).**

“Consiste en conocer el grado de acidez o alcalinidad de la fase acuosa, además también nos indica el tipo de emulsión de que se trata sabiendo que las emulsiones catiónicas son ácidas y las aniónicas son alcalinas.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 35)

- **Demulsibilidad.**

“La facilidad con que se rompen las emulsiones, esta prueba nos da una idea del tiempo adecuado para incorporar las emulsiones durante la elaboración de las mezclas asfálticas y consiste en pasar el material por la malla de 1.4 mm para efectuar otra destilación.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 37)

- **Mezclabilidad con cemento Pórtland.**

“Este ensaye permite conocer la estabilidad de los productos al mezclarlo con material fino, el ensaye consiste en agregar cemento Portland a la emulsión y después cribar la mezcla por la malla de 1.8 y 1.4, determinándose el retenido en cada una de las mallas no debiendo formar grumos los materiales.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 45)

- **Cubrimiento del agregado pétreo en húmedo.**

“Con este ensaye se estima que tanta afinidad existe entre la emulsión y el pétreo, nos permite observar cómo se porta esta unión ante la acción del agua, se recomienda emplear el material de la calizas mezclándose la emulsión y el suelo en diferentes porcentajes para después lavarlas y observar que porcentaje de asfalto cubre el pétreo, siendo un valor mínimo el 75%.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 45)

- **Residuo de destilación.**

“Con esta prueba se obtiene el contenido de agua y disolventes que presenta la emulsión cuando se calienta a 260° C. Al residuo se le efectúan pruebas de penetración, ductibilidad y solubilidad para saber cómo le afecta

la temperatura al cemento asfáltico.” (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2013 p. 27)

- **Retenido en la malla número 20.**

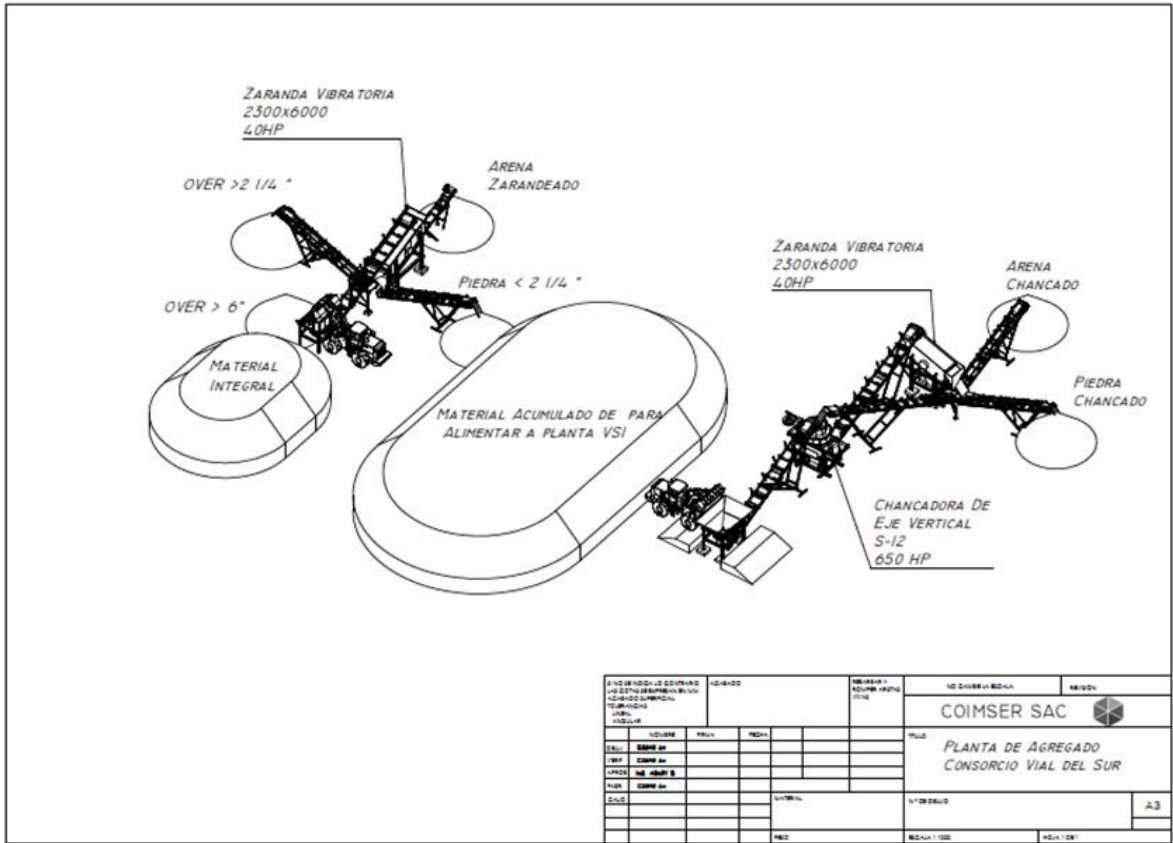
El procedimiento nos determina si el material tiene mucho retenido de la malla 20 por lo cual dicho procedimiento consiste en pasar el material por la malla 20 y se mide el retenido.

- **Asentamiento en 5 días.**

Determina el grado de homogeneidad de los diferentes productos al ser almacenados la prueba consta en dejar reposar por cinco días el asfaltado y luego verificar y determinar todo tipo de concentraciones que se da en el asfalto.

### **2.2.12 Ubicación del equipo en el proceso.**

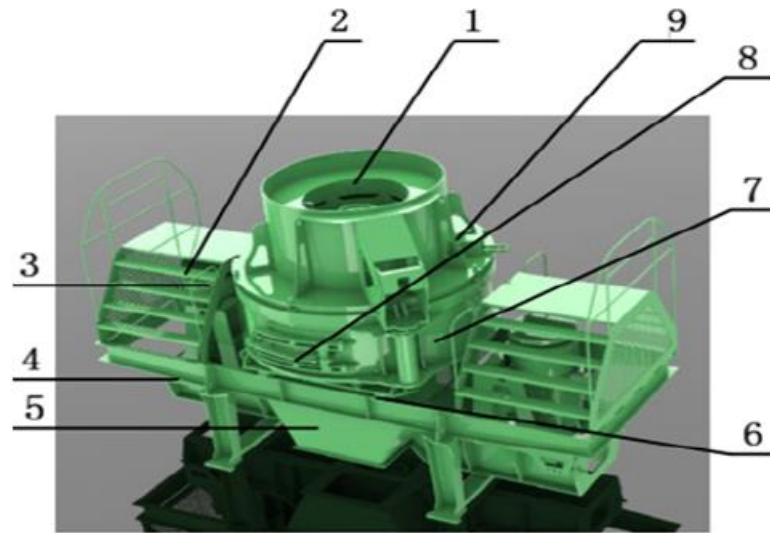
La chancadora terciaria de impacto de eje vertical se encuentra ubicada en el circuito de chancado primero se encuentra la chancadora primaria que consta de quijadas de rompimiento de roca luego se encuentra el zarandeo luego entra a la chancadora secundaria esta consta de chancado por cono luego de ella se selecciona nuevamente para así pasar a la chancadora terciaria esta nos dará los agregados necesarios



**Figura 1:** Ubicación del equipo en el proceso.  
**Fuente:** COIMSER S.A.C.



### 2.2.13 Partes principales del equipo.



1. COMPONENTE DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
2. COMPONENTE PLATAFORMA PARA CAMINAR
3. COMPONENTE DE CONDUCCIÓN
4. COMPONENTE DE MARCO
5. COMPONENTE INFERIOR DEL CUERPO
6. AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES
7. COMPONENTE DE LA CAVIDAD DE TRITURACIÓN DE VORTEX
8. COMPONENTE DE OBSERVACION
9. CENTRAL DE CONTROL DE MATERIAL

**Figura 2:** Partes principales de la chancadora terciaria.

**Fuente:** Manual de Operaciones, VCI

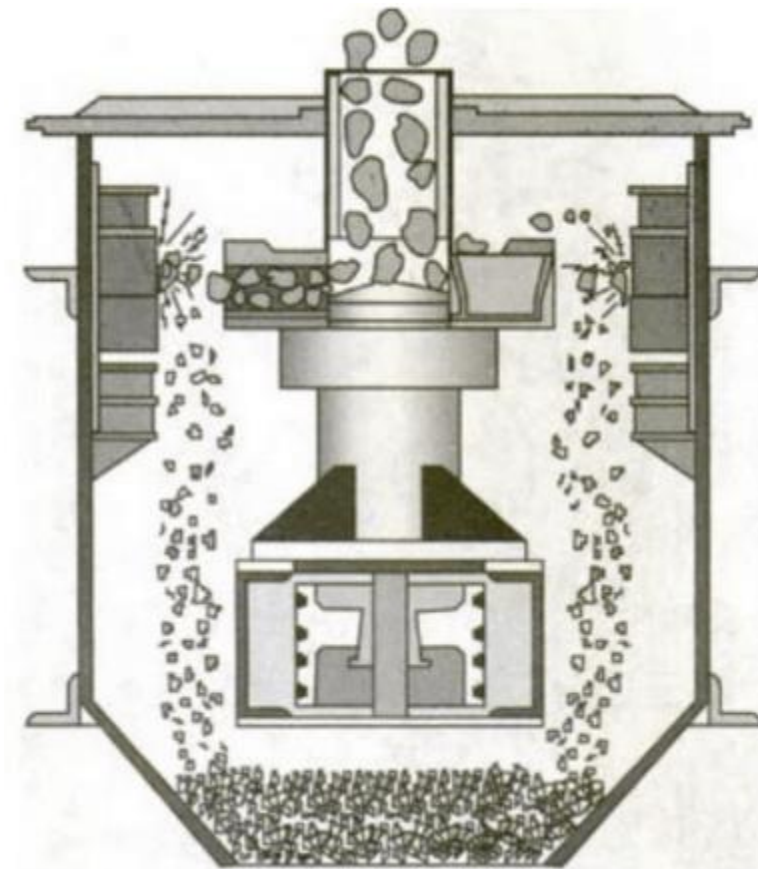
#### 2.2.13.1 Sistema de chancado

“En una trituradora de impacto de eje vertical, la alimentación de agregado se introduce por una abertura o “zapato” o bomba que gira sobre un eje vertical. La alimentación agregada se lanza centrífugamente contra una serie de yunques, bolsas de partículas de agregado (es decir, autógena) o una combinación de las mismas. Las trituradoras de impacto de eje vertical producen una pequeña relación de reducción y se usan con frecuencia para triturar partículas alargadas como puntas.” (Manual for PCL(S) Series Vertical Shaft Impact Crusher, 2016 p.10).

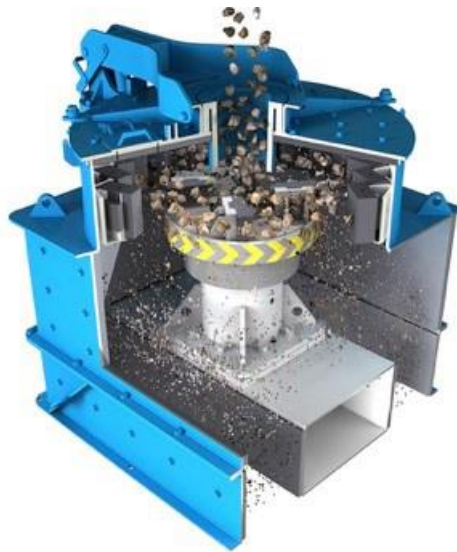
“Las trituradoras de impacto de eje vertical o también llamada trituradora VSI son un tipo de trituradoras de impacto, que ofrecen

mayores proporciones de reducción con un menor consumo de energía. Estos impactadores se pueden considerar como una «bomba de piedra» que funciona como una bomba centrífuga.” (Manual for PCL(S) Series Vertical Shaft Impact Crusher, 2016 p. 13).

