



**UTILIZACIÓN DE RECHAZO DE CANTERA COMO  
ALTERNATIVA DE CAPA ESTRUCTURAL ECONÓMICA EN  
CAMINOS VECINALES**

**Ana Gabriela Duré Zelaya**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Coronel Oviedo - Paraguay 2019

**UTILIZACIÓN DE RECHAZO DE CANTERA COMO  
ALTERNATIVA DE CAPA ESTRUCTURAL ECONÓMICA  
EN CAMINOS VECINALES**

**Elaborado por**

**Ana Gabriela Duré Zelaya**

**Tutores**

**Ing. MSc. Hugo José Florentín.**

**Ing. MSc. Cynthia María Ruíz Díaz.**

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y  
Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú,  
como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Civil.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Coronel Oviedo - Paraguay 2019**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

---

Prof. Ing.

---

Prof. Ing.

---

Prof. Ing.

***Dedicado a:***

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis Padres, Corazón y Yolanda, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy y por su incondicional apoyo.

A mis tíos, Ramón y Teresa, por recibirme en su hogar durante estos 6 años, cuidarme y ayudarme para culminar esta etapa de mi vida, eternamente agradecida.

A mis hermanos, Alvaro, José y Carlos, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mis sobrinas, Paola y Thauane, para que vean en mí un ejemplo a seguir.

***Agradecimientos:***

A mis tutores el Ing. Hugo Florentín y la Ing. Cynthia Ruíz Díaz por la orientación, y ayuda que me brindaron para la realización del trabajo final de grado

A Diego Britez del equipo de laboratorio de la Fiuna, por su ayuda en el trabajo.

Finalmente a los docentes de la FCyT, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario.

# UTILIZACIÓN DE RECHAZO DE CANTERA COMO ALTERNATIVA DE CAPA ESTRUCTURAL ECONÓMICA EN CAMINOS VECINALES

GABRIELA DURÉ

## RESUMEN

En el presente proyecto final de grado se pretende utilizar el rechazo de cantera como alternativa de capa estructural económica en caminos vecinales. Para la recolección de datos se exploró el mercado sobre la disponibilidad del rechazo de cantera en la región, tomando muestras para la realización de ensayos en laboratorio.

La finalidad del proyecto final de grado fue establecer las especificaciones técnicas adecuadas del rechazo de cantera teniendo en cuenta criterios básicos de diseño y resultados de ensayos de laboratorio para su utilización como alternativa de capa estructural económica en caminos vecinales.

En la región se tuvieron 3 alternativas de disponibilidad del rechazo de cantera de las cuales según los ensayos de laboratorio y criterios establecidos se adoptó la cantera CCC de Aguapety.

El estudio del material rechazo de cantera y su utilización como base tuvo como resultado una propuesta de especificación técnica para la utilización del material demostrándolo en un análisis económico. Para ello se tuvo en cuenta las especificaciones de caminos vecinales y también el cumplimiento de las normas AASHTO.

**Palabras claves:** Rechazo de cantera, Especificación técnica, Ensayos, Capa estructural económica

# USE OF QUARRY REJECTIONS AS AN ALTERNATIVE ECONOMIC STRUCTURAL LAYER ON LOCAL ROADS

GABRIELA DURÉ

## SUMMARY

In the current final degree project it is pretended to use the rejection of quarry as an alternative of economic structural layer in local roads. For data collection, the market was explored on the availability of quarry rejection in the region, taking samples for laboratory tests.

The purpose of the final grade project was to establish the appropriate technical specifications for quarry rejection, in consideration of basic design criteria and laboratory result tests for its use as an alternative to an economic structural layer in local roads.

In the region, there were 3 alternatives of quarry rejection available, of which according to the laboratory tests and established criteria, the CCC quarry of Aguapety was adopted.

The study of quarry rejection material and its use as a base, turned out to be a proffer of technical specification for the use of the material demonstrating it in an economic analysis. For this, the specifications of local roads were taken into consideration and also compliance with AASHTO standards.

**Keywords:** Quarry rejection, Technical specification, Essays, Economic structural layer

## CONTENIDO

<i>Dedicado a:</i> .....	1
<i>Agradecimientos:</i> .....	1
CONTENIDO .....	1
LISTA DE FIGURAS .....	1
LISTA DE TABLAS .....	1
CAPITULO 1 .....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1.    Introducción .....	3
1.1.    Objetivos.....	5
1.1.1.  Objetivo general.....	5
1.1.2.  Objetivos específicos.....	5
1.2.    Alcance.....	6
1.3.    Beneficiarios .....	6
1.4.    Situación actual de caminos vecinales en el Paraguay. ....	7
1.5.    Localización y cobertura espacial del proyecto .....	11
1.6.    Organización del proyecto .....	12
CAPITULO 2 .....	13
MARCO TEÓRICO .....	13
2.1.    Rocas .....	13
2.1.1.  Materiales Pétreos.....	13
2.1.2.  Clasificación de rocas por su formación geológica .....	13
2.1.2.1.  Rocas Eruptivas o Ígneas.....	13
2.1.2.2.  Rocas sedimentarias .....	15
2.1.2.3.  Rocas Metamórficas .....	15
2.1.3.  Clasificación de rocas por su comportamiento mecánico .....	17
2.1.3.1.  Rocas Cristalinas.....	17

---

2.1.3.2. Rocas clásticas.....	17
2.1.3.3. Rocas de grano muy fino.....	18
2.1.3.4. Rocas orgánicas.....	18
2.1.4. Usos de materiales Petreos.....	18
2.2. Introducción a la vialidad.....	21
2.2.1. Carretera.....	21
2.2.2. Camino.....	22
2.2.3. Constitución del pavimento.....	22
2.2.4. Capas del pavimento.....	24
2.2.4.1. Carpeta de rodadura.....	24
2.2.4.2. Base.....	24
2.2.4.2.1. Bases pétreas.....	24
2.2.4.3. Subbase.....	28
2.2.4.4. Subrasante.....	28
2.2.5. Tipos de pavimentos.....	29
2.2.5.1. Rígidos.....	29
2.2.5.2. Flexibles.....	29
2.3. Tipos de ensayos.....	31
2.3.1. Granulometría de suelos.....	31
2.3.2. Límites de Atterberg.....	33
2.3.2.1. Tipos de Límites.....	34
2.3.3. Ensayo de compactación T-180.....	34
2.3.4. Relación de Soporte de California [ c.b.r.].....	36
2.3.5. Equivalente de arena.....	37
2.3.6. Resistencia al desgaste.....	38

---

2.4.	Caminos de bajo volumen de tránsito.....	39
2.4.1.	Objetivo de caminos de bajo volumen de tránsito .....	39
2.4.2.	Estructuras de Pavimentos para Caminos de Tránsito Liviano .....	39
2.4.3.	Estructuración tipo de pavimento.....	40
2.4.4.	Propiedades de los materiales .....	42
2.5.	Especificaciones técnicas.....	44
2.5.1.	Sub bases, bases y capas superficiales de suelo agregado (AASHTO M-147-65).....	44
2.5.2.	Base Granular .....	46
2.5.3.	Macadam hidráulico com piedra tipo “0” .....	49
CAPITULO 3.....		53
METODOLOGÍA .....		53
CAPITULO 4.....		57
ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO .....		57
4.1.	Canteras seleccionadas para este proyecto.....	57
4.1.1.	Tipos de productos comercializados en las canteras .....	61
4.2.	Estudios geotécnicos.....	62
4.2.1.	Ensayos de laboratorio .....	62
4.2.1.1.	Análisis granulométrico por tamizado .....	63
4.2.1.2.	Límites de Atterberg .....	64
4.2.1.3.	Ensayo de compactación.....	65
4.2.1.4.	Ensayo de C.B.R .....	66
4.2.1.5.	Ensayo de Equivalente de Arena .....	67
4.2.1.6.	Ensayo de Resistencia al desgaste con la máquina de los ángeles. 68	
4.2.2.	Resumen de datos de los ensayos de cantera.....	69
4.2.3.	Elección de cantera .....	70

4.3. Análisis de ensayos .....	71
CAPITULO 5 .....	72
PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DEL RECHAZO DE CANTERA COMO BASE DE UN CAMINO VECINAL. ....	72
5.1. Introducción a la propuesta de especificación técnica y las condiciones generales adoptadas. ....	72
5.2. Especificación técnica para base de rechazo de cantera. ....	74
5.3. Especificación técnica de Imprimación asfáltica .....	79
5.4. Especificación técnica de Riego de liga.....	85
5.5. Especificación técnica de carpeta de concreto asfáltico en caliente.	89
CAPITULO 6 .....	111
COSTO Y ANÁLISIS COMPARATIVO .....	111
6.1. Análisis de costo unitario .....	111
6.2. Comparación de costos unitarios de bases .....	118
6.3. Estructura del paquete estructural propuesto .....	119
6.4. Resultado de análisis comparativo de las estructuras del pavimento.....	124
CAPITULO 7 .....	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	125
ANEXO .....	127
BIBLIOGRAFÍA .....	148

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Plano de ubicación .....	11
Ilustración 2 Ejemplos de rocas ígneas.....	15
Ilustración 3 Ejemplos de rocas sedimentarias.....	15
Ilustración 4 Ejemplos de rocas metamórficas.....	17
Ilustración 5 Antiguas estructuras patrimoniales construidas en piedra.....	19
Ilustración 6 Cifras comparativas de los usos de rocas o piedra natural a nivel mundial. ....	19
Ilustración 7 Imágenes de diversos usos y aplicaciones de la piedra natural ...	20
Ilustración 8 Avenida Mariscal López.....	21
Ilustración 9 Constitución del pavimento.....	23
Ilustración 10 Sección transversal de una vía.....	23
Ilustración 11 Capas del pavimento. ....	24
Ilustración 12 Imagen de pavimento tipo empedrado. ....	26
Ilustración 13 Imagen de corte transversal del pavimento tipo macadam.....	27
Ilustración 14 Capas de pavimento rígido. ....	29
Ilustración 15 Capas del pavimento flexible .....	30
Ilustración 16 Cantera de piedras comerciales. ....	31
Ilustración 17 Muestra de piedras con varias granulometrías. ....	32
Ilustración 18 Muestras de clasificación granulométrica. ....	32
Ilustración 19 Instrumentos de ensayo de los ángeles .....	34
Ilustración 20 Instrumento de ensayo de Proctor.....	35

Ilustración 21 Instrumentos para ensayo CBR.....	37
Ilustración 22 Estructuras Granulares con Capa de Protección.....	40
Ilustración 23 Estructuras Granulares con Carpeta Asfáltica.....	40
Ilustración 24 Estructuras con Base Estabilizada con Asfalto y Capa de Protección.....	41
Ilustración 25 Estructuras Granulares con Subbase Estabilizada.....	42
Ilustración 26 Localización geográfica de las canteras. ....	57
Ilustración 27 Cantera Luna dorada.....	58
Ilustración 28 Cantera ccc Aguapety.....	59
Ilustración 29 Cantera boca. ....	60
Ilustración 30 Ensayo de análisis granulométrico por tamizado.....	63
Ilustración 31 Ensayo de análisis granulométrico en laboratorio FIUNA.....	63
Ilustración 32 Ensayo de Límites de atterberg.....	64
Ilustración 33 Ensayo de límites de Atterberg en laboratorio FIUNA. ....	64
Ilustración 34 Ensayo de compactación.....	65
Ilustración 35 Ensayo de Compactación en laboratorio FIUNA. ....	65
Ilustración 36 Ensayo de C.B.R.....	66
Ilustración 37 Ensayo de C.B.R en laboratorio FIUNA.....	66
Ilustración 38 Ensayo de equivalente de arena.....	67
Ilustración 39 Ensayo de resistencia al desgaste.....	68
Ilustración 40 Ensayo de resistencia al desgaste en laboratorio FIUNA.....	68

Ilustración 41 Gráfico de costos de bases. ....	118
Ilustración 42 Paquete estructural propuesto.....	119
Ilustración 43 Sección transversal de diseño tipo con base de rechazo de cantera. .....	121
Ilustración 44 Sección transversal de diseño tipo con base Macadam. ....	122
Ilustración 45 Sección transversal de diseño tipo con base.....	123
Ilustración 46 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Carayaó. ....	128
Ilustración 47 Resultado de ensayo de Límites de Atterberg de la cantera de Carayaó. ....	129
Ilustración 48 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Carayaó .....	130
Ilustración 49 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Carayaó .....	131
Ilustración 50 Resultado de ensayo de Equivalente de arena de la cantera de Carayaó .....	132
Ilustración 51 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Carayaó .....	133
Ilustración 52 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Aguapety.....	135
Ilustración 53 Resultado de ensayo de límites de Atterberg de la cantera de Aguapety.....	136
Ilustración 54 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Aguapety. .....	137
Ilustración 55 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Aguapety.....	138

Ilustración 56 Resultado de ensayo de Equivalente de arena de la cantera de Aguapety.....	139
Ilustración 57 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Aguapety.....	140
Ilustración 58 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Caaguazú.....	142
Ilustración 59 Resultado de ensayo de límites de Atterberg de la cantera de Caaguazú.....	143
Ilustración 60 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Caaguazú. .....	144
Ilustración 61 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Caaguazú.....	145
Ilustración 62 Resultado de ensayo de equivalente de arena de la cantera de Caaguazú.....	146
Ilustración 63 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Caaguazú.....	147

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Imagen del resumen de la red vial del País .....	8
Tabla 2 Tabla del sistema vial del Paraguay.....	9
Tabla 3 Clasificación mineral de rocas ígneas.....	14
Tabla 4 Clasificación granulométrica. ....	33
Tabla 5 Propiedades de las Capas Flexibles .....	42
Tabla 6 Propiedades de Materiales Granulares.....	43
Tabla 7 Requisitos para la granulometría de las mezclas de suelo agregado ..	45
Tabla 8 Requerimientos Granulométricos para Base Granular. Fuente: ASTM D 1241 .....	46
Tabla 9 Características físico-mecánicas y químicas.....	47
Tabla 10 Requerimientos Agregado Grueso.....	47
Tabla 11 Requerimientos Agregado Fino.....	48
Tabla 12 % que pasa especificación técnica de macadam.....	50
Tabla 13 Datos de los ensayos de canteras .....	69
Tabla 14 Alternativas de criterios de CBR .....	70
Tabla 15 Alternativas con criterios de Desgaste. ....	70
Tabla 16 Propiedades de Materiales Granulares. Autores: Guillermo Thenoux Z., Felipe Halles A., Álvaro González V., Ernesto Barrera G., Juan Carlos Miranda A.....	73
Tabla 17 % de pasante .....	75
Tabla 18 Cantidad de aplicación de material asfáltico para riego de liga .....	85
Tabla 19 Costo Unitario de base de rechazo de cantera .....	112

Tabla 20 Costo Unitario de base de Macadam .....	113
Tabla 21 Costo Unitario de base granular estabilizada.....	114
Tabla 22 Resumen de costos unitarios de bases. ....	118
Tabla 23 Dimensión de bases.....	120
Tabla 24 Estructura del pavimento con base de rechazo de cantera. ....	121
Tabla 25 Estructura del pavimento con base Macadam .....	122
Tabla 26 Estructura del pavimento con base granular estabilizada.....	123
Tabla 27 Resultado de análisis comparativo de la estructuración del pavimento. .....	124

## **CAPITULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. Introducción**

La principal problemática que se abordará en este proyecto es la escases de caminos de todo tiempo en el País, la cual se encuentra muy limitada a algunas alternativas muy comunes en todas las regiones. Las causas del problema es el crecimiento desordenado de las áreas urbanas además de la falta de recursos en inversiones que ha dificultado más la construcción de los caminos de todo tiempo.

El objetivo de este proyecto es utilizar el rechazo de cantera como alternativa de capa estructural económica en caminos vecinales. Entre las opciones de tipos de pavimentos de camino vecinal los más conocidos son el empedrado y el enripiado, además del tiempo que lleva su construcción se busca una solución más factible con buena calidad en un menor tiempo.

Teniendo en cuenta el pavimento de todo tiempo es necesario fundamentar a través de estudios sus características técnica y económica del material en elección, y a su vez que permita evaluar el costo unitario y que se deje claro el planteamiento en el cual se demuestra que es la alternativa más favorable en comparación a otras alternativas de caminos de todo tiempo.

La organización del trabajo se hará de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, se describe en forma resumida lo que se desarrolla en el trabajo y los objetivos propuestos que se desean alcanzar.

En el Capítulo 2, Se exponen la revisión teórica de los conceptos básicos y las normas viales vigentes necesarios para la realización del proyecto final de grado.

En el Capítulo 3, se prepara la metodología en el cuál se detallan los trabajos de cómo se va a hacer en el proyecto.

En el Capítulo 4, se aplica el capítulo anterior y se hace el desarrollo del mismo, se presentan los resultados obtenidos y sus detalles correspondientes. Se detalla las especificaciones técnica lograda y se analiza y evalúa el resultado, haciendo un análisis de los ensayos

En el Capítulo 5, Se procede a la realización de una propuesta de especificación técnica para la base de rechazo de cantera complementando con las especificaciones técnicas del paquete estructural.

En el Capítulo 6, Se realiza un análisis de costo unitario del material en estudio y otras alternativas de caminos de todo tiempo y posteriormente el costo completo de la superestructura.

En el Capítulo 7, se presentan conclusiones del trabajo final de grado además de orientaciones y recomendaciones.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Utilizar el rechazo de cantera como alternativa de capa estructural económica en caminos vecinales.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Relevar datos de los tipos de agregados comerciales más comunes en las canteras.
- Buscar informaciones de los caminos secundarios más utilizados en el País.
- Explorar el mercado sobre la disponibilidad del rechazo de cantera en la región.
- Realizar ensayos en laboratorio.
- Realizar una comparación técnica y económica entre la estabilidad granulométrica y otra alternativa ya utilizada en el País.
- Evaluación y conclusión de la investigación.

## **1.2. Alcance**

El proyecto final de grado es establecer las especificaciones técnicas adecuadas del rechazo de cantera tomando en cuenta criterios básicos de diseño para su utilización como alternativa de capa estructural económica en caminos vecinales.

## **1.3. Beneficiarios**

Los beneficiarios serán los pobladores de la localidad de Coronel Oviedo donde pueden ser construidas caminos con la capa estructural económica de rechazo de cantera y los entes constructores gubernamentales o comisiones vecinales.

## **1.4. Situación actual de caminos vecinales en el Paraguay.**

### **1.4.1. Generalidades**

En nuestro país, el transporte tanto de pasajeros como el de carga, ha venido mostrando preferencia por el uso de las carreteras, debido las facilidades que este medio de transporte ofrece, ya sea por los costos de operación y transporte o por la flexibilidad en su uso. Las condiciones anteriormente mencionadas y otras, influyen en el desarrollo económico de la región, aumentando la productividad y el consumo, con una consecuente mejora del nivel de vida de la población, aspectos que son generados por el sistema de transporte en general y de las carreteras en particular.

Dadas las condiciones actuales en la República del Paraguay, el sistema de transporte por carretera genera la necesidad de contar con una red eficiente, segura y confortable, tanto para usuarios como para vehículos, dentro de principios de compatibilidad entre la oferta y la demanda existente.

La red vial del Paraguay tiene un total de 75.120 km de los cuales el 11.22 % de la red está pavimentada y el 88.78 % de los caminos son vías no pavimentadas entre ellos el 1.72% son pavimentos tipo empedrado, 0.44% son pavimentos tipo enripiado y el 0.03% son pavimentos tipo adoquinado.

RESUMEN DE LA RED VIAL DEL PAIS												
		FECHA: 31-dic-17		Total Red Inventariada a Nivel País (Km.):					75.120			
TIPO DE RED	TIPO DE SUPERFICIE											TOTALES POR TIPO DE RED(km)
	PAVIMENTADA(km)				NO PAVIMENTADA(km)			TIERRA				
	PCA	TRAT. SUPERF.	H'CP	ADOQUINADO	EMPEDRADO	EMPEDRADO/ENRIPIADO	ENRIPIADO	ENRIPIADO	ENRIPIADO	TIERRA		
NACIONAL(km)	2.992,00	207,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	402,00		3.616,00
DEPARTAMENTAL (km)	3.127,00	369,00	0,00	26,00	666,00	252,00	197,00	9.211,00		9.211,00		13.838,00
VECINAL(km)	73,00	0,00	0,00	0,00	633,00	79,00	696,00	56.183,00		56.183,00		57.666,00
TOTALES POR TIPO DE SUPERFICIE(km)	6.192,00	576,00	15,00	26,00	1.289,00	331,00	896,00	66.796,00		66.796,00		75.120,00
%	8,24	0,77	0,02	0,03	1,72	0,44	1,19	87,99		87,99		100,00
PAVIMENTADA ASFALTICA(km)-OTROS	6.768,00			1.661,00				66.691,00		66.691,00		75.120,00
%	9,01			2,21				88,78		88,78		100,00
				11,22				88,78		88,78		75.120,00
												75.120

Tabla 1 Imagen del resumen de la red vial del País

#### 1.4.2. Definición de red vial en el Paraguay

- Red Primaria constituida por las Rutas Nacionales.
- Red Secundaria constituida por las Rutas Departamentales.
- Red Terciaria constituida por las Rutas Rurales y Municipales.
- Red Vecinal constituida por las Rutas Vecinales

### 1.4.3. Clasificación del sistema vial en el Paraguay

En la República del Paraguay está conformado por carreteras de la Red Primaria, Secundaria, y Terciaria, que cumplen las siguientes funciones:

SISTEMA VIAL	CARACTERÍSTICA	COMPETENCIA
Red Primaria	Carreteras que unen las principales ciudades del país y fronteras (corredores internacionales). Soportan más de 1500 veh/día.	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC
Red Secundaria	Carreteras que unen capitales de departamentos o zonas de importancia económica social dentro de un departamento y excepcionalmente entre dos departamentos. Soportan 1500 – 500 veh/día.	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC
Red Terciaria	Caminos que unen pueblos entre sí o las vinculan con carreteras más importantes. 500 – 100 veh/día.	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC

Tabla 2 Tabla del sistema vial del Paraguay

### 1.4.4. Programa de mejoramiento de caminos vecinales del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).

El fin del proyecto es contribuir al aumento de la competitividad de la producción nacional y elevar el nivel de vida de la población rural, a través del mejoramiento y mantenimiento del nivel de servicio de una parte de la red prioritaria de caminos vecinales en la Región Oriental del Paraguay.

El propósito del programa es mejorar la conectividad de la zona rural de los departamentos de la Región Oriental de la República del Paraguay, proveyendo mejor acceso de las zonas productivas a puntos de consumo y de la población a bienes y servicios sociales y de transporte.

El plazo de ejecución del proyecto es de 5 años y este programa está vinculado a la estrategia país incrementando el número de kilómetros de carretera transitable todo el año y al indicador: kilómetros de caminos interurbanos construidos, mantenidos o mejorados. Expansión de la infraestructura productiva.

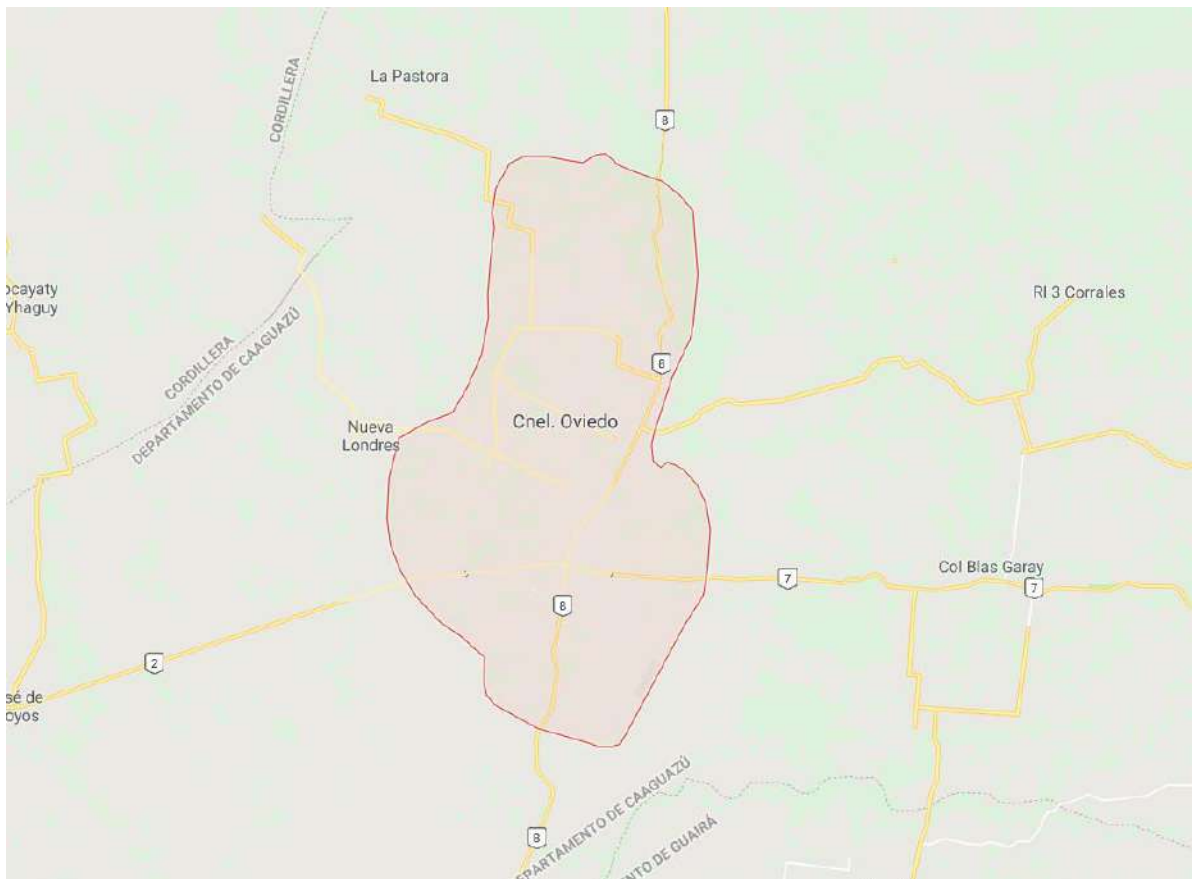
### Componentes del programa

1. Obras civiles
2. Ingeniería
3. Mitigación ambiental y social

El Ministerio de Obras Públicas del Paraguay tiene como objetivo el mantenimiento de la red vial rehabilitando y mejorando los caminos a través de una estrategia de gestión sustentable y sostenible.

### 1.5. Localización y cobertura espacial del proyecto

Coronel Oviedo, localmente conocido simplemente como Oviedo, es un distrito y ciudad de Paraguay, capital departamental de Caaguazú. Está ubicada estratégicamente en el centro de la región oriental. Por la misma circulan las más importantes carreteras del país y por el cruce de la ciudad uno puede ir a la capital del país Asunción o a importantes ciudades como Ciudad del Este, Encarnación, Villarrica, Concepción, Pedro Juan Caballero, entre otras. Coronel Oviedo queda a 132 km de la capital del país.



*Ilustración 1 Plano de ubicación*

## **1.6. Organización del proyecto**

En el Capítulo 1, se describe en forma resumida lo que se desarrolla en el trabajo y los objetivos propuestos que se desean alcanzar.

En el Capítulo 2, Se exponen la revisión teórica de los conceptos básicos y las normas viales vigentes necesarios para la realización del proyecto final de grado.