El material se alimenta a través del centro del rotor, llamado boca donde estas entran en aceleraciones de alta velocidad antes de ser descargado a través de aberturas en la periferia del rotor. El material se destroza cuando golpea los revestimientos del cuerpo exterior a alta velocidad y también debido a la acción de roca contra roca. Estas tipo de trituradoras o chancadoras se utilizan principalmente en la producción de materiales finos, incluida la arena, con una excelente geometría cúbica.



**Figura 3:** Sistema de chancado  
**Fuente:** Manual de operaciones



**Figura 4:** Sistema de chancado  
**Fuente:** Manual de operaciones

### **2.2.13.2 Métodos de trituración.**

El VSI se usa típicamente después de una trituradora primaria o secundaria. Esto le hace ideal para la fabricación de arena y para la fabricación de agregados gruesos y medianos para la producción de concreto/asfalto.

“El tamaño de alimentación y las características afectarán a la aplicación de una VSI. El tamaño de alimentación está limitada por la abertura en el centro del rotor. Normalmente se desea material de menos de 5 pulgadas, pero una trituradora de eje vertical muy grande puede manejar hasta 12 pulgadas de alimentación.” (Manual for PCL(S) Series Vertical Shaft Impact Crusher, 2016 p. 10).

Otra característica que determina o afectará a la aplicación es la humedad, que puede obtener con una alimentación pegajosa o húmeda. La capacidad de producción está directamente ligada a la alimentación final.

“Los grandes modelos de eje horizontal primario pueden dar salida hasta 1600 toneladas por hora o incluso más. 1000

Toneladas por hora es aproximadamente la máxima capacidad para un VSI debido a la limitación del tamaño del motor y la creciente fuerza de la gravedad de un rotor de alta velocidad, los que se calcula multiplicando el radio por el cuadrado de la RPM.” (Manual for PCL(S) Series Vertical Shaft Impact Crusher, 2016 p. 12).

Las configuraciones de zapatas son muchas: roca en roca, grupos de rodillos, piezas especiales de desgaste de punta y muchos otros. La metalurgia de las zapatas también es muy variada. Los rotores pueden tener tres a seis zapatas. El número de zapatas está típicamente gobernado por el diámetro del rotor. Cuanto mayor sea el diámetro del rotor, son posibles más aberturas. Se utilizan modelos matemáticos de dinámica de fluidos computacional (CFD) para simular las fuerzas de flujo y de la colisión para revelar soluciones para un menor costo de desgaste, un producto final consistente y una mayor eficiencia energética.

El material a ser triturado se alimenta en el centro de un rotor abierto o cerrado. El rotor gira a altas revoluciones, la aceleración de la alimentación y lanzándolo con gran energía en la cámara de trituración. Cuando el material golpea el conjunto de anillo de yunque, se rompe, y después el producto en forma cúbica cae a través de la abertura entre el rotor y el yunque y hacia abajo a la cinta transportadora a continuación. La velocidad del rotor (pies por minuto) controla el tamaño de partícula final. Acelerar el rotor producirá más finos, frenarla producirá un menor número de finos.

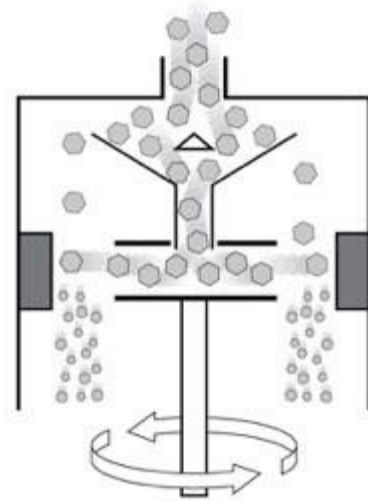


**Figura 5:** Métodos de trituración  
**Fuente:** Manual de operaciones

### **2.2.13.3 Métodos de alimentación.**

El típico VSI es alimentado, desde arriba, en el centro de su rotor. Donde el material se arroja a través de un vacío abierto a la cámara de trituración. Luego este impacta el anillo del yunque exterior que esta poblado de tips de desgaste, esta acción de trituración imparte una energía muy alta para el material a chancar y es muy eficaz en la mayoría de los tipos de materiales. Se da un grado muy uniforme y consistente de producto. En la alimentación de cascada, el material no pasa por el rotor y entra en la cámara de trituración desde arriba. Se llama alimentación cascada porque como material se llena un recipiente de alimentación grande, con un diámetro exterior mayor que el diámetro exterior del rotor, que se derrama sobre el lado y cae en la cámara de trituración desde arriba, sin pasar por el rotor. El efecto de la alimentación creciente a través de la cascada es similar a la desaceleración del rotor. La alimentación de cascada en cantidades de hasta 10 por ciento puede no tener ningún efecto sobre la distribución del tamaño de partícula o su calidad. La curva de la forma y la gradación del

producto van a a cambiar, si se utiliza una mayor cantidad de alimentación en cascada.



**Figura 6:** Alimentación  
**Fuente:** Manual de operaciones

#### 2.2.13.4 Rotor.

Es el alma de la chancadora pues este componente gira a gran velocidad alcanzando el material a romperse a gran velocidad que se tritura material con material



**Figura 7: Rotor**  
**Fuente:** Manual de operaciones.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1 Ligante Asfáltico o derivado del petróleo

“Ligante asfáltico, comúnmente también llamado Asfalto; se define como un material de color marrón a negro, principalmente por betunes que pueden ser naturales u obtenidos por refinación<sup>28</sup>. Los asfaltos son una mezcla compleja de hidrocarburos de peso molecular elevado, que se presenta en forma de cuerpo viscoso más o menos elástico.” (American Society for Testing and Materials (ASTM), 1993)

“El asfalto, proviene básicamente del petróleo. Por lo general el petróleo crudo contiene ciertas cantidades de asfalto, sin embargo se dan casos en el que el petróleo es enteramente asfalto. Como el asfalto proviene del petróleo crudo, este no se evapora cuando es destilado. Este material es definido de diversas formas pero básicamente el contenido es el mismo, llegando siempre al mismo punto; que el asfalto es un material bituminoso, de color negro o marrón oscuro debido a que contiene betún (hidrocarburo no volátiles y de elevado peso molecular soluble en bisulfuro de carbono CS<sub>2</sub>), viscoso, altamente permeable, adherente y cohesivo, usado como aglomerante, capaz de resistir cargas instantáneas y fluir ante cargas permanente.” (American Society for Testing and Materials (ASTM), 1993)

“Para los procesos de pavimentación y la elaboración de mezclas asfálticas en caliente se denomina al asfalto como: Cemento Asfáltico. Este material al ser viscoso permite que, al elaborar una mezcla asfáltica en caliente, las partículas se unan de manera homogénea, dando así al pavimento propiedades específicas, tanto físicas como químicas, para el buen funcionamiento del mismo. Como aplicación de estas propiedades, el asfalto puede cumplir con:

Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de la precipitación.

Proporcionar una buena unión y cohesión entre agregados, capaz de resistir la acción de disgregación producida por las cargas de los vehículos.

Mejorar la capacidad portante de la estructura, permitiendo disminuir su espesor. A parte es necesario tener en cuenta que el asfalto es termoplástico por lo que su funcionamiento a altas temperaturas, es importante para describir su grado de fluidez o plasticidad.” (American Society for Testing and Materials (ASTM), 1993)

### **2.3.2 Chancadora de impacto de eje vertical o VSI.**

VSI es una chancadora de eje vertical para agregado que utiliza un rotor de altas velocidades con la ayuda de motores y yunques de trituración por impacto en lugar de fuerza de compresión para obtener la energía necesaria para reducción de tamaño. En una VSI, el material es acelerado por la fuerza centrífuga mediante un rotor contra el anillo exterior del yunque, que luego fractura y rompe a lo largo de fallas naturales a lo largo de la roca o material a triturar. El producto es generalmente de forma cúbica coherente, por lo que es excelente para aplicaciones modernas carretera de asfalto Superpave. La velocidad del rotor (pies por minuto) controla el tamaño de partícula final.

### **2.3.3 Rotor.**

Componente con aberturas que gira a gran velocidad permitiendo distribuir el material ingresado y expulsarlo a gran velocidad

### **2.3.4 Pavimento**

Es un sistema de capas de diferentes materiales superpuestas y compactadas en forma adecuada a los requerimientos del diseño.

### **2.3.5 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.” (Silene y Ordóñez, 2001, p. 10).



### **2.3.6 Pavimento flexible.**

“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 esta compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.” (Silene y Ordóñez, 2001, p. 10).

### **2.3.7 Calzada**

Camino o parte de una calle o carretera reservada a los vehículos. (Silene y Ordóñez, 2001, p. 11).

### **2.3.8 Subrasante**

“Línea que marca la cota del movimiento de tierra terminado sobre el cual se construye el pavimento.” (Silene y Ordóñez, 2001, p.11).

### **2.3.9 Sellos de Mezclas**

“Corresponde a una mezcla de ligante asfáltico cubierto con capa(s) de agregado colocado sobre un pavimento existente.

Dependiendo del tamaño del agregado será la función u objetivo de cada sello.” (Silene y Ordóñez, 2001, p. 25).

### **2.3.10 Lechada**

Es la mezcla de agregado fino, filler (polvo fino pasante de la malla 200 que se genera con la interacción de piedra y piedra en la chancadora), agua y emulsión o ligante

### **2.3.11 Método Marshall**

Método basado en estabilidad y contenido de vacíos.

### **2.3.12 Método Superpave**

Método basado en el recuento de contenido de vacíos en la mezcla.

### **2.3.13 Carpeta de Rodadura**

“Es una capa aglomerada de agregados pétreos y asfalto, generalmente semi cerrada o cerrada diseñada para resistir la abrasión y desintegración por efectos ambientales.” (Huang, 2004, p. 16).

### **2.3.14 Carpeta intermedia**

“Es la mezcla generalmente abierta y graduada densa o gruesa, colocada sobre la base” (Huang, 2004, p. 16).

### **2.3.15 Riego Asfáltico**

“Esto consiste en la aplicación de un asfalto líquido, ya sea sobre una capa granular o sobre una capa asfáltica, el cual cumple un objetivo específico.” (Huang, 2004, P. 16).

### **2.3.16 Equivalente de Arena**

“Este método cuantifica el volumen total de material no plástico deseable en la muestra, fracción gruesa, denominando su proporción volumétrica como equivalente de arena.” (MTC. Manual de ensayos de materiales, 2013).

### **2.3.17 Desgaste de los ángeles**

“Este ensaye es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, planos de debilitamiento, planos de cristalización, forma de las partículas, etc” (MTC. Manual de ensayos de materiales, 2013).

### **2.3.18 Pruebas en asfalto**

“Esta prueba consiste esencialmente en efectuar la destilación de una muestra de emulsión asfáltica, hasta la temperatura máxima de 260 grados centígrados, para separar el agua de la emulsión, disolventes y residuo asfáltico.” (MTC. Manual de ensayos de materiales, 2013).