En el Capítulo 3, se prepara la metodología en el cuál se detallan los trabajos de cómo se va a hacer en el proyecto.

En el Capítulo 4, se aplica el capítulo anterior y se hace el desarrollo del mismo, se presentan los resultados obtenidos y sus detalles correspondientes. Se detalla las especificaciones técnica lograda y se analiza y evalúa el resultado, haciendo un análisis de los ensayos

En el Capítulo 5, Se procede a la realización de una propuesta de especificación técnica para la base de rechazo de cantera complementando con las especificaciones técnicas del paquete estructural.

En el Capítulo 6, Se realiza un análisis de costo unitario del material en estudio y otras alternativas de caminos de todo tiempo y posteriormente el costo completo de la superestructura.

En el Capítulo 7, se presentan conclusiones del trabajo final de grado además de orientaciones y recomendaciones.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Rocas**

##### **2.1.1. Materiales Pétreos**

Se conoce como material pétreo a los conjuntos de agregados mono o poliminerales que constituyen la litosfera y que se presentan consolidados, cementados, aglomerados o de cualquier otra forma, como resultado de diversos procesos geológicos. Las rocas o piedras naturales, al ser materiales esencialmente heterogéneos, pueden agruparse de diversas maneras, siendo algunas de estas la clasificación por texturas y mineralogía (Montóte, 1983), por su comportamiento a esfuerzos mecánicos, por su origen geológico e incluso por su modo de comercialización según la Masonry Institute of America (MIA). Según la MIA un granito comercial es una roca con textura granuda o gneísica visible que admite pulido. Bajo esta definición se incluirían como granitos comerciales, las sienitas, gabros, anortositas y otras rocas plutónicas y, rocas metamórficas como los gneises. Se incluyen dentro de la categoría de mármoles comerciales, las calizas cristalinas, calizas microcristalinas compactas, serpentinas y travertinos, que son capaces de adquirir pulido por técnicas mecánicas.

##### **2.1.2. Clasificación de rocas por su formación geológica**

La manera más común de agrupar los tipos de rocas existentes en el planeta es por su formación geológica, donde destacan las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

###### **2.1.2.1. Rocas Eruptivas o Ígneas**

Las rocas ígneas se forman por la consolidación del magma del interior de la Tierra. Si el enfriamiento de este magma es relativamente rápido y en zonas

superficiales, se les denomina rocas volcánicas, en cambio, si este proceso es más lento y a profundidades mayores de la corteza, se les denomina rocas plutónicas.

De los 16km superiores de la corteza terrestre, las rocas ígneas comprenden un total aproximado del 95%, no obstante, esta abundancia no se manifiesta en superficie, debido a que una gran parte de esta se encuentra recubierta de rocas sedimentarias y en menor medida de metamórficas. Dentro de la rocas ígneas existen subclasificaciones por factores diversos como por el tamaño de los cristales que las componen, en donde se pueden encontrar las rocas afaníticas (grano fino), faneríticas (grano grueso), pórfidas (granos finos y gruesos), vitricas (cristales desordenados), piroclásticas (fragmentos de roca) y pegmatítica (grano muy grueso), lo que depende fundamentalmente del tiempo de enfriamiento del magma. Otra manera de clasificarlas es por su composición mineral, por ejemplo, dependiendo de los minerales predominantes que las conforman, según se resume en la tabla 4.1. En esta clasificación encontramos las rocas félsicas o granitos, ricas en feldespatopotásico y cuarzo, las rocas intermedias o andesíticas, ricas en anfíbolitas y plagioclasas y las rocas basálticas o máficas.

COMPOSICIÓN MINERAL	ROCAS
Rocas félsicas o granitos	Granito, Riolita, Obsidiana, Pumicita
Intermedias o andesíticas	Andesita, Diorita
Basálticas o máficas	Basalto, Gabro

Fuente: Elaboración propia, según Codelco-Educa. 2008

Tabla 3 Clasificación mineral de rocas ígneas.



*Ilustración 2 Ejemplos de rocas ígneas*

### 2.1.2.2. Rocas sedimentarias

Son rocas que se forman en la superficie terrestre a partir de la compactación de fragmentos rocosos que derivan de la destrucción de otras rocas preexistentes y que se acumulan mecánicamente en determinadas zonas por la acción del agua, del viento o de los glaciares (grava, arena y arcilla). Según el tamaño de los clastos las rocas sedimentarias pueden clasificarse en lutita, arenisca, conglomerados y brechas, o en limonita. Su origen se diferencia en marinas o continentales y presentan valores de resistencias mecánicas variables, básicamente de tipo medio. En general, tienen buena predisposición para su trabajo y talla (Codelco-Educa, 2008).



*Ilustración 3 Ejemplos de rocas sedimentarias.*

### 2.1.2.3. Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas se originan de rocas preexistentes (ígneas, sedimentarias o metamórficas), por cambios mineralógicos, texturales y

estructurales. Estos cambios pueden ser el resultado de variaciones importantes de temperatura y presión producidas a diferentes profundidades en la corteza terrestre. Se pueden clasificar según su textura en foliadas (pizarras, filitas, esquistos, gneises) y no foliadas (mármoles, cuarcitas, coneanas). Las rocas metamórficas más conocidas son las siguientes:

- Pizarras: provienen de rocas sedimentarias, fundamentalmente arcillosas, sometidas a altas presiones. Se caracterizan por su tamaño de grano muy fino y colores oscuros, así como por poseer una intensa orientación planar, denominada foliación o esquistosidad, que está determinada por la disposición de sus minerales laminares (filosilicatos), lo que le permite el lajado en placas muy finas, impermeables y con buena resistencia a la flexión.
- Mármoles: derivan de las calizas, por lo que se conforman principalmente por carbonato cálcico, que han sufrido procesos de recristalización. Esto les proporciona una gran dureza y permite, mediante el pulido, la obtención de un perfecto brillo con altos valores de resistencia mecánica.
- Cuarcitas: son la consecuencia de un proceso de recristalización de areniscas ricas en cuarzo. Son rocas muy compactas, duras, homogéneas y con valores de resistencia elevados.
- Gneises: presentan tamaños de grano de fino a grueso con una foliación neta, caracterizada por bandas oscuras ricas en minerales ferromagnéticos que se alternan con otras claras ricas en cuarzo y feldespatos. Son rocas duras, de superficie áspera no totalmente uniforme.



*Ilustración 4 Ejemplos de rocas meramórficas.*

### **2.1.3. Clasificación de rocas por su comportamiento mecánico**

Otra manera importante de clasificarla las rocas es la que entrega Goodman (1980), el que las agrupa desde el punto de vista de su comportamiento mecánico, donde destacan las siguientes:

#### **2.1.3.1. Rocas Cristalinas**

Las rocas cristalinas están formadas por cristales imbricados de silicatos, carbonatos, sulfatos u otras sales. Los cristales están generalmente separados por microfisuras, las cuales se pueden encontrar también dentro de ellos mismos. En algunos casos, como en los carbonatos o en la sal común, las microfisuras dan a la roca un carácter frágil. Algunas rocas cristalinas a presiones de confinamiento bajas, pueden presentan dislocaciones de sus cristales lo que origina comportamiento visco-plástico. Entran en esta clasificación los granitos, basaltos, gneiss, calizas, dolomías, mármoles, sal común, etc.

#### **2.1.3.2. Rocas clásticas**

Las rocas clásticas están compuestas por granos o conjuntos minerales de otras rocas unidos mediante un cemento. Sus propiedades mecánicas dependen fundamentalmente de las características de dicho cemento. Si éste es resistente y une rígidamente los granos, la roca también lo es y se comporta de manera fiable. Por el contrario, si el cemento es poco resistente la roca es frágil. Ejemplo de rocas clásticas son las areniscas con varios cementos.

### **2.1.3.3. Rocas de grano muy fino**

Sus componentes fundamentales son el limo y la arcilla. Estas partículas se encuentran más o menos cementadas según el proceso geológico, sobre todo de compactación, que hayan sufrido. En las rocas sedimentarias las propiedades mecánicas están también relacionadas con la porosidad y con el tamaño de grano. Algunas rocas que entran en esta categoría son las argilitas, limolitas, margas, etc.

### **2.1.3.4. Rocas orgánicas**

Este tipo de rocas corresponden a los carbones. Las antracitas y las hullas son, en general, relativamente resistentes pero suelen tener fisuras. Los lignitos son carbones menos resistentes que los anteriores. Algunos ejemplos son el lignito, hulla, antracita, pizarras bituminosas, etc.

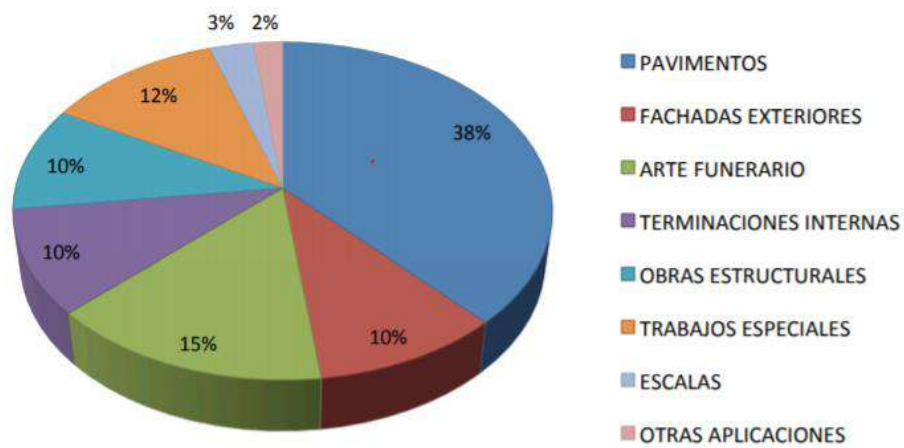
## **2.1.4. Usos de materiales Petreos**

Sus usos son tan variados como sus propiedades naturales. Desde los inicios de la historia del ser humano han estado presentes como materia prima para la fabricación de elementos tales como, anzuelos, armas de defensa, arte funerario, herramienta como hachas, cuchillos, etc., y forma posterior y en forma creciente en innumerables tipos de estructuras, desde pequeñas construcciones hasta en estructuras de gran envergadura como monumentos astronómicos, santuarios, templos, o viaductos, solo por nombrar algunos ejemplos. Se debe mencionar que en la gran mayoría de estas estructuras se utilizó materiales extraídos de canteras ubicadas en las proximidades.



Ilustración 5 Antiguas estructuras patrimoniales construidas en piedra.

La posibilidad que presentan las piedras ornamentales de transformarlas en piezas de diferentes dimensiones, espesores y acabados, sumado a su buena resistencia y estética, amplían aun más sus usos asociados a la construcción, donde predominan sus usos como pavimentos, muros, pilares, revestimiento y mobiliario urbano.



Fuente: Estadísticas de La Piedra Natural. Roc-Maquina 2003.

Ilustración 6 Cifras comparativas de los usos de rocas o piedra natural a nivel mundial.



a) Defensas fluviales; b) Vía pavimentada; c) Revestimiento de piedra natural en estructuras nuevas.

*Ilustración 7 Imágenes de diversos usos y aplicaciones de la piedra natural*

## 2.2. Introducción a la vialidad

### 2.2.1. Carretera

Vía de características de alto diseño proyectado para acomodar importantes volúmenes de tránsito de paso circulando a velocidades elevadas.



*Ilustración 8 Avenida Mariscal López*

La función de una Carretera es permitir el tránsito ininterrumpido a elevados volúmenes de demanda de tránsito, en los que coexistirán vehículos rápidos y lentos (automóviles y camiones). Consecuentemente deberá siempre contar con pavimento de tipo superior. Se debe posibilitar velocidades de desplazamiento elevadas que puedan ser mantenidas a lo largo de toda la vía en condiciones seguras. Altos volúmenes de tránsito justifican inversiones altas.

### **2.2.2. Camino**

Vía de características geométricas medias a mínimas adecuada para dar servicio a volúmenes moderados y bajos de tránsito.

Su función principal es dar acceso a la propiedad adyacente. La velocidad de circulación es una consideración secundaria y por tanto le corresponderán valores más bien bajos. Los caminos rara vez presentan problemas de congestión, pero es común que la evolución del tránsito de una vía construida inicialmente con una capa de grava llegue a justificar una superficie de rodadura pavimentada. En efecto, los volúmenes de tránsito pueden fluctuar entre varios cientos y algunos miles de vehículos, pudiendo preverse problemas de congestión que obliguen a consultar ampliaciones a lo largo de la vida económica de la vía.

### **2.2.3. Constitución del pavimento**

El pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales de varios centímetros de espesor, de diferentes materiales adecuadamente compactados.

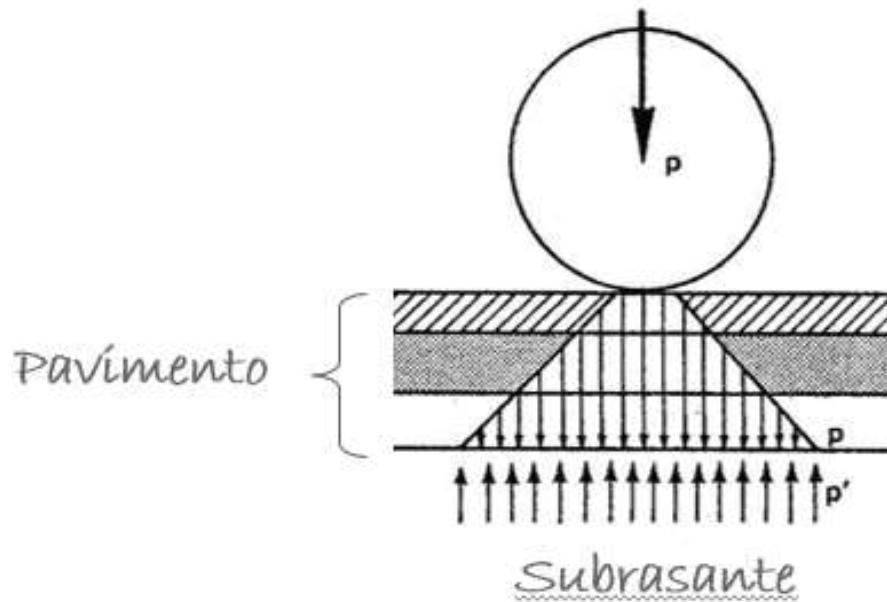


Ilustración 9 Constitución del pavimento

El pavimento se apoya sobre la subrasante y debe soportar las cargas del tráfico durante su vida útil, sin deterioros que afecten la seguridad, la comodidad y la integridad estructural.

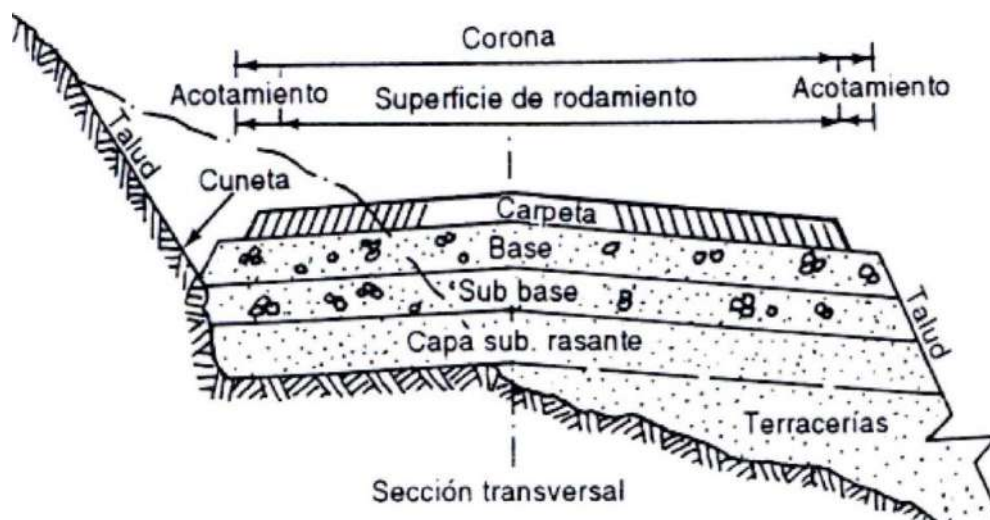
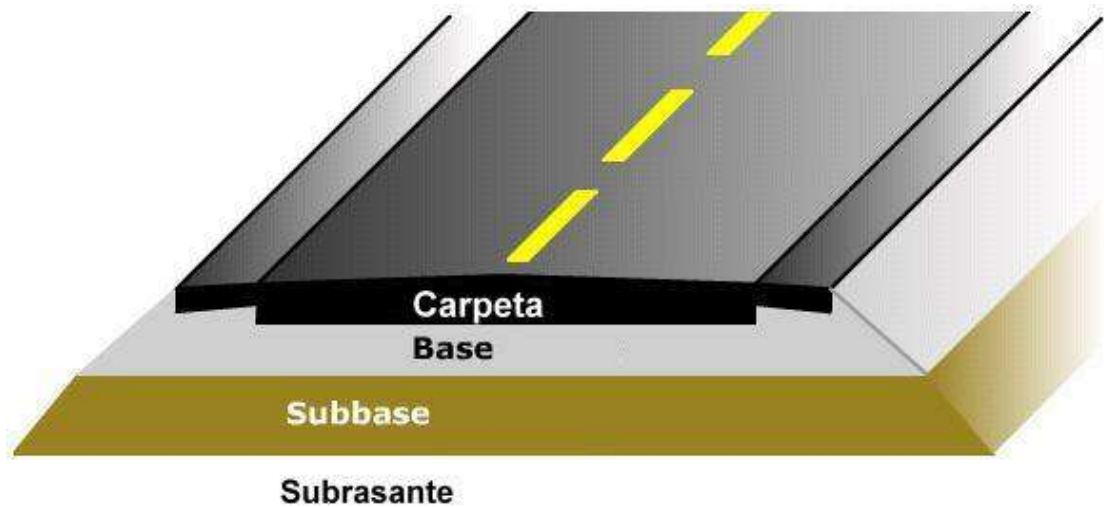


Ilustración 10 Sección transversal de una vía

## 2.2.4. Capas del pavimento



*Ilustración 11 Capas del pavimento.*

### 2.2.4.1. Carpeta de rodadura

Es la capa superior del pavimento destinado a proteger a las capas inferiores del deterioro producido por los efectos del clima y el tránsito y a mejorar las condiciones de rodamiento.

### 2.2.4.2. Base

Es la capa situada debajo de la capa de rodadura y es el principal disipador de los esfuerzos aplicados al pavimento.

#### 2.2.4.2.1. Bases pétreas

- **Con piedra bruta o maceada**

#### **Base telford**

Teniendo en cuenta el bajo poder portante de las subrasantes no tratadas, el objeto de esta recia base, es tender a la formación de una capa resistente por

acuñamiento de las piedras. El acuñamiento de las piedras transmite un esfuerzo horizontal de piedra a piedra, además cada piedra asentándose sobre su cara mayor, reduce la presión sobre la subrasante.

El relleno de los vacíos e irregularidades superficiales, produce una capa aceptablemente lisa y densa. No puede ser utilizada como capa de rodadura debido a que la estabilidad de la capa se basa en el acuñamiento de las piedras; y con el movimiento de alguna de ellas con el paso de los neumáticos se produce el aflojamiento progresivo de la capa.

Materiales:

- Piedra de Base: Piedra bruta maceada, durable y resistente; ancho 10 a 15 cm. Largo de 15 a 30 cm. y alto del espesor de la capa.
- Piedra de acuñamiento: Piedras menores de forma aproximadamente cúbica.
- Recebo: Material para el relleno final, ripio, grava y arena.

### **Empedrado**

Aunque en otros países ya ha sido abandonado, este tipo de base se sigue utilizando en nuestro país como pavimento de caminos secundarios y de calles.

Actualmente este pavimento es utilizado como una mejora progresiva, sirviendo primeramente como carpeta de rodadura y luego de base para un pavimento superior.



*Ilustración 12 Imagen de pavimento tipo empedrado.*

### Materiales

- Piedra bruta con buena dureza y tenacidad, teniendo en cuenta que también se lo utiliza como superficie de rodadura.
- Arena lavada, ripio o piedra triturada.
- **Con piedra triturada**

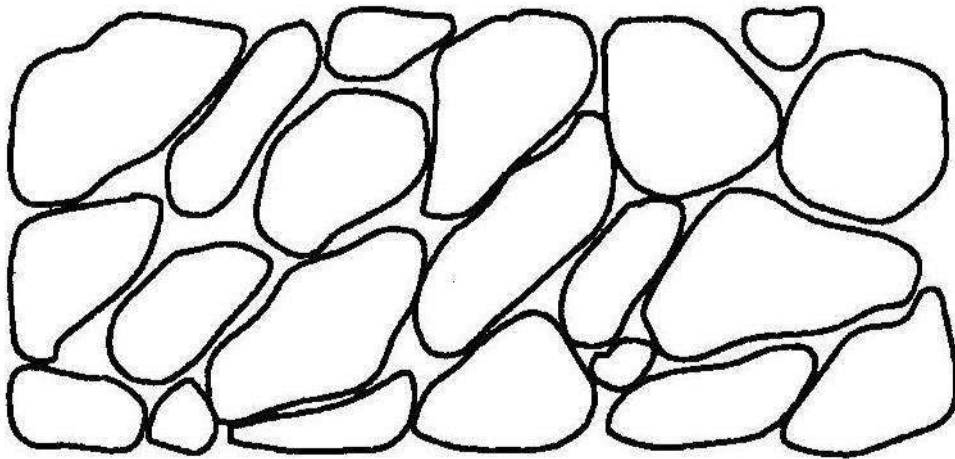
### Macadam

Consiste en una base de una o más capas de agregados triturados de partículas trabadas unas con otras y material de relleno aglutinadas por el agua. La estabilidad mecánica se consigue por la formación del esqueleto granular, que se obtiene por la trabazón de los agregados triturados por la compresión mecánica. La preparación de la superficie se realiza mediante una sub-rasante o sub-base bien compactada según el perfil longitudinal y sección transversal

bien definida. Espesor: 10 – 15 cm. Para mayores espesores se deberán construir en dos etapas, ej. 20 cm. (2 capas de 10)

Materiales:

- Agregado grueso: Piedra triturada, canto rodado triturado, ver faja granulométrica. Tamaño del agregado:  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{2}{3}$  del espesor de cada capa.
- Material de relleno: Polvo de piedra (resultante de la trituración) y Material natural (arena)
- Material para camada de aislamiento: cuando la capa de subrasante tiene muchos finos o mucha plasticidad existe la posibilidad de su penetración y contaminación.



**MACADAM SIN RECEBAR**

*Ilustración 13 Imagen de corte transversal del pavimento tipo macadam.*

### **Base granular estabilizada granulométricamente**

En este tipo de bases puede alcanzarse coeficientes de vacíos muy bajos, debido a que su granulometría cumple el requisito de ser densamente graduado, lo que permite, mediante el proceso de compactación, llegar rápidamente a una densidad elevada.

Materiales:

- El agregado consistirá en partículas duras y durables, proveniente de la trituración de rocas o de gravas, incluyendo material mineral fino, o arena.
- La porción de material retenido sobre la malla n° 40 se denomina agregado grueso y el pasante suelo ligante.

#### **2.2.4.3. Subbase**

Es la capa situada debajo de la base y la segunda en importancia en la distribución de las cargas aplicadas al pavimento.

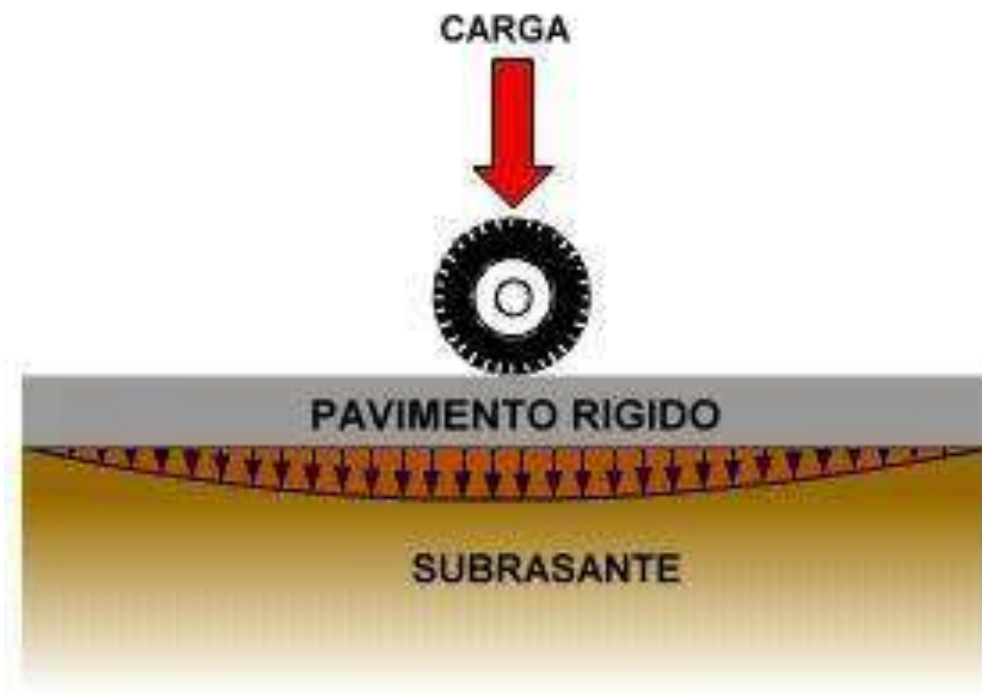
#### **2.2.4.4. Subrasante**

Es la capa inferior de suelo natural compactado o terraplén sobre el cual se apoya la estructura del pavimento.

## 2.2.5. Tipos de pavimentos

### 2.2.5.1. Rígidos

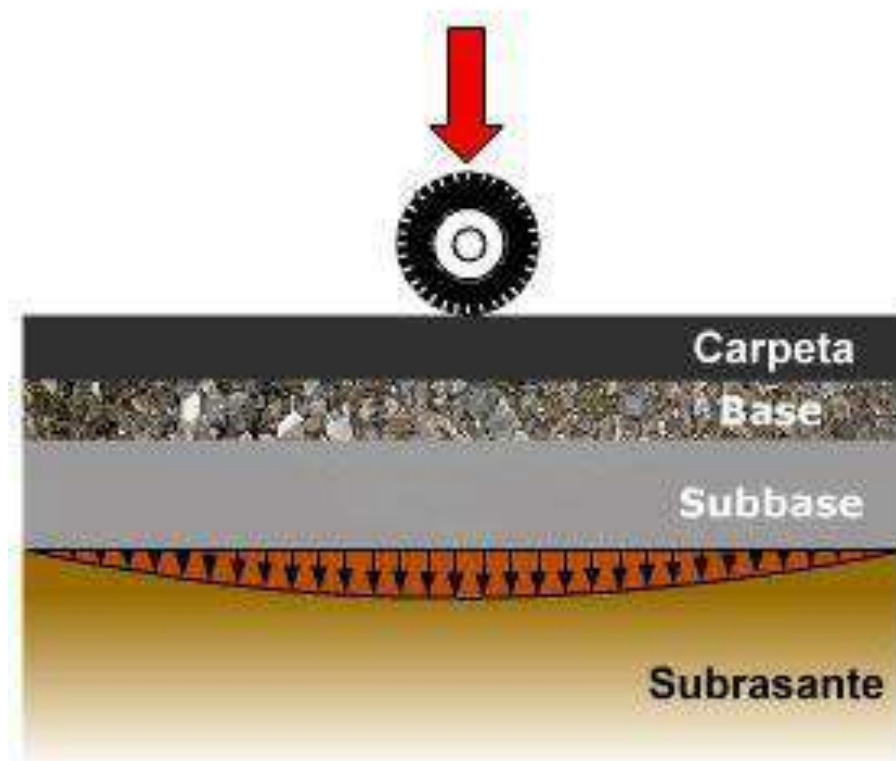
Aquellos cuyos revestimientos están constituidos por un pavimento de hormigón de cemento portland cuyo espesor está fijado en función a la resistencia a la flexión. Debido a su gran rigidez, distribuyen las cargas verticales sobre un área mayor y con presiones muy reducidas. A diferencia de los pavimentos flexibles, la losa cumple una función estructural y de rodadura.