### **2.3.19 Contenido de asfalto en una mezcla**

“Para obtener el contenido de cemento asfáltico en la mezcla ya elaborada se emplea un aparato llamado Rótarex o extractor centrífugo, que proporciona un medio útil para comprobar el porcentaje de cemento asfáltico presente en la mezcla. Además permite el efectuar un análisis granulométrico del agregado al finalizar la prueba de extracción del cemento asfáltico.” (MTC. Manual de ensayos de materiales, 2013).

### **2.3.20 Reologia**

“La reología estudia la respuesta mecánica de un material, cuyas propiedades varían en función de la temperatura y el tiempo de aplicación de una carga, excluyéndose los fenómenos de rotura.” (ROBERTS, 1998, p. 34)

### **2.3.21 Agregado**

Material de origen pétreo generalmente se utiliza para concreto pavimentos etc.

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se trata de una investigación de método heurístico, inductivo y analítico, porque empleará diferentes métodos y técnicas que permitirán encontrar la mejor solución al problema identificado a mayor profundidad y plenitud teniendo en cuenta lo ya experimentado y observado. El nivel será explicativo ya que podrá realizarse los ensayos en campo y laboratorio respectivo

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población considerada se encuentra enmarcada por los diversos estudios de análisis de calidad en los diferentes ensayos en campo y laboratorio

#### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Variable	Técnica	Instrumento
Calidad de la capa asfáltica	Observación	Pruebas de calidad

Fuente: Elaboración Propia con diferentes pruebas de calidad

De acuerdo a la variable identificada, la observación como técnica y las pruebas de calidad como instrumento, son las que mejor se adecuan al tipo de investigación a desarrollar, teniendo en cuenta que su base se encuentra en los límites que permite la norma del MTC.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA DE CIRCUITO

#### 4.1 DESCRIPCION ACTUAL DEL ENTORNO DE TRABAJO.

El año 2019 se le encargo a la empresa COIMSER SAC el chancado del material de la cantera que está ubicada en el kilómetro 1208 panamericana Sur (Camiara) con el siguiente requerimiento de procesar material de cantera para producir

#### **Para el tratamiento superficial:**

Gradación Tipo C: 8.700 M3

Gradación Tipo A: 1.700 M3

#### **Agregados para mezcla Asfáltica:**

Grava entre 1/2" y 3/4" : 15.000 M3

Grava entre 1/2" y 1/4" : 15.000 M3

Arena de 1/4" : 30.000 M3

Haciendo un total de 70,400 m3 de sueltos proveniente de la cantera ubicada en el kilómetro 1208 de la Panamericana Sur denominada Cantera Camiara.

#### **Material a procesar**

El cliente se comprometió a proporcionar la cantera junto a la información para su explotación, COIMSER hará una preselección para eliminar el material fino y procesar la piedra para obtener los agregados solicitados teniendo una efectividad del 40%.

## Material a producir

Se ha solicitado la siguiente calidad y cantidad de materiales

Para el tratamiento superficial:

Se requiere agregado pétreo triturado tipo A y tipo C según la siguiente tabla de granulometría:

### Tabla Proporcionada por el Cliente

#### Según Norma

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA			
	TIPO DE MATERIAL			
	A	B	C	D
25,0mm. (1")	100	-	-	-
19,0 mm. (3/4")	90 - 100	100	-	-
12,5 mm. (1/2")	10 - 45	90 - 100	100	-
9,5 mm. (3/8")	0 - 15	20 - 55	90 - 100	100
6,3 mm. (1/4")	-	0 - 15	10 - 40	90 - 100
4,75 mm. (N 4)	0 - 5	-	0 - 15	20 - 55
2,36 mm. ( N 8)	-	0 - 5	0 - 5	0 - 15
1,18 mm. (N 16)	-	-	-	0 - 5

Tabla 1 Granulometría A y C

Y las siguientes características:

<b>Especificaciones</b>	
<b>ENSAYOS</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara fracturada (MTC E 210)	85% min
Partículas fracturadas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% min
Partículas chatas y alargadas (MTC E-221)	15% máx)
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
<b>Tabla 2 Especificaciones</b>	

<b>Especificaciones in Situ</b>	
<b>ENSAYOS</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	+95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% máx.
Sales solubles Totales (MTC E 219)	0.5% máx.
<b>Tabla 3 Especificaciones in situ</b>	

En las siguientes cantidades:

- Gradación Tipo C: 8.700 M3
- Gradación Tipo A: 1.700 M3

#### **Agregados para asfalto:**

Se requiere agregado pétreo y arena proveniente de un triturador de impacto de eje vertical en las siguientes cantidades:

#### **Agregados para mezcla Asfáltica:**

- Grava entre 1/2" y 3/4" : 15.000 M3
- Grava entre 1/2" y 1/4" : 15.000 M3
- Arena de 1/4" : 30.000 M3

## **Aceptación de los agregados**

Los agregados **producidos** deben cumplir las especificaciones técnicas del proyecto para ser cancelados, por lo que el Cliente contará con laboratorio y personal permanente para certificar la producción que será continua las 24 horas al día.

## **FLUJOGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCION**

El material es explotado de la cantera mediante excavadora sobre orugas y trasladado a la planta mediante volquetes, el material es alimentado por cargador a la tolva de alimentación tipo bandeja que da una alimentación a una estación de zarandeo mecánico la cual elimina el sobre tamaño material mayor a 60mm y el materia menor a 4.75mm por lo que el material a procesar es el comprendido entre 4.75mm y 60mm, este material pasa directamente al triturador terciario y este en circuito cerrado con otra zaranda mecánica produce los agregados requeridos.





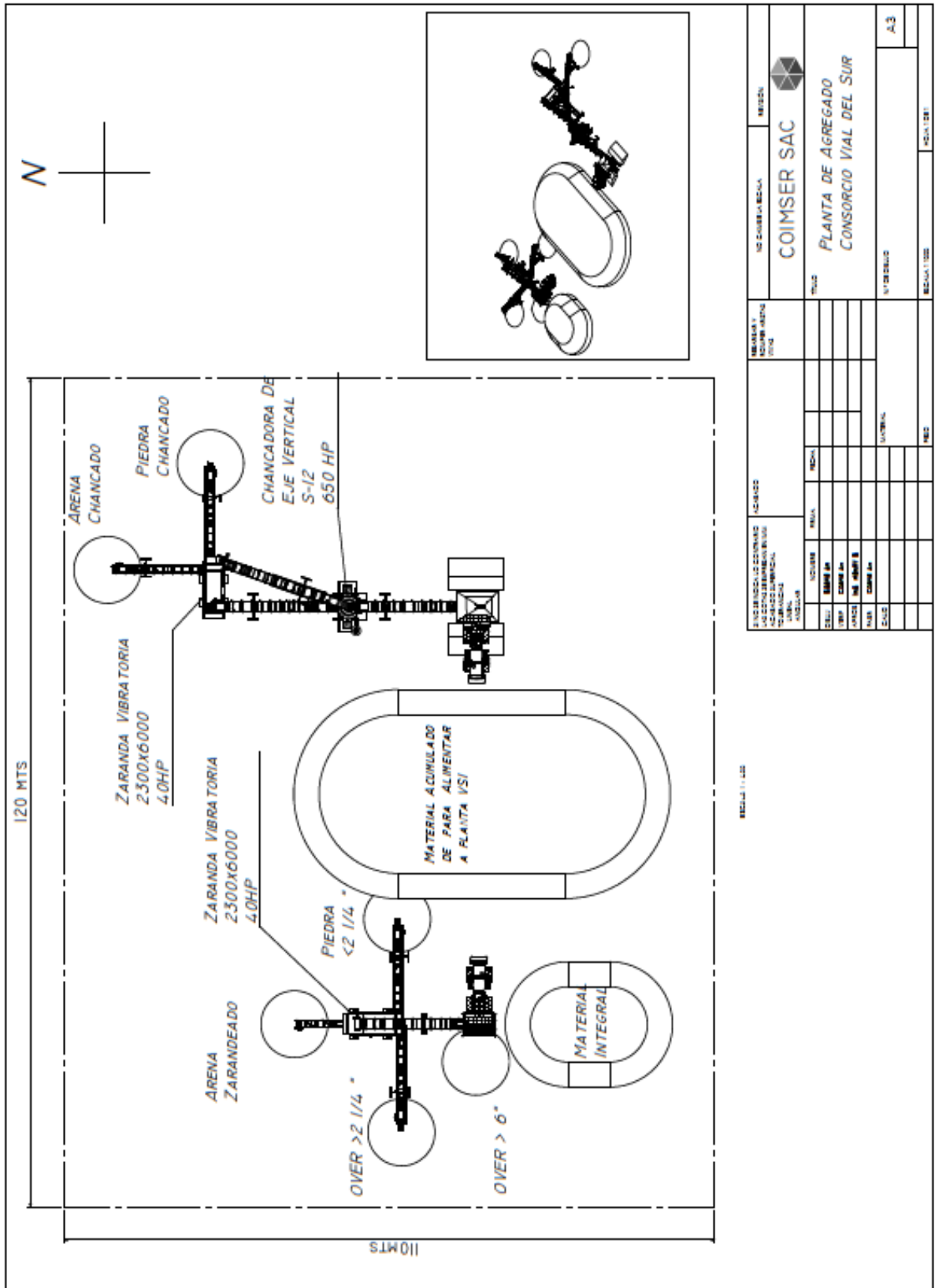
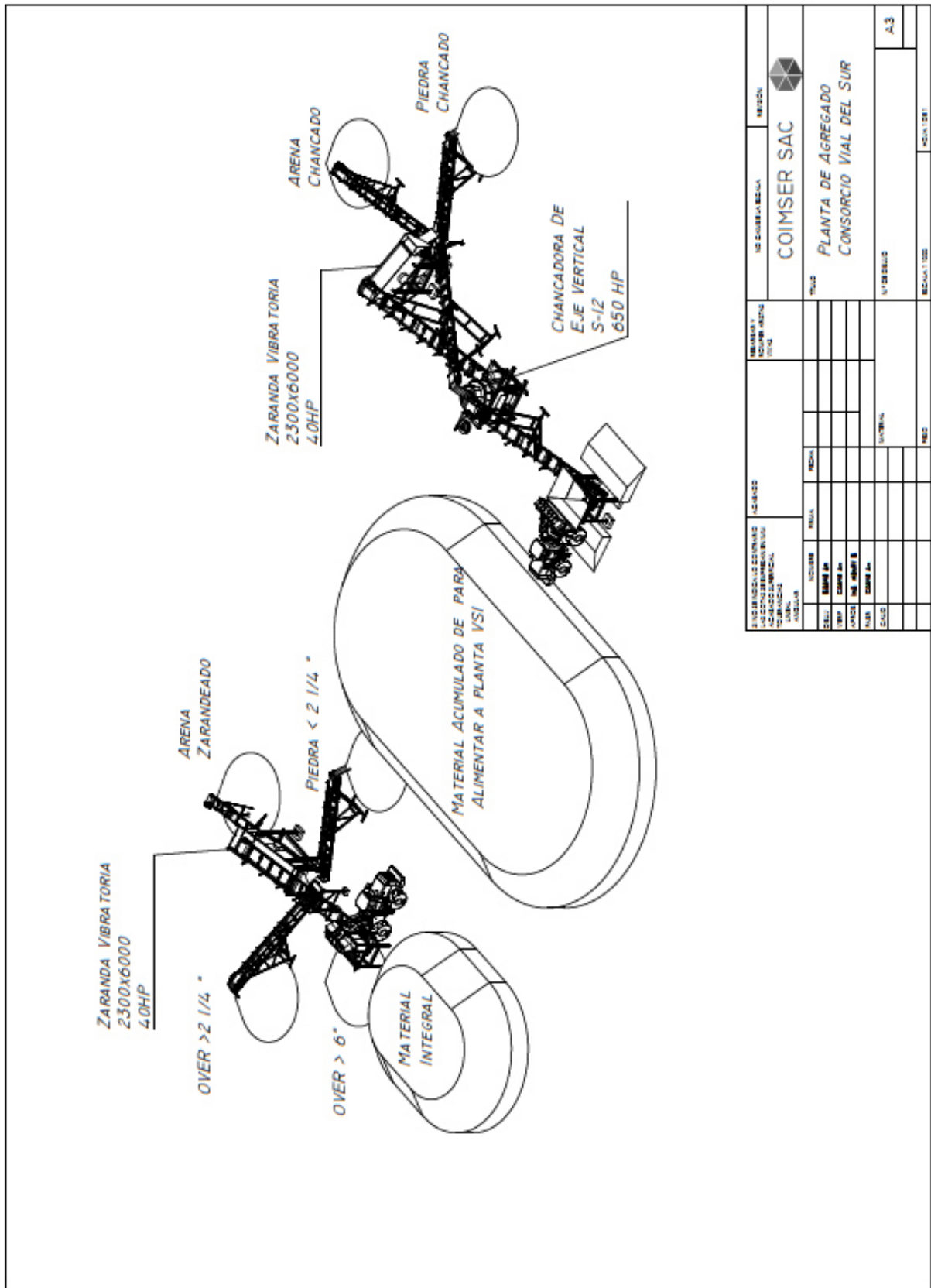