*Ilustración 14 Capas de pavimento rígido.*

### 2.2.5.2. Flexibles

Son aquellos cuyos revestimientos están constituidos por ligantes bituminosos (asfálticos). Están formados por capas constituidas por materiales con una resistencia a la deformación que disminuye con la profundidad.



*Ilustración 15 Capas del pavimento flexible*

## 2.3. Tipos de ensayos

### 2.3.1. Granulometría de suelos



*Ilustración 16 Cantera de piedras comerciales.*

#### 2.3.1.1. Granulometría

Se refiere a las proporciones relativas en que se encuentran las diferentes partículas minerales del suelo (grava, arena, limo y arcilla) expresada con base al peso seco del suelo (en porcentaje) después de la destrucción de los agregados.

La granulometría estudia la distribución de las partículas que conforman un suelo según su tamaño, lo cual ofrece un criterio obvio para una clasificación descriptiva. La variedad del tamaño de las partículas casi es ilimitada.

#### 2.3.1.2. Tamaños de las partículas de suelo

Independientemente del origen del suelo, los tamaños de las partículas, en general, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos en general son llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas, ocasionalmente puede tener materia orgánica.



*Ilustración 17 Muestra de piedras con varias granulometrías.*

La textura y propiedades físicas del suelo dependerán del tamaño de ellas. Mayores tamaños de partículas significará mayor espacio entre ellas, resultando un suelo más poroso; menor tamaño de partículas tendrán menor espacio entre ellas dificultando el paso del aire y el agua, por lo tanto este suelo será menos poroso. Los tamaños de grano se han clasificado con base en las dimensiones dada en determinados estándares

Cuando se realiza un análisis físico de una muestra de suelo se definen dentro de ella variados tamaños de grano que se enmarcan dentro de rangos específicos definidos por diversas entidades o agrupaciones. Para clasificar a los constituyentes del suelo según su tamaño de partícula se han establecido muchas clasificaciones granulométricas. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase.



*Ilustración 18 Muestras de clasificación granulométrica.*

Las fracciones tendrán denominaciones, según el sistema:

	BRITÁNICO	AASHTO	ASTM	SUCS
	$\Phi$ (mm)	$\Phi$ (mm)	$\Phi$ (mm)	$\Phi$ (mm)
Grava	60 – 2	75 – 2	> 2	75 – 4,75
Arena	2 – 0,06	2 – 0,05	2 – 0,075	4,75 – 0,075
Limo	0,06 – 0,002	0,05 – 0,002	0,075 – 0,005	< 0,075 finos
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,005	

Tabla 4 Clasificación granulométrica.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation

Official

ASTM: American Society for Testing and Materials

SUCS: Unified Soil Classification System

### 2.3.2. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos de consistencia según su humedad.

El método usado para medir estos límites se conoce como Método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios se denominan límites de Atterberg.



*Ilustración 19 Instrumentos de ensayo de los ángeles*

### **2.3.2.1. Tipos de Límites**

- Límite líquido
- Límite plástico
- Límite de retracción o contracción

### **2.3.3. Ensayo de compactación T-180**

Este método corresponde, con algunas modificaciones al conocido anteriormente como Standard modificado o Proctor Modificado.

Los moldes que se emplean son los mismos que los indicados para el método anterior, o sea el pequeño de 4 pulgadas y el grande de 6 pulgadas de diámetro interno.

La diferencia fundamental entre este método y el anterior está en el peso del martillo de la altura de caída. El martillo empleado en éste método es el de 10 libras (4.5 Kilogramos) y la altura de caída es de 18 pulgadas (45.7 cms.).

En lugar de colocar el material en tres capas, se lo coloca en cinco de aproximadamente igual espesor. Si se emplea el cilindro de cuatro pulgadas se compactará cada capa haciendo caer el martillo 25 veces y si se usa el molde de 6 pulgadas haciendo caer 56 veces cada capa.

Igual que en el método anterior, una vez compactado el material, se quitará el collar del cilindro, se harán las pesadas necesarias y se determinará el contenido de humedad del suelo compactado.

La densidad obtenida mediante el método AASTHO T-180 es mayor que la obtenida mediante el método AASTHO T-99



Ilustración 20 Instrumento de ensayo de Proctor.

### **2.3.4. Relación de Soporte de California [ c.b.r.]**

Describir el procedimiento a seguir para realizar el ensayo de valor soporte (CBR) de los suelos y la determinación de su hinchamiento.

- a) Valor cbr de un suelo es la resistencia que ofrece al punzonado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de suelo tipo tomado como patrón.
- b) Hinchamiento es el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimenta una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta, por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del período de inmersión.
- c) Ensayo previo a efectuar, de acuerdo a la norma de ensayo “Compactación de suelos” determinar la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente, empleando la energía de compactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuarán las determinaciones.

- **Alcance**

El método determina la calidad relativa del suelo destinado a subrasante, sub-base y base para pavimentos.



*Ilustración 21 Instrumentos para ensayo CBR.*

### **2.3.5. Equivalente de arena**

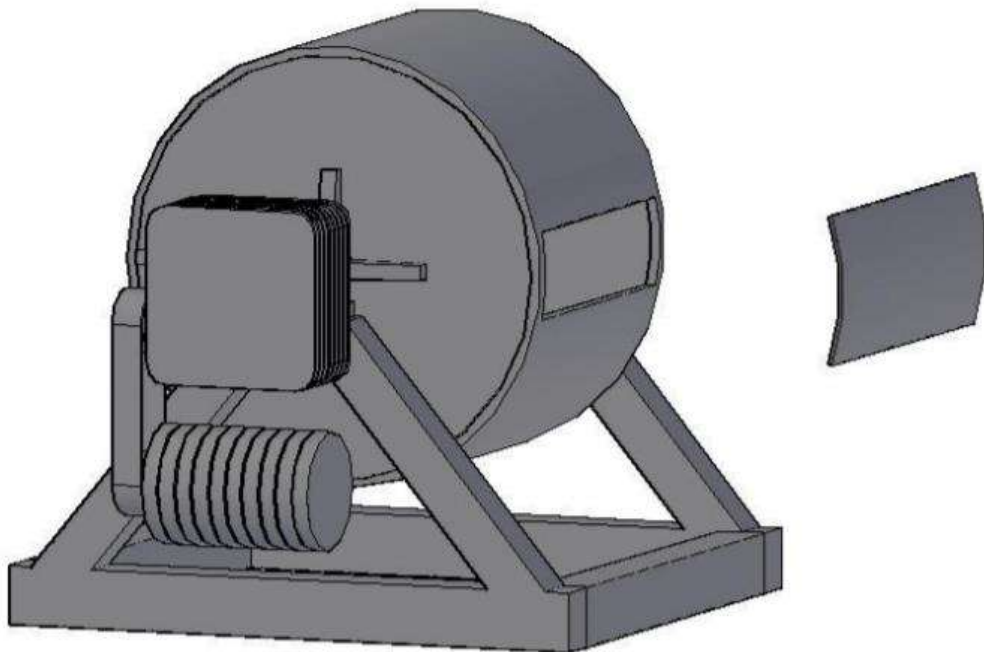
Este ensayo tiene por finalidad determinar rápidamente en campaña el contenido de finos y materiales arcillosa en suelos y agregados, en base a un criterio empírico.

La expresión “equivalente de arena” se apoya en la idea de que los suelos en general son mezclas en proporciones variables, de partículas gruesas o arenas que mejoran su calidad y partículas finas o arcillosas que son responsables en mayor o menor grado de su mal comportamiento. El ensayo del equivalente de arena suministra un medio rápido para separar las partículas finas o arcillosas de los granos más gruesos y calcular las proporciones relativas, comparándolas en base a sus volúmenes, obtenidos por un simple procedimiento.

### 2.3.6. Resistencia al desgaste

La determinación a la resistencia al desgaste por cargas abrasivas del agregado grueso por medio de la máquina de los ángeles es de fundamental importancia para garantizar la durabilidad de una mezcla de hormigón, ya sea para la construcción de una obra vertical, pues dichas obras estarán expuestas a la intemperie, donde los cambios medio ambientales no darán tregua alguna a su cuidado, así como tampoco la acción humana tendrá cuidado de proteger dichas obras. Por ello por medio de la máquina de los ángeles, se puede establecer un estimado de desgaste, que por medio de las normativas de construcción, puede aprobar o descartar un banco de material y su utilización en la construcción de una obra civil

La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duro.



## **2.4. Caminos de bajo volumen de tránsito**

### **2.4.1. Objetivo de caminos de bajo volumen de tránsito**

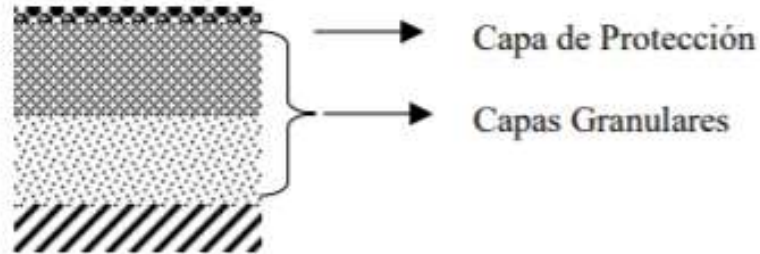
El objetivo básico de los caminos de bajo volumen (muchos de ellos no pavimentados), es proporcionar accesibilidad a pueblos, poblados, centros de servicio, centros industriales de explotación y variados tipos de zonas rurales. Además, deben permitir el tránsito de diferentes tipos de vehículos durante todas las estaciones del año, asegurar una movilidad y velocidad adecuada, garantizar seguridad a peatones, vehículos motorizados y no motorizados y controlar la emisión de polvo.

### **2.4.2. Estructuras de Pavimentos para Caminos de Tránsito Liviano**

Se consideran dentro de esta categoría aquellos caminos cuyo flujo principal de vehículos, es de tránsito liviano con un porcentaje bajo de vehículos pesados. En esta categoría entran caminos tales como: caminos de accesos a balnearios, zonas turísticas, poblados pequeños, colegios u otras zonas de servicios. El tránsito de diseño esperado para 5 o 10 años es menor a 150.000 Ejes Equivalentes en la pista de diseño. En el caso particular de este tipo de pavimentos el estudio de tránsito debe estar respaldado por un análisis que garantice que luego del mejoramiento que se le realice al camino, estos seguirán siendo solicitados sólo por tránsito liviano.

### 2.4.3. Estructuración tipo de pavimento

#### a) Estructuras Tipo 1: Estructuras Granulares con Capa de Protección



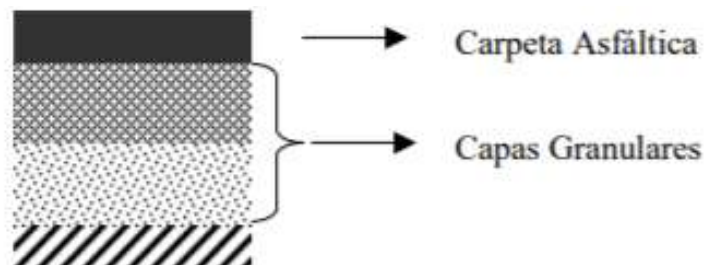
*Ilustración 22 Estructuras Granulares con Capa de Protección*

Las especificaciones consideradas para el diseño son:

- Considera para la superficie de rodado una capa de protección del tipo: Tratamientos Superficiales Simples o Dobles (TSS o TSD), Cape Seal y otros.
- Considera siempre una base granular de CBR 100%.
- Considera, según condiciones de terreno, una subbase granular de CBR 50% o 40%.
- También considera para condiciones de suelo de subrasante con baja capacidad de soporte, un reemplazo de suelos o construcción de terraplén con materiales granulares de CBR 20%.

Este tipo de estructura se emplea tanto “Tránsito Liviano” como de “Tránsito Pesado”.

#### b) Estructuras Tipo 2: Estructuras Granulares con Carpeta Asfáltica



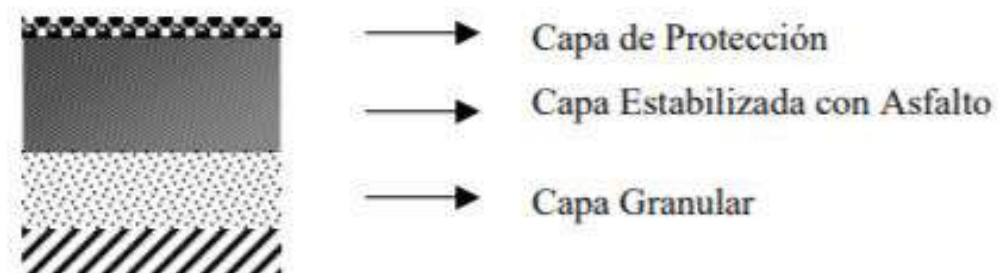
*Ilustración 23 Estructuras Granulares con Carpeta Asfáltica*

Las especificaciones consideradas para el diseño son:

- Considera para la superficie de rodado una carpeta asfáltica delgada.
- Considera una base granular de CBR 100% o 80% según el espesor que se emplee para la carpeta asfáltica.
- Considera una subbase granular de CBR 40%.
- También considera para condiciones de suelo de subrasante con baja capacidad de soporte un reemplazo de suelos o construcción de terraplén con materiales granulares de CBR 20%.