Fig. 9 Alternativa de circuito



EMPRESA <b>COIMSER SAC</b>		DISTRITO <b>MOYSA</b>	
PROYECTO <b>PLANTA DE AGREGADO CONSORCIO VIAL DEL SUR</b>		N° DE PLAN <b>A3</b>	
ESCALA <b>1:100</b>		FECHA <b>2011</b>	
AUTORIA <b>ING. J. V. VILLALBA</b>		APROBACION <b>ING. J. V. VILLALBA</b>	
REVISOR <b>ING. J. V. VILLALBA</b>		APROBACION <b>ING. J. V. VILLALBA</b>	
DISEÑADOR <b>ING. J. V. VILLALBA</b>		APROBACION <b>ING. J. V. VILLALBA</b>	
VERIFICADOR <b>ING. J. V. VILLALBA</b>		APROBACION <b>ING. J. V. VILLALBA</b>	
INGENIERO EN JEFE <b>ING. J. V. VILLALBA</b>		APROBACION <b>ING. J. V. VILLALBA</b>	

Fig. 10 pilas de material

## **Alcance**

La propuesta incluye los siguientes puntos:

### **Movilización y desmovilización**

Corresponde a la movilización y desmovilización de todos los equipos, materiales de desgaste, personal y oficinas necesarias para realizar el servicio.

### **Explotación de cantera**

Corresponde a la explotación de material de acuerdo al estudio de cantera y el traslado a la planta de trituración y selección, incluye todos los equipos de excavación así como de transporte.

### **Servicio de chancado y selección**

Esta partida comprende todo lo requerido para la obtención de material adecuado después de sufrir un proceso de selección y trituración para la obtención de agregados para asfalto, los cuales serán entregados en pilas de material cernada a la planta de producción, el carguío y transporte a la planta de asfalto es por cuenta del Cliente

### **Equipo**

- 02 Tolva de alimentación con alimentador tipo bandeja.
- 01 Plantas de trituración terciaria de impacto de eje vertical de 500 kW de potencia.
- 02 plantas de selección zaranda 1800 x 4800 mm de 30kw de potencia.
- 01 Sistema de fajas compuesto por.
- 01 Grupo electrógeno de 750 KW.
- 01 Grupo 450 KW.
- 02 Cargadores frontales de 271 HP.
- 01 Excavadora sobre orugas de 37 ton

- 02 Volquetes de 15m3
- Camión de mantenimiento.
- Oficinas de campo.
- 01 Cisterna de agua.
- 01 Mini cargador.
- Mano de obra
- Personal de supervisión
- Personal de Seguridad
- Operadores de Planta
- Operadores de cargadores
- Operador de Excavadora
- Operadores de camiones
- Mecánicos de mantenimiento
- Electricistas de mantenimiento

### **Materiales**

Considera los materiales de desgaste como son: Muestras, mantos, cóncavos, polines, fajas, etc. Que con el normal proceso requieren de cambio durante el plazo del servicio.

Petróleo, Aceites y filtros.

### **Otros**

Movilidad de personal.

Alimentación y Alojamiento.

Seguros

Exámenes médicos y EPPs,

Gastos generales y utilidad

El cliente se comprometía a dar a conocer todo lo relacionado a diseño de la capa asfáltica proporcionando los siguientes estudios

## **Estudio de cantera**

### **Trabajos de laboratorio**

Se han ejecutado los siguientes ensayos de laboratorio según corresponda a cada rubro

- Granulometría MTC E 204
- Límites de consistencia MTC E 111
- CBR MTC E 132
- Proctor MTC E 117/124
- Sales solubles MTC E 219
- Equivalente de Arena MTC E 114
- Partículas chatas y alargadas MTC E 221
- Desgaste Los Ángeles MTC E 207
- Perdidas con sulfatos MTC E 209
- Caras Fracturadas MTC E 210
- Pesos Volumétricos MTC E 203
- Pesos Específicos MTC E 206/205
- Absorción MTC E 206/205
- Cloruros y sulfatos MTC E 206/205

### **Ubicación**

La cantera está ubicada en la Región Tacna exactamente en el Kilómetro 1208 de la Panamericana Sur cerca al cruce poblado de Camiara que es el acceso a la minera Southern Peru mina Toquepala

### **Accesibilidad**

La cantera está disponible para la explotación y cuenta con los permisos mínimos por las autoridades de la Región Tacna tiene un camino de trocha de 2.5 kilómetros de distancia de la Panamericana sur Kilometro 1208

### **Delimitación de la Cantera**

La cantera pertenece a la Región Tacna y esta cedida al Consorcio Vial del Sur que a su vez le cede a COIMSER SAC para la explotación y luego fabricación de agregados para la capa asfáltica para el tratamiento superficial y asfalto de los tramos 4 de la concesión de la carretera Panamericana sur.

### **Toma de Muestras**

De la cantera se ha tomado tres muestras en la posible zona de explotación cabe señalar que esta cantera se encuentra en explotación solo la primera parte y la parte cedida a Coimser se encuentra todavía sin explotar.

### **Potencia**

Según las estimaciones realizadas con la ayuda de las cartas geológicas de la Zona concordante con los planos de limitación, así como la auscultación de los cortes efectuados con calicatas con excavadora Volvo 360 se tiene los siguientes valores promedio

Area	89,865.00 m <sup>2</sup>
Altura	8 m
Volumen	719,186.41

**Tabla 04 Potencia**

### **Eficiencia**

Para la estimación de la eficiencia, de campo se han tomado el sobre tamaño de la parte que está en plena explotación considerando chancadora secundaria, así como el desbroce superficial y materiales lo que se obtuvo

Concepto	Camara
Sobre tamaño	25%
Material no aptos	30%
Eficiencia	45%

**Tabla 05 Eficiencia**

## Rendimiento

Con fines de rendimiento de la cantera, con sus equipos maquinaria colocada nos han reportado un volumen de 100 m<sup>3</sup> de producción por día sin embargo solo se está explotando el 6% de la cantera

Se procedió a la explotación de la cantera obteniendo altos índices de chatas y alargadas y con la curva granulométrica que no cumplía con las especificaciones técnicas requeridas pero con el circuito simple de zarandeo y chancadora primaria y secundaria que se puede apreciar en la figura 08 obteniendo

### Propiedades de los Agregados

Ensayo	Grava	Arena
Grava	63,00%	38,00%
Arena	23%	73%
Finos	12%	2%
Limite Liquido	NP	NP
Índice de plasticidad	NP	NP
Peso Volumétrico	1,561 gr/cm <sup>3</sup>	1,68 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Varillado	1,379 gr/cm <sup>3</sup>	1,454 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Suelo	2,13%	1,39%
Absorción	0,88%	1,39%
% Humedad	0,88%	1,80%
Peso especifico	2,7 gr/cm <sup>3</sup>	2,66 gr/cm <sup>3</sup>

**Tabla 06 Propiedades de los agregados**





Se determinó que los resultados no alcanzaban las especificaciones técnicas que requería según norma por lo que el cliente quería cerciorarse pues cabía la posibilidad de que los precios de los agregados con esta configuración podía bajar de precio pero no cumplía con lo requerido por la supervisión por lo que se decidió incluir en el circuito la chancadora terciaria de eje vertical lo cual se alcanzaban los precios sugeridos por COIMSER pero que los agregados alcanzarían los limites requerido por el proyecto y sería un material adecuado para el asfalto

Al incluir la chancadora de eje vertical dieron los siguientes resultados datos dados por laboratorio Contratado por el cliente.

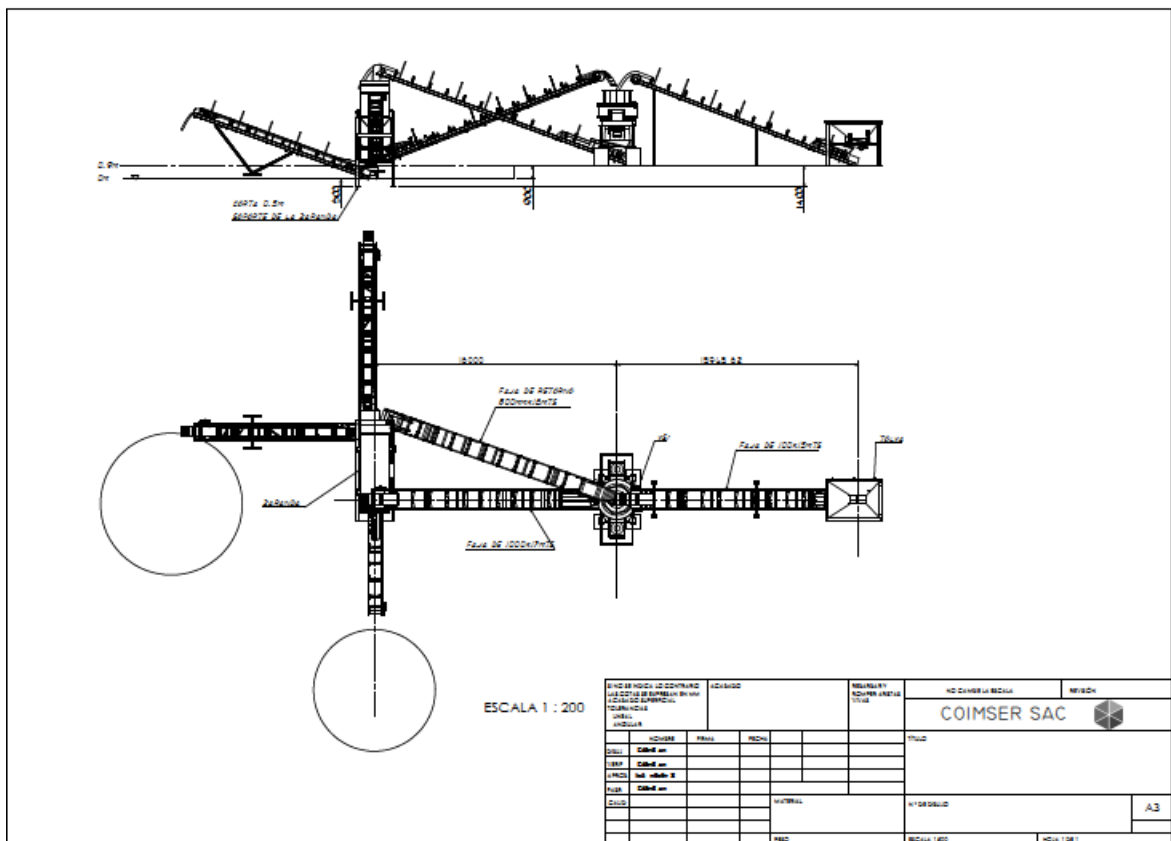


Fig. 12 Incorporación de Chancadora terciaria

Se comienza a tener los siguientes resultados

### Grava

<b>Peso Específico Grava</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>DATOS</b>
1	Peso de Muestra Saturada Superficialmente Seca	g.	3405,0
2	Peso de Muestra + Canastilla Sumergida	g.	2099,0
3	Peso de Canastilla Sumergida	g.	0,0
4	Peso de Muestra Seca	g.	3334,0
5	Peso de Muestra Sumergida	g.	2099,0
6	Volumen de la Muestra	cm <sup>3</sup>	1306,0
<b>Tabla 08 Peso Específico grava</b>			

<b>Resultados de Peso Específico Grava</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>		<b>DATOS</b>
7	Peso Específico Aparente y *SSS	g/cm <sup>3</sup>	2,55
8	Peso Específico Nominal	g/cm <sup>3</sup>	2,70
9	Absorción	%	2,13
*SSS= Saturado Superficialmente Seco			
<b>Tabla 09 Resultado de Peso Específico grava</b>			

### Arena

<b>Peso Específico Arena</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Datos</b>
1	Peso de Muestra Saturada Superficialmente Seca	g	290,00
2	Peso de Muestra + Picnómetro + Agua	g	835,80
3	Peso del Picnómetro + Agua	g	657,20
4	Peso de Muestra Seca	g	286,00
5	Temperatura Promedio	C	19,20
6	K, Corrección por temperatura		1,0002
<b>Tabla 10 Peso Específico Arena</b>			

<b>Resultados Peso Especifico Arena</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>VALORES</b>
7	Peso Especifico Aparente y *SSS	g./ cm <sup>3</sup>	2,57
8	Peso Especifico Nominal	g./ cm <sup>3</sup>	2,66
9	Absorción	%	1,39
*SSS Saturado Superficialmente Seco			
<b>Tabla 11 Resultados Peso Especifico Arena</b>			

### Grava

<b>Peso Unitario Compactado Grava</b>					
<b>Descripción</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Molde + Muestra	g.	9956	9968	9962	
Peso del Molde	g.	6338,3	6338,3	6338,3	
Peso de la Muestra	g.	3617,7	3629,7	3623,7	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2130,6	2130,6	2130,6	
Densidad	g./ cm <sup>3</sup>	1,698	1,704	1,701	
<b>Peso Unitario Compactado: 1.701 g./cm<sup>3</sup></b>					
<b>Tabla 12 Peso Unitario Compactado Grava</b>					

<b>Peso Unitario Seco Grava</b>					
<b>DESCRIPCION</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Molde + Muestra	g.	9477	9481	9479	
Peso del Molde	g.	6338,3	6338,3	6338,3	
Peso de la Muestra	g.	3138,7	3142,7	3140,7	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2130,6	2130,6	2130,6	
Densidad	g./ cm <sup>3</sup>	1,473	1,475	1,474	
<b>Peso Unitario Suelto: 1.474 g./cm<sup>3</sup></b>					
<b>Tabla 13 Peso Unitario Suelto Grava</b>					

## Arena

<b>Peso Unitario Compactado Arena</b>					
<b>Descripción</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Molde + Muestra	g.	10215	10111	10118	
Peso del Molde	g.	6338,3	6338,3	6338,3	
Peso de la Muestra	g.	3786,7	3772,7	3779,7	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2130,6	2130,6	2130,6	
Densidad	g./ cm <sup>3</sup>	1,777	1,771	1,774	
<b>Peso Unitario Compactado: 1.774 g./cm<sup>3</sup></b>					
<b>Tabla 14 Peso Unitario Compactado Arena</b>					

<b>Peso Unitario Compactado Arena</b>					
<b>Descripción</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Molde + Muestra	g.	9605	9615	9610	
Peso del Molde	g.	6338,3	6338,3	6338,3	
Peso de la Muestra	g.	3266,7	3276,7	3771,7	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2130,6	2130,6	2130,6	
Densidad	g./ cm <sup>3</sup>	1,533	1,538	1,536	
<b>Peso Unitario Suelto: 1,536 g/cm<sup>3</sup></b>					
<b>Tabla 15 Peso Unitario Suelto Arena</b>					

## Humedad

<b>Humedad de Grava</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Peso de la Muestra Húmeda + Tara</b>	g	1174,4	-
<b>2</b>	<b>Peso de la Muestra Seca + Tara</b>	g	1172,7	-
<b>3</b>	<b>Peso de la Tara</b>	g	0	-
<b>4</b>	<b>Contenido de Humedad</b>	%	0,14	-
<b>Tabla 16 Humedad de Grava</b>				

<b>Humedad de Arena</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
1	Peso de la Muestra Húmeda + Tara	g	840,7	-
2	Peso de la Muestra Seca + Tara	g	835,9	-
3	Peso de la Tara	g	0	-
4	Contenido de Humedad	%	0,57	-
<b>Tabla 16 B Humedad de Arena</b>				

<b>Peso Específico Grava Arena</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Datos</b>
1	Peso de Muestra Saturada Superficialmente Seca	g	5938,00
2	Peso de Muestra + Canastilla Sumergida	g	3781,00
3	Peso de Canastilla Sumergida	g	0,00
4	Peso de Muestra Seca	g	5903,00
5	Peso de Muestra Sumergida	g	3781,00
6	Volumen de Muestra	cm3	2157,00
<b>Tabla 17 A Peso Específico Grava Arena</b>			

<b>Resultados Grava Arena</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>		<b>Valores</b>
7	Peso Específico Aparente *SSS	g/cm3	2,74
8	Peso Específico Nominal	g/cm3	2,78
9	Absorción	%	0,59
*SSS Saturado Superficialmente Seco			
<b>Tabla 17 B Resultados Grava Arena</b>			

### Arena Grava Arena

<b>Peso Específico Arena Grava Arena</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Datos</b>
1	Peso de Muestra Saturada Superficialmente Seca	g	403,40
2	Peso de Muestra + Picnómetro + Agua	g	936,30
3	Peso del Picnómetro + Agua	g	684,10
4	Peso de Muestra Seca	g	397,10
5	Temperatura Promedio	C	22,00
6	K, Corrección por temperatura		0,9997
<b>Tabla 18 Peso Especifico Arena Grava Arena</b>			

Resultados Arena Grava Arena			
ITEM	Descripción		Valores
7	Peso Específico Aparente *SSS	g/cm <sup>3</sup>	2,63
8	Peso Específico Nominal	g/cm <sup>3</sup>	2,74
9	Absorción	%	1,59
*SSS Saturado Superficialmente Seco			
<b>Tabla 19 Resultados Arena Grava Arena</b>			

### Curva Granulométrica

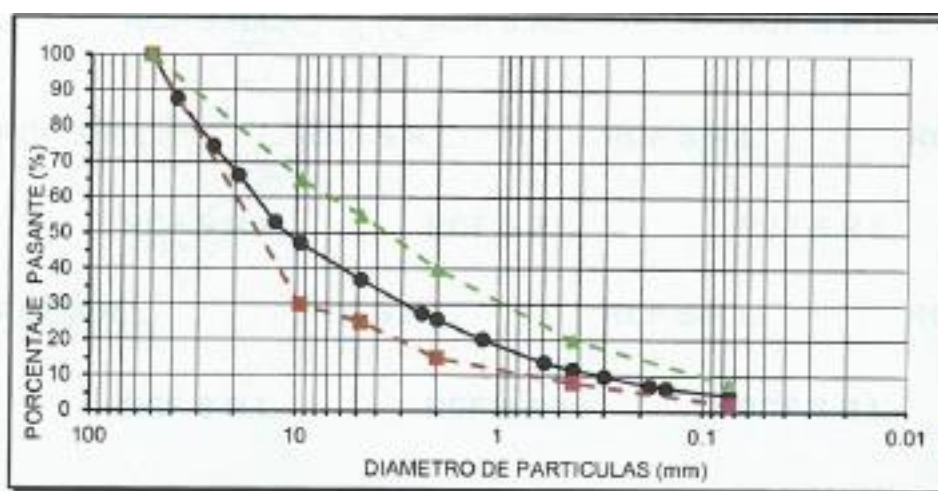


Tabla Nro. 20 Curva Granulométrica

### Partículas Chatas y Alargadas

Partículas Chatas y Alargadas			
Tamiz	Peso Total (gr)	Peso Ch/AJ (gr)	% en Peso Ch/AJ
1 1/2" - 1"	1004	83	8
1" - 3/4"	699	41	6
3/4" - 1/2"	597	23	4
1/2" - 3/8"	145	12,3	8
<b>Total</b>	<b>2445</b>	<b>159,3</b>	<b>7</b>
<b>% de Partículas Chatas y Alargadas 7%</b>			
<b>Tabla 21 Partículas Chatas y Alargadas</b>			

Tabla final

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Especificación</b>
Absorción I-Totales Ángeles	16,35%	40% Max
Caras fracturadas	96%	85% min
Partículas Chata y alargadas	7%	15% Max
Equivalente de arena	90%	50% min
Perdidas con sulfatos	12%	18% Max
Sales Salubres	1500 ppm/3588ppm	0,5 Max

**Tabla Nro. 22 Resultados Finales**

En la tabla final se puede apreciar los resultados esperados y propuestos por la Empresa COIMSER SAC que alcanzo a reducir en la cantidad de asfalto en un 8% menos lo cual significo un ahorro en el proyecto.

### **Presupuesto e Inversión del proyecto**

<b><u>PRESUPUESTO</u></b>					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO NUEVOS SOLES	PARCIAL
1.0	Agregado para Asfalto	M3	60,000.00	52.8	3,168,000.00
2.0	Agregado para tratamiento superficial Tipo A y C	M3	10,400.00	52.8	549,120.00
				TOTAL	3,717,120.00

**Tabla Nro. 23 presupuesto**

En esta tabla se da a conocer lo invertido con la empresa para la obtención de los agregados el precio de cada cubo está a precios de mercado con lo que se invirtió no aumento en el expediente y la mejora en la calidad de los agregados solo dio como resultado el ahorro del derivado del petróleo y prácticamente con los invertido se pagaron los agregados dando un plus al proyecto en el anexo 3 se da la propuesta completa hecha por COIMSER SAC



## CONCLUSIONES

El siguiente trabajo de investigación que sugirió incorporar una chancadora de impacto de eje vertical en el circuito de chancado que permita modificar la forma de los agregados se realizó y con dio las siguientes conclusiones:

- se demostró que la incorporación de una chancadora terciaria de impacto de eje vertical por las propiedades del chancado modifica la forma de los agregados dándole más caras partidas y esto mejora la adherencia entre partículas dándole a los agregados más resistencia entre ellas lo cual nos dio los resultados con las pruebas de calidad que con menor uso del derivado del petróleo mantiene la misma calidad en el diseño de la capa asfáltica.
- Se demostró que la incorporación de una chancadora terciaria de impacto de eje vertical al chancar a altas velocidades crea en el agregado muchas caras partidas y esto mejora la estabilidad de partícula con partícula llegando a mejorar la calidad y por ende mejora la estabilidad entre partículas por lo que esto demuestra que la adherencia entre estas reducirán el uso del derivado del petróleo
- Finalmente se demostró que con la incorporación de una chancadora terciaria de impacto de eje vertical mejora la calidad del agregado con lo que el diseño de la capa asfáltica tiene muchas más alternativas de calidad sin aumentar el uso del derivado del petróleo.