Este tipo de estructuras se emplea sólo en “Tránsito Pesado”.

- c) Estructuras Tipo 3: Estructuras con Base Estabilizada con Asfalto y Capa de Protección



*Ilustración 24 Estructuras con Base Estabilizada con Asfalto y Capa de Protección*

Las especificaciones consideradas para el diseño son:

- Considera para la superficie de rodado una capa de protección del tipo: Tratamientos Superficiales Simples o Dobles (TSS o TSD), Cape Seal y otros.
- Considera una base estabilizada con asfalto. Se recomienda en particular la técnica de asfalto espumado o alternativamente emulsión asfáltica.
- También considera una alternativa de subbase granular de CBR 40% cuando se requiere. Este tipo de estructuras se emplea sólo en las cartillas de “Tránsito Pesado”

d) Estructuras Tipo 4: Estructuras Granulares con Subbase Estabilizada con Cemento y Carpeta Asfáltica

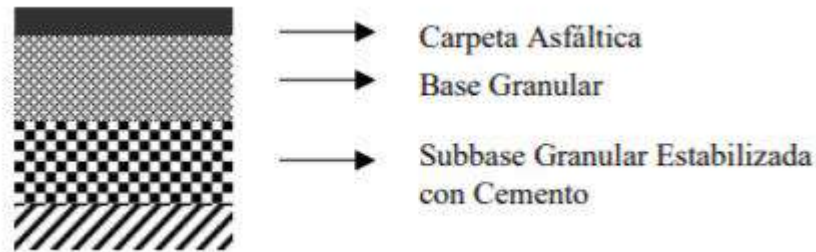


Ilustración 25 Estructuras Granulares con Subbase Estabilizada

Las especificaciones consideradas para el diseño son:

- Considera para la superficie de rodado una estructura de pavimento asfáltico delgada.
- Considera una base granular de CBR 100% o 80% según el espesor que se emplee para la carpeta asfáltica.
- Considera una subbase cementada con una resistencia a la compresión no confinada (UCS) para dos rangos: 0,5 - 0,75 MPa o 0,75-1,5 MPa.

#### 2.4.4. Propiedades de los materiales

a) Capas Flexibles:

Los tipos de capas flexibles consideradas para el diseño son concreto asfáltico en caliente y base estabilizada con asfalto. Las capas quedan especificadas por su Módulo Resiliente las cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Capa Flexible	Módulo Resiliente (MPa)
Concreto Asfáltico	5400
Base Estabilizada con Asfalto	2000

Tabla 5 Propiedades de las Capas Flexibles

b) Material Granular:

Se considera la utilización de bases granulares de CBR 100% y 80%, y subbases granulares de CBR 50% y 40%. En algunos de los diseños se consideran reemplazos o terraplenes de CBR 20%. Para el diseño estructural se corrige el CBR especificado en función del espesor de capa y CBR de la subrasante utilizando la fórmula Shell. El siguiente cuadro muestra los valores corregidos para el diseño.

Subrasante		Módulo Resiliente (MPa)				
		Granular: Base + Subbase (mm)				
CBR (%)	Módulo (MPa)	200	250	300	350	400
3	35	76	84	91	98	104
5	50	109	120	130	140	148
7	60	130	144	156	168	178
10	75	163	180	195	209	222
15	100	217	240	261	279	297
20	115	250	276	300	321	341
30	145	315	348	350	350	350
40	170	350	350	350	350	350
50	190	350	350	350	350	350

Tabla 6 Propiedades de Materiales Granulares

Nota 1: Se adoptó un valor máximo de diseño de 350 MPa para el paquete granular sobre la base a experiencias internacionales (Australia, Francia, Sudáfrica).

Nota 2: Los valores corregidos para el diseño podrán ser diferentes al valor mínimo definido para las bases por las especificaciones técnicas

## **2.5. Especificaciones técnicas**

### **2.5.1. Sub bases, bases y capas superficiales de suelo agregado (AASHTO M-147-65)**

Estas especificaciones se refieren a la granulometría y calidad de las mezclas areno-arcillosas, gravas, cerniduras de piedra o escoria, arenas, agregado grueso triturado consistente de grava, piedra o escoria triturada combinada con mortero de suelo, o cualquier combinación de estos materiales, para su uso en la construcción de sub-bases, bases y capas superficiales.

#### **Requisitos Generales**

El agregado grueso retenido en el tamiz N° 10, consistirá de partículas o fragmentos duros y resistentes de piedra, grava o escoria. No deben emplearse materiales que se fragmenten cuando son sometidos a ciclos alternos de heladas y deshielos o de humedad y secado.

El agregado grueso deberá tener un desgaste, según la prueba Los Ángeles, del 50 % como máximo.

El agregado fino, que pase el tamiz N° 10, ha de componerse de arena natural, u obtenida por trituración, y partículas minerales finas que pasen el tamiz N° 200.

La fracción que pase el tamiz N° 200 será no mayor de los dos tercios de la fracción que pasa el tamiz N° 40. La fracción que pase el tamiz N° 40 tendrá un límite líquido no mayor del 25 % y un Índice Plástico no mayor de 6 %.

El suelo requiere estar libre de materia vegetal y grumos de arcilla, y su granulometría tiene que estar dentro de los límites indicados en el siguiente cuadro:

<b>REQUISITOS PARA LA GRANULOMETRIA DE LAS MEZCLAS DE SUELO AGREGADO</b>						
Tamiz	Porcentaje del material que pasa, por peso					
	Granulometrías					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	---	---	---	---
1"	---	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	---	---
N° 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
N° 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
N° 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
N° 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

*Tabla 7 Requisitos para la granulometría de las mezclas de suelo agregado*

## **MATERIALES PARA CAPAS SUPERFICIALES**

Los materiales para capas superficiales requieren satisfacer los requisitos indicados en las secciones precedentes para las granulometrías C, D, E o F.

Cuando la capa superficial construida con una mezcla de suelo y agregado, deba permanecer por varios años sin tratamiento superficial bituminoso, o sin una capa superficial impermeable, se debe especificar un mínimo de 8 % para el material que pase el tamiz N° 200, en lugar de los porcentajes mínimos indicados en el cuadro para las granulometrías C, D o E, y especificar un límite líquido máximo de 35 % y un Índice Plástico comprendido entre 4 y 9 % en lugar del valor máximo de 6 % indicado anteriormente.

### **Contenido de humedad**

Cuando se compacten las mezclas de suelo y agregado, estas deberán tener una humedad igual, o ligeramente menor, a la óptima necesaria para asegurar la densidad de diseño.

## 2.5.2. Base Granular

### Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una subbase, afirmado o subrasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto u ordenados por la Fiscalización.

### Materiales

#### a) Granulometría

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación aprobada por la Fiscalización y según uno de los requisitos granulométricos que se indican en la siguiente tabla.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Tabla 8 Requerimientos Granulométricos para Base Granular. Fuente: ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

Valor Relativo de Soporte, CBR	Tránsito Ligero y Medio	Mín. 80%
	Tránsito Pesado	Mín. 100%

Tabla 9 Características físico-mecánicas y químicas.

### b) Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

Ensayo	Norma AASTHO	Requerimientos
Indice Plástico	T 89	4% máx
Equivalente de arena	T 176	35% mín
Sales solubles totales	T 104	0,55% máx
Indice de durabilidad	T 104	35% mín

La relación a emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 10 Requerimientos Agregado Grueso.

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrá provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Ensayo	NORMA MOPC	Norma	Requerimientos
Índice Plástico	SO305	T89-T90	6% máx.
Equivalente de arena	AO509	T-176	35% mín.
Sales solubles totales	AO514	SABS M-849	0,55% máx.
Índice de durabilidad	-	T-210	35% mín.

Tabla 11 Requerimientos Agregado Fino.

Observación:

- SABS = South African Bureau of Standars
- T = AASHTO

## EQUIPO

El equipo será el más adecuado y apropiado para la explotación de los materiales, su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

## MEDICIÓN

La unidad de medida será de m<sup>3</sup>, de base granular suministrada, colocada y compactada, a satisfacción de la Fiscalización. El volumen se determinará por el sistema de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y de longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobre-excavaciones de la subrasante por parte del Contratista.

## PAGO

El pago se hará por metro cúbico.

### **2.5.3. Macadam hidráulico com piedra tipo “0”**

#### **Generalidades**

Esta especificación se aplica a la ejecución, sobre la subrasante mejorada, de una capa de agregado pétreo grueso, del tipo “cero”, de 0,30 m de espesor sobre el cual se coloca una capa de piedra triturada tipo 4ta de 0,10 m de espesor como regularización.

#### **Preservación del medio ambiente.**

A efectos de disminuir el impacto ambiental producido como consecuencia de la ejecución de este ítem, el contratista deberá tener en cuenta lo siguiente:

-los equipos a ser utilizados en la ejecución de este ítem, deberán ser tales que la operación de los mismos no causen efectos negativos en el equilibrio ambiental.

El contratista deberá poner mucho cuidado durante la ejecución de este ítem, en no provocar derrames de materiales, combustibles u otros, en la zona de ejecución del trabajo, bajo ningún concepto.

Terminadas las operaciones de este ítem el contratista deberá recoger todo material sobrante que haya sido esparcido en el terreno durante la ejecución del trabajo y trasladarlos a lugares fuera de la zona de obra a donde indique la fiscalización.

#### **Materiales**

Los materiales a ser utilizados deben poseer las siguientes características:

Para la ejecución de éste ítem se utilizará piedra basáltica procedente de roca sana.

El macadam hidráulico deberá poseer una composición granulométrica encuadrada en una de las fajas del cuadro a continuación:

% que pasa por cribas circulares y tamices

Tamaño	Pasante
	%
4"	100
3 1/2"	25 - 60
2 1/2"	0 - 15
1 1/2"	0 - 15

Tabla 12 % que pasa especificación técnica de macadam

- a. Considerando que la construcción de macadam con piedra tipo "0", es una solución experimental pues no se dispone de una vasta experiencia en su aplicación, consideramos que el índice de soporte california no deberá ser inferior al 80%
- b. La regularización de piedra triturada sobre el macadam hidráulico, será de piedra del tipo 4ta.
- c. Todo el material debe ser constituido de partículas duras y durables, libre de fragmentos blandos, libres de materia vegetal u otra sustancia perjudicial.
- d. El material sometido al ensayo de los ángeles, no deberá presentar desgaste superior al 40%.

### Equipamiento

Son indicados los siguientes tipos de equipamiento para la ejecución de la base:

1. Motoniveladora;
2. Camión regador de agua;
3. Vibro compactadores tipo liso-vibratorio y neumático;
4. Tractor con rastra;
5. Camión volquete

Además de esos, podrán ser usados otros equipamientos aceptados por la fiscalización.

### Ejecución

La subrasante mejorada debe poseer el gálibo correspondiente a fin de porde

drenar correctamente, la pendiente transversal será del 3%.

La fiscalización o supervisión aprobará por escrito la superficie a cubrir con el agregado grueso.

Inmediatamente se realizará la distribución de dicho agregado mediante una motoniveladora, de tal manera a alcanzar un espesor terminado de 0,15 m en esta primera capa. Previamente las banquetas deberán estar construidas y compactadas en el espesor del macadam y en un ancho de un metro, con bordes verticales rectos firmes y bien perfilados, que sirvan para delimitar perfectamente la calzada y la salida de los drenes de banquina.

Se ejecutaran en las banquetas drenes de piedra triturada de 0.30 x 0.30 y orientados hacia las cotas más bajas.

Se pasara dos veces, sin superposición de ruedas, un compactador liso. Después se verificará la superficie y la corrección del perfil, eliminando los puntos altos o bajos mediante extracción o agregado de material.-

Conformado de esa manera el perfil, se pasara el compactador liso. Se verificará luego nuevamente la superficie que no tengan depresiones mayores de las especificadas; si esto no se cumple, se deberá remover el material en las zonas defectuosas, conformándole y compactándolo nuevamente, hasta satisfacer las exigencias especificadas.

Este proceso se repetir para la segunda capa del macadam.

Una vez aprobada por la fiscalización o la supervisión, la superficie del macadam, se procederá a colocar una capa de piedra triturada tipo 4ta, de 0,10 m de espesor, la cual será compactada con rodillo vibratoria liso, hasta darle un acabado compacto y de acuerdo a la sección transversal indicada en los planos u órdenes de la fiscalización.

### **Control geométrico**

Tras la ejecución del macadam y la regularización con piedra triturada 4ta., se procederá a la relocalización y nivelación del eje y de los bordes, permitiéndose

las siguientes tolerancias:

= 10 cm, en cuanto al ancho de la plataforma;

Hasta el 20%, en exceso, para la flecha de pendiente, sin la tolerancia de falta.

En la verificación del desarrollo longitudinal de la superficie no serán toleradas flechas mayores que 1,5 cm, cuando determinadas por reglas de 3,00 m.

### **Medición**

Las cantidades del presente ítem se medirán en volumen por la cantidad de **(m<sup>3</sup>) metros cúbicos** de material compactado incluyendo la piedra triturada.

Dicho volumen se determinará por el producto de la longitud del tramo concluido y aprobado, medido a lo largo del eje, por el ancho medio y el espesor, indicados en los planos.

### **Forma de pago**

Precio y pago serán la compensación total por el trabajo descrito en estas especificaciones, incluyendo las operaciones de limpieza y desecho de ocurrencia de materiales, excavación, transporte, compactación y acabado.