## RECOMENDACIONES

Terminado el trabajo de investigación se recomienda:

- Que con la incorporación de la chancadora terciaria se puede mejorar cualquier material por lo que ahora ya no es importante o determinante la cantera a usarse para cualquier proyecto solo se recomienda la incorporación de la chancadora terciaria y así poder mejorar los agregados a usarse demostrando que si es efectiva esta incorporación demostrada en el proyecto de investigación.
- No es necesario descartar un proyecto de infraestructura vial por las por la falta de potencia o calidad de material de las canteras cercanas al proyecto es más con el over o material de descarte de la voladura es posible fabricar agregado de alta calidad se recomienda pasar por el simulador de chancado antes de descarta un proyecto con problemas de agregado.
- Con la calidad mejorada por una Chancadora terciaria es posible también un ahorro en el uso de derivado del petróleo sin perder la calidad que exige la norma por lo que se recomienda tener en cuenta esta incorporación para los contratistas que ejecutaran cualquier proyecto de infraestructura vial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

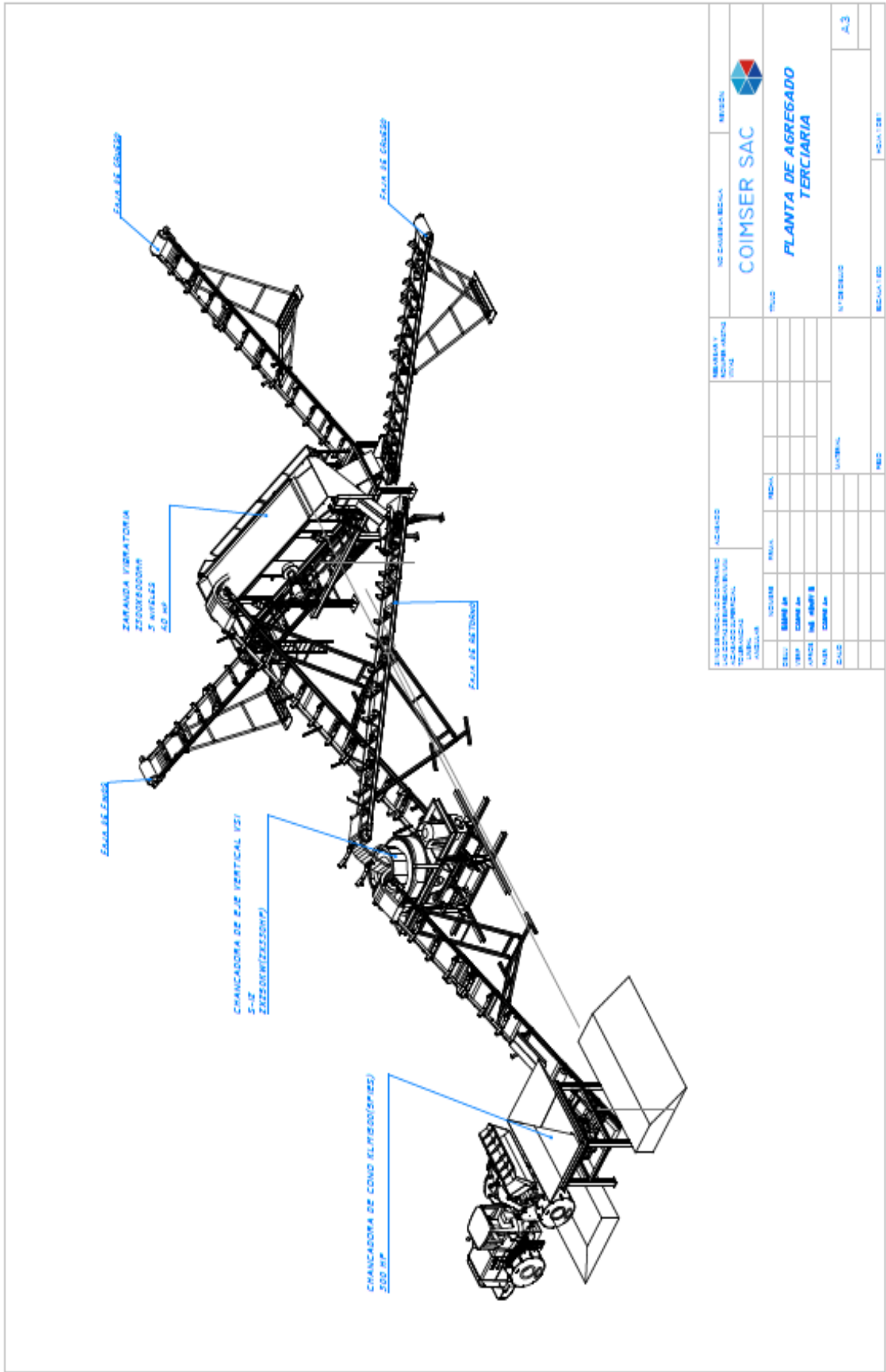
- Forigua Orjuela, José Edilson y Pedraza Díaz, Elkin (2014). Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos
- E.R. Brown, (1993) Evaluation of Laboratory Properties of SMA Mixtures.
- Reyes Ortiz, Oscar Javier; Pérez Jiménez, Félix E. Estudio del comportamiento a fatiga de asfaltos mediante el uso del reómetro de corte dinámico Ingeniería e Investigación, vol. 31, núm. 1, abril, 2011, pp. 47-55 Universidad Nacional de Colombia
- Huang, Y. (2004). Pavement analysis and design. (2° ed.). EE.UU. Pearson Prentice Hall
- Papagiannakis, A. y Masad, E. (2008). Pavement design and materials. (1a ed.). EEUU: Editorial Wiley. • Yoder, E y Witczak, M. (1991). Principles of pavement design. (2a ed.) EEUU: Editorial Wiley.
- Manual for PCL(S) Series Vertical Shaft Impact Crusher, 2016
- Silene, M. y Ordóñez, A. (2001) Manual de laboratorio ensayos para pavimentos volumen I: Universidad nacional de ingeniería UNI.
- MTC. (2006). Manual de ensayos de materiales. (1a ed.). Perú: Editorial MTC.
- MTC. (2013). Manual de Especificaciones técnicas de la construcción de carreteras. Perú: Editorial MTC.
- AASHTO; Guide for desing of pavement structure 1993
- • Ministerio de Transportes. (2014). Manual de suelos geología y pavimentos del MTC (1a ed.) Perú
- Ministerio de Transportes. (2003). Manual de ensayos del MTC.
- Da Costa Amaral S., "Estudos de Misturas Asfálticas Densas com agregados do Estado do Pará, Utilizando Asfalto Convencional (CAP-40) e Asfalto Modificado com Polímero SBS
- Asphalt Institute, (1997).MS-02 Mix Design Methods for Asphalt
- Asphalt Institute, Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales Nro. 22 (MS-22)
- Mezclas Asfálticas recicladas fabricadas con altas tasas de material bituminoso reciclable (rap) UPC: Universidad Politécnica de Cataluña, España. 2013

## **ANEXOS.**

## **ANEXO N° 1:**

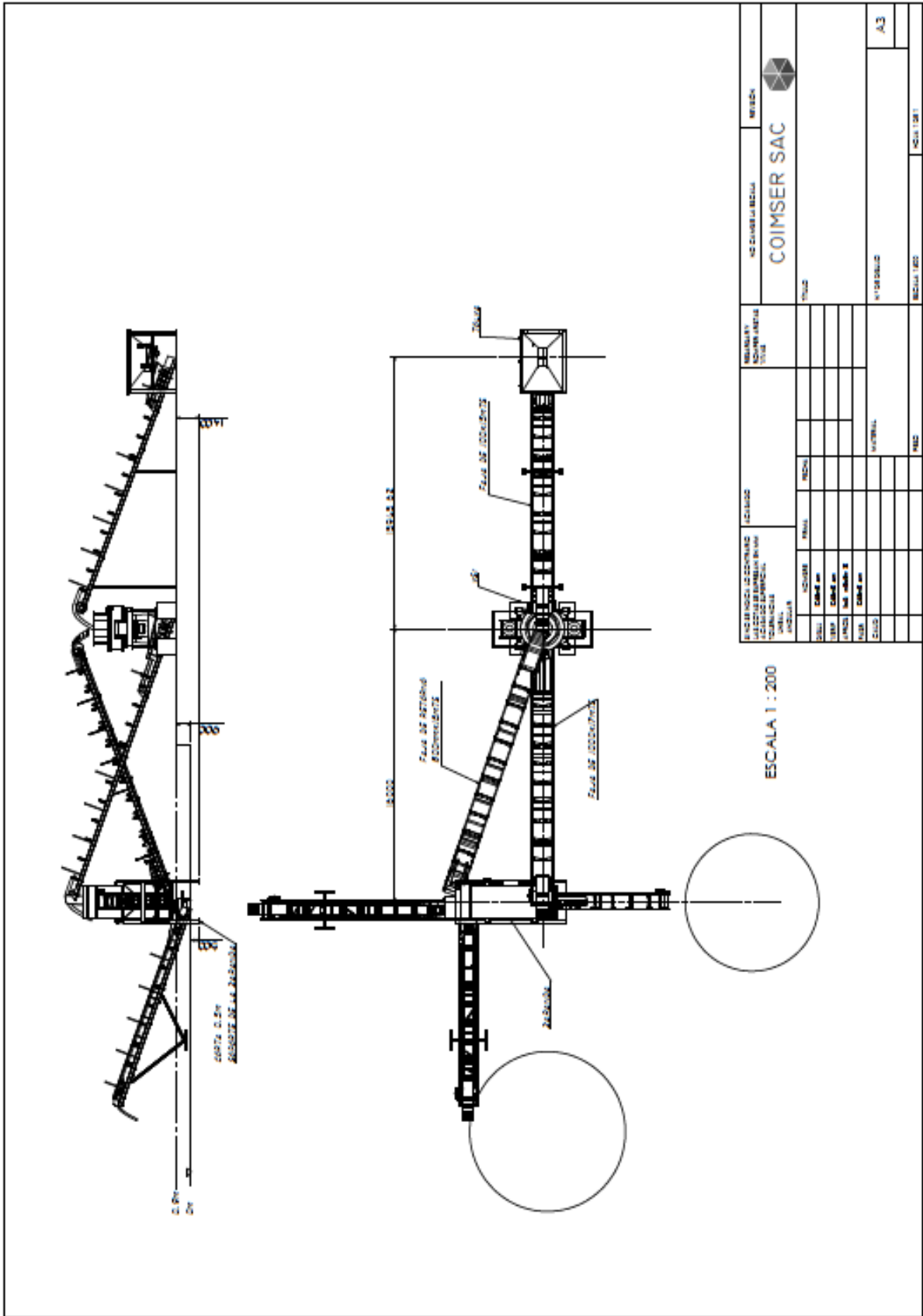
Planos de circuitos de chancados para la fabricación de agregados