### CAPITULO 3

### METODOLOGÍA



1) Recopilación de antecedentes

Se recopilarán trabajos similares sobre caminos vecinales en la Facultad de Ingeniería - UNA siendo estas trabajos de investigación, tesis, etc.; y recabará datos de especificaciones técnicas en el departamento de camino vecinales del Ministerio de obras públicas.

2) Selección de canteras alternativas como proveedor de rechazo de cantera

Se realizarán la visita técnica a las canteras más cercanas a la ciudad de coronel Oviedo siendo estas las canteras de Carayaó, de Aguapety y la cantera Boca (Caaguazú) para obtener informaciones sobre la disponibilidad del material granular cuales se seleccionará 3 alternativas.

3) Toma de muestras

Se procederá a la toma de muestras en todas las canteras mencionadas siendo 3 muestras de 30 kilos de material de cada cantera siendo en total, seleccionada para su posterior ensayo correspondiente en el laboratorio de geotecnia y asfalto de la FIUNA.

4) Realización de ensayos

Se realizarán ensayos con el fin de determinar las características físicas y resistentes de las muestras. Los ensayos a realizar son los siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de Atterberg
- Ensayo de compactación
- Ensayo de C.B.R
- Equivalente de arena
- Resistencia al desgaste con la máquina de los ángeles

5) Selección de cantera

La cantera será seleccionada bajo estos criterios

- Sí cumple los requerimientos de los ensayos de CBR y desgastes de los ángeles.

- La capacidad de proveer el material granular que tenga la cantera.
- Distancia de transporte.

#### 6) Desarrollo del trabajo

Una vez seleccionada una cantera se realiza una revisión de los antecedentes tomados en la visita al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en el departamento de caminos vecinales y se procede al análisis detallado de los resultados de laboratorio.

Con los resultados de las muestras seleccionadas se procederá a verificar las especificaciones de caminos vecinales ya utilizados en el País y así ver si cumple con características similares al rechazo de cantera

#### 7) Elaboración de especificación técnica propuesta.

Elaboración de la propuesta de especificaciones técnicas del material en estudio tomando los mismos criterios básicos.

- Consideraciones generales
- Preservación del medio ambiente
- Materiales y sus características
- Tipos de equipamientos para ejecución
- Proceso constructivo

En la elaboración se tendrá en cuenta un paquete estructural conformado por las siguientes capas:

- Base granular
- Imprimación asfáltica
- Tratamiento superficial simple
- Riego de liga
- Carpeta de concreto asfáltico
- Riego de liga

#### 8) Costos y análisis comparativo

Se procederá a la realización del costo unitario de la base con rechazo de cantera y otras alternativas ya utilizada en el País. Luego se hallara su cómputo y presupuesto para su posterior comparación.

#### 9) Conclusiones y recomendaciones

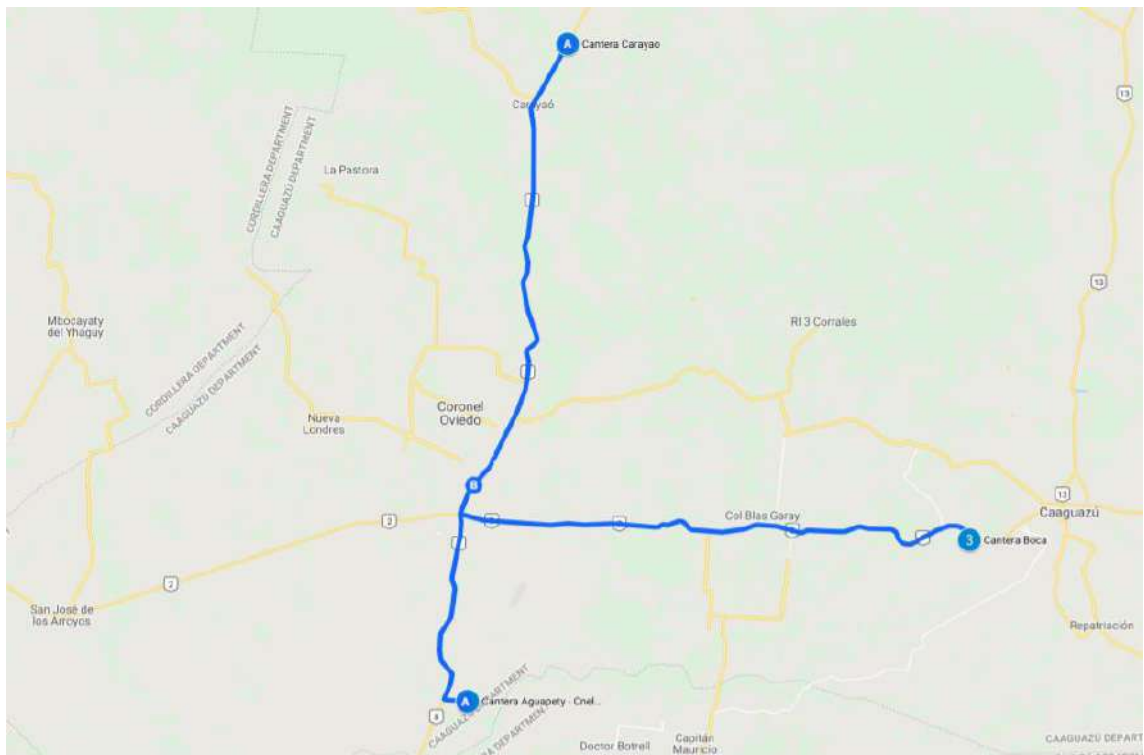
Se concluirá el trabajo con conclusiones y algunas recomendaciones para la aplicación de la alternativa en estudio.

## CAPITULO 4

### ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

#### 4.1. Canteras seleccionadas para este proyecto

Para el desarrollo del presente trabajo la primera actividad desarrollada fue la visita a las canteras localizadas dentro de la región que son las siguientes canteras: Aguapety ubicada a 14 km de la ciudad de Coronel Oviedo, cantera Carayaó 30 km, cantera Boca (Caaguazú) 40 km, con el fin de proceder a extraer las muestras del rechazo de cantera de cada una de ellas.



*Ilustración 26 Localización geográfica de las canteras.*

1. Cantera de Carayaó
2. Cantera de Aguapety
3. Cantera Boca (Caaguazú)

## 1. Cantera Luna dorada de Carayaó



*Ilustración 27 Cantera Luna dorada.*

### **Características**

La cantera Luna Dorada se encuentra ubicada a 30 km de la ciudad de Coronel Oviedo, de allí se obtienen rocas basálticas. Es una cantera que se explota con el fin comercial. Y está en estado de explotación activa.

## 2. Cantera CCC de Aguapety



Ilustración 28 Cantera ccc Aguapety.

### Características

La cantera ccc de la compañía de Aguapety se encuentra ubicada a 14 km de la ciudad de Coronel Oviedo, de allí se obtienen rocas basálticas. Es una cantera que se explota con el fin comercial. Y está en estado de explotación activa.

### 3. Cantera boca de Caaguazú



*Ilustración 29 Cantera boca.*

#### **Características**

La cantera boca de la Ciudad de Caaguazú se encuentra ubicada a 40 km de la ciudad de Coronel Oviedo, de allí se obtienen rocas basálticas. Es una cantera que se explota con el fin comercial. Y está en estado de explotación activa.

#### **4.1.1. Tipos de productos comercializados en las canteras**

- 3/4" - 3/8" (4ta)
- 3/8" - 0 (5ta/6ta)
- 1 1/8" - 3/4" (3ra)
- Piedra Cero: Es el producto final de la triturada primaria, donde la primaria es alimentado en piedra bruta (piedra detonada) y sale una piedra de menor tamaño para alimentar una secundaria.
- Piedra Bruta: Conocida como piedra detonada, es el material fragmentado por la detonación, a un tamaño acorde a la mandíbula dela trituradora primaria.
- Rechazo cantera: Es el material rechazado por la trituradora primaria a través de la cinta de rechazo que está situado debajo de una grilla del alimentador (suciedad, aporte de fino y piedras pequeñas de diferentes granulometrías que se origina por la fragmentación y la falta de buena limpieza de la zona a detonar).

## **4.2. Estudios geotécnicos**

### **4.2.1. Ensayos de laboratorio**

Se realiza los correspondientes ensayos de laboratorios a las muestras de cada cantera en estudio, específicamente 3, con el fin de determinar las características físicas y mecánicas que son los siguientes

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de Atterberg
- Ensayo de compactación
- Ensayo de C.B.R
- Equivalente de arena
- Resistencia al desgaste con la máquina de los ángeles

A continuación, se presenta los ensayos realizados a cada una de las canteras, los demás ensayos están ilustradas en el anexo.

### 4.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

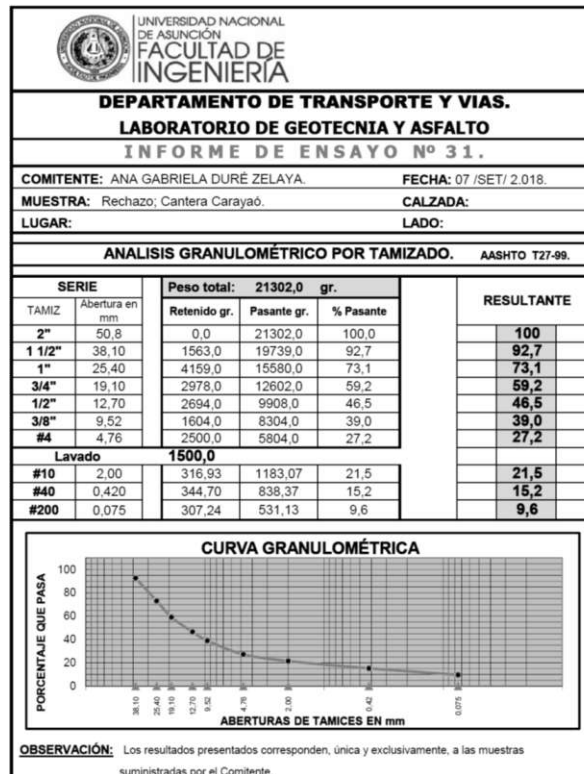


Ilustración 30 Ensayo de análisis granulométrico por tamizado



Ilustración 31 Ensayo de análisis granulométrico en laboratorio FIUNA

### 4.2.1.2. Límites de Atterberg

FACULTAD DE INGENIERIA					
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS.					
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO					
INFORME DE ENSAYO N° 31.					
LÍMITES DE ATTERBERG					
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA			FECHA: 29 /MAY/ 2 018		
MUESTRA: Rechazo. Cantera Aguapety					
<b>MÉTODO: AASHTO T89-68 LÍMITE LIQUIDO</b>					
1	Cápsula	N°	E	C	D
2	Golpes	N°	31	22	14
3	Peso Cáps. + Suelo Húmedo.	gr.	51.41	40.12	38.57
4	Peso Cáps. + Suelo Seco	gr.	44.32	34.62	33.1
5	Peso Agua. (3-4)	gr.	7.09	5.5	5.47
6	Peso Cápsula	gr.	10.85	10.6	11.06
7	Peso Suelo Seco (4-6)	gr.	33.47	24.02	22.04
8	<b>HUMEDAD</b>	5/7 * 100 %	<b>21.2</b>	22.9	24.8
<b>MÉTODO: AASHTO T89-70 LÍMITE PLÁSTICO</b>					
1	Cápsula	N°	B	L	
2	Peso Cáps. + Suelo Húmedo.	gr.	26.27	26.95	
3	Peso Cáps. + Suelo Seco	gr.	24.14	23.55	
4	Peso Agua (2-3)	gr.	2.13	2.10	
5	Peso Cápsula	gr.	11.08	10.87	
6	Peso Suelo Seco (3-5)	gr.	13.05	13.08	
7	<b>HUMEDAD</b>	4/6 * 100 %	<b>16.3</b>	16.1	

Obs: Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el comitente.

**Clasificación AASHTO: A-1-a ig: 0**

**RESULTADOS:**

LL = 22.3%  
LP = 16.2%  
IP = 6.1%

**GRANULOMETRÍA:**

Pas. # 10: 38.8%  
Pas. # 40: 23.6%  
Pas. # 200: 13.2%

Prof. Ing. Francisco Ortiz  
Jefe Laboratorio Geotecnia y Asfalto

Pag. 14 de 19  
Teléfono y Fax: 585-58114    http://www.ing.una.py    Casilla de Correo 765

Ilustración 32 Ensayo de Límites de atterberg



Ilustración 33 Ensayo de límites de Atterberg en laboratorio FIUNA.