INSTITUCION EJECUTORA ORGANISMO FINANCIADOR INSTITUCION FINANCIERA ASESORIAS		ASESOR INIA INIA INIA		INICIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA	
INSTITUCION EJECUTORA ORGANISMO FINANCIADOR INSTITUCION FINANCIERA ASESORIAS		ASESOR INIA INIA INIA		INICIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA	
INSTITUCION EJECUTORA ORGANISMO FINANCIADOR INSTITUCION FINANCIERA ASESORIAS		ASESOR INIA INIA INIA		INICIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA	
INSTITUCION EJECUTORA ORGANISMO FINANCIADOR INSTITUCION FINANCIERA ASESORIAS		ASESOR INIA INIA INIA		INICIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA		INIA INIA INIA INIA	

NO. CANTON: **MISEN**  
**COIMSER SAC**  
**PLANTA DE AGREGADO TERCERIA**

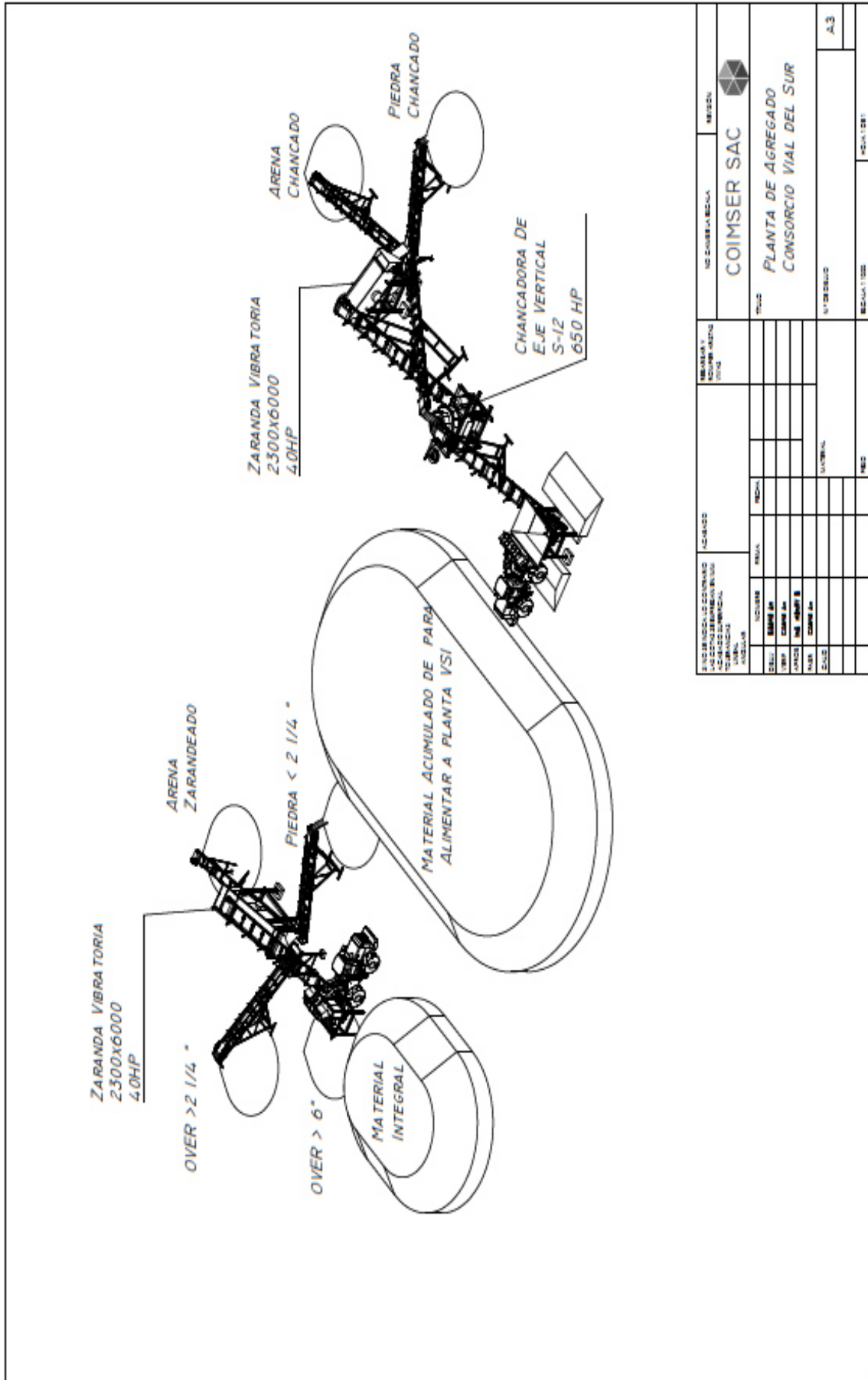


EMPRESA EJECUTORA INGENIERIA Y OBRAS CIVILES S.A.		CLIENTE COMISER SAC		NOMBRE DEL PROYECTO TUBERIA		NO. CARRUJOS 2		NOMBRE MUSEO	
CANTIDAD 1	UNIDAD Mts.	CANTIDAD 1	UNIDAD Mts.	CANTIDAD 1	UNIDAD Mts.	CANTIDAD 1	UNIDAD Mts.	CANTIDAD 1	UNIDAD Mts.
MATERIAL ACERO	10000	MATERIAL ACERO	10000	MATERIAL ACERO	10000	MATERIAL ACERO	10000	MATERIAL ACERO	10000
TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

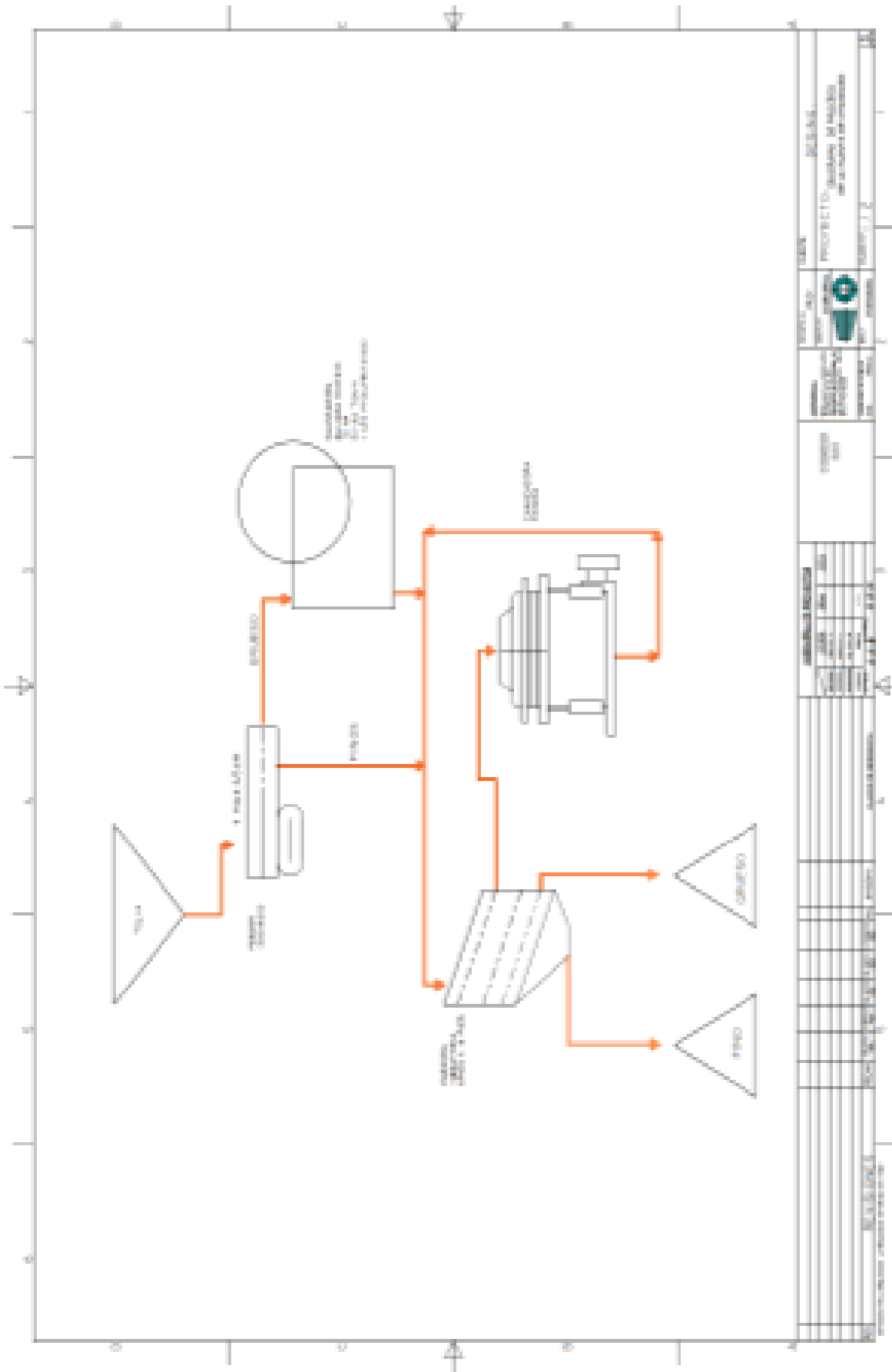








EMPRESA CONTRATADORA INGENIERIA Y CONSULTORIA VIAL S.A.		CLIENTE COINER SAC	
UBICACION VIAL		REGION COINER SAC	
DESCRIPCION DE OBRAS ALIMENTACION DE MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIAL		NOMBRE Y DISEÑO DE OBRAS PLANTA DE AGREGADO CONSORCIO VIAL DEL SUR	
FECHA 2011		N° DE DISEÑO A3	
ESCALA 1:100		HOJA N° 01	



**ANEXO N° 2:**

Registro fotográfico











## **ANEXO N° 3:**

Valorizaciones



OBRA:

PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO  
PROVENIENTES DE LA CANTERA KM 1208 - PANAMERICANA SUR - CAMBIANA



Código: ADM-VIAL-F006

Unidad: 01

Registro: 01

### RESUMEN DE VALORIZACIÓN



N° VALORIZACIÓN : 01  
 DESCRIPCIÓN : PAGO POR AGREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COIMSER SA  
 R.U.C. : 20455278750  
 PERIODO : Del 15 de Nov al 27 de Nov.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val. N° 01	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Arena de 3/4"	M3	5,358.50	S/. 52.80	S/. 282,928.80
Grava de 1/2"	M3	3,517.50	S/. 52.80	S/. 185,724.00
Grava de 3/4"	M3	3,239.00	S/. 52.80	S/. 170,819.20
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>10,115 m3</b>		<b>S/. 534,072.00</b>
IGV			18%	S/. 96,132.96
<b>MONTO TOTAL (Incl. IGV)</b>				<b>S/. 630,204.96</b>

GRUPO DE PRODUCCIÓN  
 REPRESENTANTE DEL CLIENTE

Miguel B. Alvarado Quispe  
 CONTROLADOR DE CAMPO CLIENTE

RESIDENTE DE OBRA - COIMSER S.A.C.

	Sitio: <b>PROYECCIÓN DE ASBESTOS PARA INSTALAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO PORVENIENTE DE LA CANTERA KM 108 - AMARILLAGANA SUR - CÁMBARA</b>		
	CANTÓN: <b>AMALLAGANA</b>	Unidad: <b>MT</b>	

### RESUMEN DE VALORIZACIÓN

N° VALORIZACIÓN : 02  
 DESCRIPCIÓN : IMPACTO POR AGRIEGO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COMSEB S.A.C.  
 R.U.C. : 20455278799  
 PERIODO : Del 27 de Nov. al 27 de Dic.

### VALORIZACIÓN CONTRACTUAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val N° 02	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Área de 1/2"	M2	7,088.0	\$/ 52.00	\$/ 374,240.00
Área de 3/2"	M2	4,266.0	\$/ 32.40	\$/ 1,383,204.00
Área de 3/4"	M2	2,207.2	\$/ 33.80	\$/ 74,603.36
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>13,561.2 m2</b>		<b>\$/ 1,427,847.36</b>
			30%	\$/ 428,354.21

### DEDUCTIVO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val N° 02	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DEDUCTIVO DE AGRIEGOS VIES DE AGRIEGOS	M2	-1,243.2	\$/ 12.80	\$/ -15,912.96
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>-1,243.2 m2</b>		<b>\$/ -15,912.96</b>
			30%	\$/ -4,773.89
<b>MONTO TOTAL (Incl. IGV)</b>				<b>\$/ 1,367,160.51</b>


  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 COMSEB S.A.C.  
 AV. LA PAZ, 1000  
 CANTÓN AMARILLAGANA SUR, P. O. BOX 1000


  
 Mtro. E. Huacho Rivera, Dpto. 48000000  
 CONTROLADOR DE CAMPO CERTE


  
 REPRESENTANTE LEGAL - COMSEB S.A.C.  
 AV. BRUNO ENRIQUE TORRES OLIVERA  
 CP 100048




PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PARA ASFALTAMENTO, SUBSIDIOS Y ASFALTO PROVENIENTES DE LA CENTRAL KM 108 - WILLAGUAYAS SAN CARLOS.

Unidad: m<sup>3</sup>      Valor: 0.00      Fecha: 01/01/2014

**RESUMEN DE VALORIZACIÓN**

N° VALORIZACIÓN : 02  
 DESCRIPCIÓN : PAGO POR AGREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COMBER S.A.C.  
 R.U.C. : 20433278750  
 PERIODO : Del 27 de Nov al 27 de Dic.

**VALORIZACIÓN CONTRACTUAL**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val N° 02	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Área de 30"	M <sup>2</sup>	7,000.0	S/. 12.00	S/. 84,000.00
Grava de 30"	M <sup>3</sup>	4,000.0	S/. 12.00	S/. 48,000.00
Grava de 20"	M <sup>3</sup>	2,972.7	S/. 12.00	S/. 35,672.40
<b>SUB - TOTAL (Sin IVA)</b>		<b>14,972.7 m<sup>3</sup></b>		<b>S/. 167,672.40</b>
			20%	S/. 33,534.48

**DEDUCTIVO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val N° 02	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DEDUCTIVO DE ASIGNACIONES DE NOVENA	M <sup>3</sup>	-1,248.2	S/. 52.80	S/. -65,904.96
<b>SUB - TOTAL (Sin IVA)</b>		<b>-1,248.2 m<sup>3</sup></b>		<b>S/. -65,904.96</b>
<b>MONTO TOTAL (incl. IVA)</b>				<b>S/. 132,301.88</b>


  
 COMERCIALIZADORA VILLAGUAYAS S.A.C.


  
 Ingeniero Humberto De la Cruz - Director General


  
 COMERCIALIZADORA VILLAGUAYAS S.A.C.

	PROCESOS DE ADMISIÓN PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO PAVIMENTOS DE LA CARRETERA 108 1028 - PARATEPECAMA SUR - CANAMA	
FECHA: 10/01/2017	PROYECTO: 108	

**RESUMEN DE VALORIZACIÓN**

N° VALORIZACIÓN: 002  
 DESCRIPCIÓN: PAGO POR ACREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA: COMPASER S.A.C.  
 R.U.C.: 1201553780720  
 PERIODO: 1 del 27 de Nov. al 27 de Dic.

**VALORIZACIÓN CONTRACTUAL**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val.M <sup>2</sup> 02	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Acera de 3M <sup>2</sup>	M <sup>2</sup>	7,060.00	S/. 52.85	S/. 370,708.00
Acera de 1/2"	M <sup>2</sup>	4,964.00	S/. 53.90	S/. 267,363.60
Grava de 3/4"	M <sup>3</sup>	2,482.1	S/. 53.85	S/. 133,623.95
<b>SUB - TOTAL (sin IGV)</b>		<b>14,506.1</b>		<b>S/. 771,695.55</b>
IGV			18%	S/. 138,992.20

**DEDUCTIVO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val.M <sup>2</sup> 03	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DEDUCTIVO DE ACREGADOS MÁS DE 1000 M <sup>2</sup>	M <sup>2</sup>	-3,218.2	S/. 52.85	S/. -169,109.96
<b>SUB - TOTAL (sin IGV)</b>		<b>-3,218.2</b>		<b>S/. -169,109.96</b>
IGV			18%	S/. -30,440.00
<b>MONTO TOTAL (incl. IGV)</b>				<b>S/. 672,145.59</b>

ACT DE PRODUCCIÓN  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.  
 SIMON BOLIVAR 21111111

Karla E. Ravelo Quispe  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.

SAC  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.  
 COMERCIALIZADORA S.A.C.



Cltax:

PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO PROVENIENTES DE LA CANTERA KM 1208 - PANAMERICANA SUR - CAMIARA

Código: AZM-VSL-1308

servicio: OT

Figuras: OT



### RESUMEN DE VALORIZACIÓN

N° VALORIZACIÓN : 03  
 DESCRIPCIÓN : PAGO POR AGREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COIMSER S.A.C.  
 R.U.C. : 20455278750  
 PERIODO : Del 28 de Dic al 30 de Ene

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val. N° 01	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Grasa de 1/8"	M3	5,706.20	S/. 52.80	S/. 303,287.36
Grasa de 1/2"	M3	5,616.07	S/. 52.80	S/. 296,538.50
Grasa de 3/4"	M3	2,830.00	S/. 52.80	S/. 149,424.00
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>14,152.27 m3</b>		<b>S/. 747,239.86</b>
IGV			18%	S/. 134,303.17
<b>MONTO TOTAL (incl. IGV)</b>				<b>S/. 881,743.03</b>

REPRESENTANTE DEL CLIENTE  
  
 Margery Salazar  
 gerente de producción  
 CONSORCIO PROMOCIÓN Y SERVICIOS S.A.S.

CONTROLADOR DE CAMPO CLIENTE  
  
 Carlos Jarama

RESIDENTE EN OBRA - COIMSER S.A.C.  
 ING. CARLOS PEDRO LÓPEZ TALAVERA  
 CIP 185046







Oficina

PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO PROVENIENTES DE LA CANTERA KM 1208 - PANAMERICANA SUR - CAMANA

Código: ADM-VUL-FC08

Versión: 01

Registro: 01



### RESUMEN DE VALORIZACIÓN

N° VALORIZACIÓN : 05  
 DESCRIPCIÓN : PAGO POR AGREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COMSER S.A.C.  
 R.U.C. : 20455278750  
 PERIODO : 02 de Mar al 27 de Mar

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val.N° 05	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Arena de 3/4"	M3	6,413.79	S/. 52.80	S/. 338,648.112
Grava de 1/2"	M3	2,000.34	S/. 52.80	S/. 106,733.152
Tratamiento superficial tipo "C"	M3	3,996.41	S/. 52.80	S/. 213,110.040
Grava de 3/4"	M3	2,714.40	S/. 52.80	S/. 143,520.320
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>15,185.94 m3</b>		<b>S/. 801,817.632</b>
IGV			18%	S/. 144,327.174
<b>MONTO TOTAL (Incl. IGV)</b>				<b>S/. 946,144.806</b>

Representante del Cliente  
 Ing. Nelson J. Sotomayor  
 COMSER S.A.C.

Contralador de Campo Cliente  
 Ing. Juan Carlos Sotomayor

Representante de COMSER S.A.C.  
 Ing. Juan Alfredo López Talavera  
 CP-166296



Cliente:

PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y ASFALTO PROMETETES DE LA CANTERA KM 1288 - PAMAMERICANA SUR - CAMARA

Código: ADM VAL 0006

Unidad: 01

Región: 01



### RESUMEN DE VALORIZACIÓN

N° VALORIZACIÓN : 05  
 DESCRIPCIÓN : PAGO POR AGREGADO PARA ASFALTO Y OTROS  
 CONTRATISTA : COMISER S.A.C.  
 R.U.C. : 20455278750  
 PERÍODO : 02 de Mar al 27 de Mar

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Metrado Val N° 05	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Areña de 3/4"	M3	6,412.79	S/. 52.80	S/. 338,648.12
Grava de 1/2"	M3	2,659.34	S/. 52.80	S/. 139,413.15
Tratamiento superficial tipo "C"	M3	3,998.42	S/. 52.80	S/. 211,116.08
Grava de 3/4"	M3	2,714.42	S/. 52.80	S/. 143,320.92
<b>SUB - TOTAL (Sin IGV)</b>		<b>15,185.94 m3</b>		<b>S/. 801,817.632</b>
RIV			38%	S/. 344,327.174
<b>MONTO TOTAL (Incl. IGV)</b>				<b>S/. 1,146,144.806</b>

REPRESENTANTE DEL CLIENTE

CONTROLADOR DE CAMPO CLIENTE


REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA  
 COMISER S.A.C.  
 1903 DE SAN ALFREDO LÓPEZ SALAVERRA  
 CIP 180246



## VALORIZACION N°6 DE AGREGADOS PARA ASFALTO

<b>OBRA:</b>		Contrato de Concesión del Tramo Vial Dv. Quilca-Dv. Arequipa[repartición]-Dv. Mataraní-Dv. Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia			
<b>CONTRATISTA</b>		CONSORCIO CONCESIÓN VIAL DEL SUR			
<b>SUBCONTRATISTA</b>		COIMSER S.A.C			
<b>UBICACIÓN</b>		Panamericana Sur km 1208+100 , cantera Camiara			
<b>INICIO DE PERIODO</b>		<b>FIN DE PERIODO</b>		<b>11 DE MAYO</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VOLUMENES</b>		
1.0	Grava de 17.5 mm	m3	3,133.67		
2.0	Grava de 1/2"	m3	2,591.62		
3.0	Arena de 1/4"	m3	11,224.53		
4.0	Tratamiento Superficial "C"	m3	5,248.37		
<b>TOTAL</b>			<b>22,198.19</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>METRADO A VALORIZAR</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>MONTO</b>
1.0	Volumen 1	m3	2,100.07	S/. 52.80	S/. 110,883.696
2.0	Volumen 2	m3	20,098.12	S/. 51.00	S/. 1,025,004.120
<b>SUB-MONTO TOTAL (sin IGV)</b>			<b>22,198.19 m3</b>		<b>S/. 1,135,887.816</b>
<b>IGV:</b>				18%	S/. 204,459.81
<b>MONTO TOTA A PAGAR AL CONTRATISTA</b>					<b>S/. 1,340,347.623</b>

**JEFE DE AREA:**  
  
**Doreen Vergaray Saldarriaga**  
 JEFE DE PROMOCIÓN  
 CONCESION CONCESIÓN VIAL DEL SUR

**CONTROLADOR PARA COIMSER**  
 Firma:   
 Nombre: Kaysa E. Huanca  
 Fecha: Disse

## **ANEXO N° 4:**

Propuesta Económica