### 4.2.1.3. Ensayo de compactación

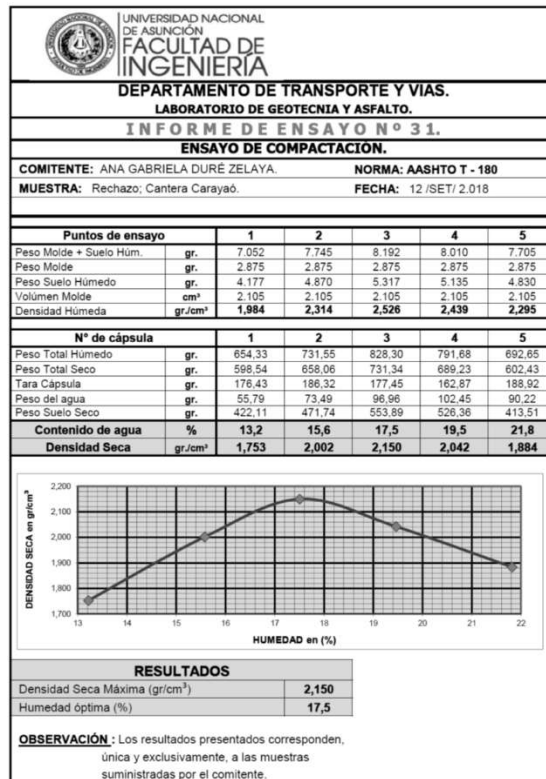
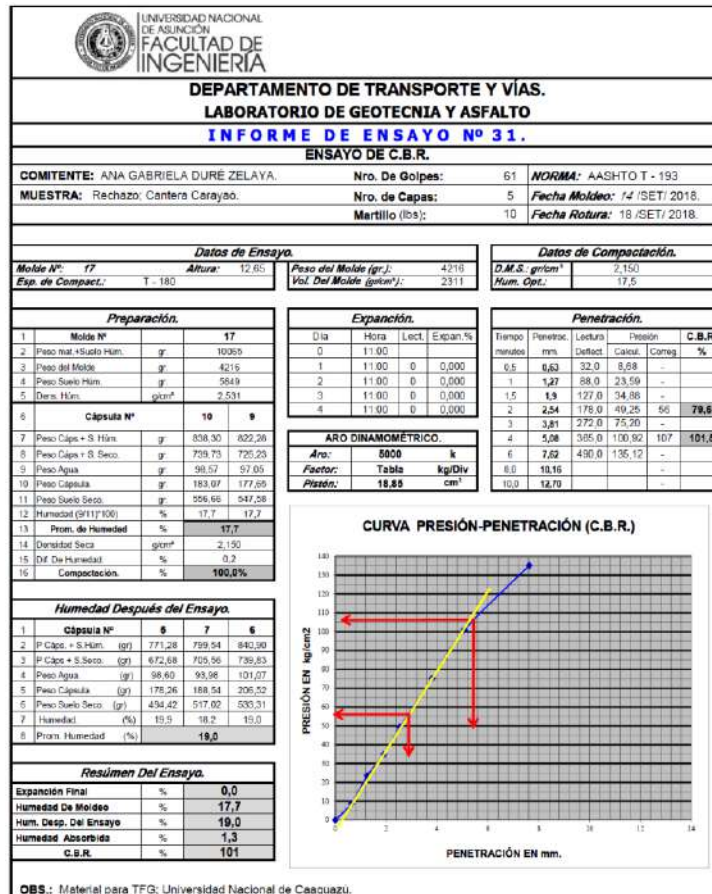


Ilustración 34 Ensayo de compactación



Ilustración 35 Ensayo de Compactación en laboratorio FIUNA.

### 4.2.1.4. Ensayo de C.B.R





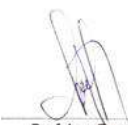
OBS: Material para TFG; Universidad Nacional de Casagüazú.

Ilustración 36 Ensayo de C.B.R



Ilustración 37 Ensayo de C.B.R en laboratorio FIUNA

#### 4.2.1.5. Ensayo de Equivalente de Arena


 <b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b> <b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b> <b>INFORME DE ENSAYO N° 3 1.</b> <b>EQUIVALENTE DE ARENA.</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.		FECHA: 13/SET/2018.	
LUGAR: Cantera Aguapety.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera Pasante del # 4.			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90, IRAM 1682/92.			
1	<b>Determinación N°</b>		1
2	LECTURA "A" (arcilla)		12,5
3	LECTURA "B" (arena)		5,0
4	EQUIVALENTE DE ARENA	%	<b>40,0</b>
  Prof. Ing. Francisco Ortiz. Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.			



Pag. 8 de 19

Teléfono y Fax: 585-58114      <http://www.ing.una.py>      Casilla de Correo 765

Ilustración 38 Ensayo de equivalente de arena

### 4.2.1.6. Ensayo de Resistencia al desgaste con la máquina de los ángeles

 <b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b> LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO <b>INFORME DE ENSAYO N° 31</b> <b>Resistencia al desgaste Con La Máquina De "Los Angeles".</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA		FECHA: 13/SET/2018	
MUESTRA: Rechazo: Cantera Boca.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera (tipo Arenisca).			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90 - IRAM 1532/71			
1	Determinación N°		1
2	Material Ensayado	Tipo	A
3	Serie (1) Tamices Pasante #	#	#1½" a #1"
4	Serie (2) Tamices Retenido #	#	#1" a #¾"
5	Serie (3) Tamices #	#	#¾" a #½"
6	Serie (4) Tamices #	#	#½" a #¼"
7	Peso de Material en Pas. #1½ Ret. #1	gr.	1.251
8	Peso de Material en Pas. #1 Ret. #¾	gr.	1.250
9	Peso de Material en Pas. #¾ Ret. #½	gr.	1.250
10	Peso de Material en Pas. #½ Ret. #¼	gr.	1.250
11	Cargas Abrasivas	Esferas	12
12	Giro del Cilindro	Vueltas	500
13	Peso Total Antes (M)	gr.	5.001
14	Peso Total Después (M1)	gr.	1.985
15	Pérdida Por Abrasión ((M-M1)/M)*100	%	60,3

Prof. Ing. Francisco Ortiz.  
Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto

Pag. 6 de 19  
Teléfono y Fax: 585-58114      http://www.ing.una.py      Casilla de Correo 765

Ilustración 39 Ensayo de resistencia al desgaste



Ilustración 40 Ensayo de resistencia al desgaste en laboratorio FIUNA.

#### 4.2.2. Resumen de datos de los ensayos de cantera

En la siguiente tabla se observa los datos de los ensayos realizados en las 3 canteras seleccionadas del estudio.

ENSAYOS		Cantera 1 Carayao	Cantera 2 Aguapety	Cantera 3 Caaguazú
<b>Análisis granulométrico</b>	2"	100	100	98
	#10	21,5	38,8	32,4
	#40	15,2	23,6	25,7
	#200	9,6	13,3	4
<b>Límites de Atterberg</b>	LL (%)	27,3	22,3	NL
	LP (%)	18,9	16,2	NP
	IP (%)	8,4	6,1	NL
<b>Ensayos de compactación</b>	Den. Seca Max. (gr/cm <sup>3</sup> )	2,15	2,375	1,930
	Humedad óptima (%)	17,5	5,1	6,8
<b>Ensayo de C.B.R (%)</b>		100	144	123
<b>Equivalente de arena (%)</b>		34,6	40	55,1
<b>Desgaste de los Ángeles (%)</b>		22,2	27,8	60,3

Tabla 13 Datos de los ensayos de canteras

### 4.2.3. Elección de cantera

Para selección de la cantera a ser tomada como proveedor de la materia se tiene en cuenta los siguientes criterios.

- Tomando el resultado de los ensayos de los ángeles este no deberá presentar desgaste superior al 35%.
- El CBR no deberá ser inferior al 80%.

Los resultados se describen en la siguiente tabla.

Alternativas	CBR	Criterio
1.Cantera de Carayaó	100%	Aplica
2.Cantera CCC de Aguapety	144%	Aplica
3.Cantera Boca (Caaguazú)	123%	Aplica

Tabla 14 Alternativas de criterios de CBR

Alternativas	Desgaste	Criterio
1.Cantera de Carayaó	22 %	Aplica
2.Cantera CCC de Aguapety	27.8 %	Aplica
3.Cantera Boca (Caaguazú)	60.3 %	No aplica

Tabla 15 Alternativas con criterios de Desgaste.

Con este criterio se considera válido las Canteras 1 y 2, pero teniendo en cuenta condiciones geográficas de distancia con relación a la zona en estudio se opta por la Cantera 2.

### **4.3. Análisis de ensayos**

Con base en los ensayos realizados a la cantera CCC, la clasificación del material corresponde al Tipo A-1-a conforme a los valores establecidos en el Sistema de Clasificación AASHTO, siendo su densidad máxima de 2,375 gr/cm<sup>3</sup> para un porcentaje de humedad óptima del 5,1 %.

Observación: El material granular corresponde a fragmentos de rocas basálticas.

## **CAPITULO 5**

### **PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DEL RECHAZO DE CANTERA COMO BASE DE UN CAMINO VECINAL.**

#### **5.1. Introducción a la propuesta de especificación técnica y las condiciones generales adoptadas.**

Se propone la elaboración de una especificación técnica de la base de rechazo de cantera para su utilización como capa estructural de un camino vecinal de bajo volumen de tránsito tomando como modelo general la especificación técnica de macadam que se indica en el ítem 2.5.3.

La propuesta de especificación técnica considera una subrasante con CBR mín. de 15%. El porcentaje de desgaste del material estudiado no deberá ser superior al 35% en el ensayo denominado Desgaste Los Ángeles y el porcentaje de CBR del material rechazo de cantera deberá ser mayor al 80% que se indican en la tabla 9 y 10 información recabada del Manual de Carreteras del Paraguay.

Se adoptó un espesor en la base granular de 30 cm, conformado de rechazo de cantera, espesor adoptado en función al tamaño máximo del agregado, diámetro máximo obtenido de los ensayos de granulometría que se indican en la tabla 13.

En base a la guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de la dirección de vialidad del ministerio de obras públicas de Chile se colige que el espesor adoptado cumple con las especificaciones requeridas para una base granular, según tabla 16.

Subrasante		Módulo Resiliente (MPa)				
		Granular: Base + Subbase (mm)				
CBR (%)	Módulo (MPa)	200	250	300	350	400
3	35	76	84	91	98	104
5	50	109	120	130	140	148
7	60	130	144	156	168	178
10	75	163	180	195	209	222
15	100	217	240	261	279	297
20	115	250	276	300	321	341
30	145	315	348	350	350	350
40	170	350	350	350	350	350
50	190	350	350	350	350	350

*Tabla 16 Propiedades de Materiales Granulares. Autores: Guillermo Thenoux Z., Felipe Halles A., Álvaro González V., Ernesto Barrera G., Juan Carlos Miranda A.*

A fin de corroborar las exigencias manadas en la guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de la dirección de vialidad del ministerio de obras públicas de Chile, con el espesor de 30 cm y un CBR de la subrasante de 15% se obtiene un módulo resiliente de 261. Número que supera las exigencias mínimas solicitadas para una base.

## **5.2. Especificación técnica para base de rechazo de cantera.**

- **Descripción**

El presente ítem consiste en la construcción de una capa mayor o igual a 0.30 m constituido por rechazo de cantera de destape de canteras, colocada sobre la subrasante previamente preparada.

- **Preservación del medio ambiente**

A los efectos de disminuir el Impacto Ambiental producido como consecuencia de la ejecución de éste Ítem se deberá tener en cuenta lo establecido en las Especificaciones Técnicas Ambientales Generales (ETAG).

- **Materiales**

Los materiales a ser utilizados deberán poseer las siguientes características:

- a) El material (rechazo de cantera), se origina en el proceso de destape de canteras o materiales granulares proveniente de yacimientos naturales.
- b) Se utilizará preferentemente canteras con piedras basálticas
- c) El material de rechazo de cantera debe pasar el 100% en el tamiz 2".
- d) Considerando que la construcción de la base con rechazo de cantera es una solución con poca experiencia para su aplicación consideramos en que el CBR no deberá ser inferior al 80%.
- e) El material sometido al ensayo de Los Ángeles, no deberá presentar desgaste superior al 35 %.

- **Método constructivo**

Preparación de la superficie de apoyo. Este trabajo se llevará a cabo en forma tal que la superficie de apoyo responda al nivel y sección marcada en los planos. Antes de proceder a depositar los materiales para la construcción de la capa de rechazo de cantera, la superficie de apoyo deberá ser aprobada por escrito por la Fiscalización. La aprobación no será efectuada hasta que todas las partes de

la obra de terraplenamiento, incluyendo las cunetas y demás obras de desagüe, hayan sido terminadas de acuerdo a los Planos y Especificaciones del Proyecto.

En las zonas donde no se hayan realizado trabajos de terraplén se deberá prever la preparación de la subrasante, con las condiciones geométricas establecidas en especificaciones técnicas.

Se colocará el rechazo de cantera en cantidades necesarias para que una vez compactado se tenga como mínimo 0.30 m

Son indicados los siguientes tipos de equipamiento para la ejecución de la base:

1. Motoniveladora;
2. Camión regador de agua;
3. Vibro compactadores tipo liso-vibratorio y neumático;
4. Tractor con rastra;
5. Camión volquete

- **Producción del rechazo de cantera:** La explotación de los préstamos, yacimientos y canteras será efectuada observando cuidadosamente la elección de las zonas a explotar a fin de que se obtenga el material más adecuado para la construcción de la capa de rechazo de cantera.

- **Preparación de la base:** las especificaciones establecen la posible procedencia de los mismos indicando que pueden ser rechazo de cantera de trituración, de destape de cantera, de suelo granular o mezcla de ambos.

En relación a la granulometría, solo se establece el tamaño máximo < 2"

Pasante tamiz

2"	100 %
----	-------

Tabla 17 % de pasante

- **Colocación y extendido:** Antes de distribuir el material de rechazo de cantera como base se debe tener en cuenta los siguientes:

Que la humedad el material no exceda el 3 % del óptimo indicado en el ensayo de Humedad-Densidad.

Si fuese necesario agregar agua, se efectuará empleando equipos que lo distribuyan con uniformidad, y la cantidad se tomará en base al ensayo especificado. La aplicación de agua comenzara con riegos parciales, y cada aplicación será seguida por el paso de rastras de discos de dientes flexibles, o del equipo mezclador móvil, evitándose la concentración de agua en la superficie.

- **Perfilado y compactación:** Se realizará la distribución del rechazo de cantera y la compactación en dos capas de 15 cm.

La compactación comenzará en los bordes, prosiguiendo paulatinamente hacia el centro, con la utilización de rodillos lisos vibratorios y neumáticos múltiples en pesos no menores a 12 TN, u otro equipo que pueda obtenerse la densidad especificada.

Los perfilados se realizaran con motoniveladora y tendrán la finalidad de retirar material suelto y efectuar las correcciones al perfil transversal compactado, que sean necesarias para obtener el perfil indicado en los planos.

Durante las operaciones de compactación se compensarán las pérdidas de humedad, si las hubiere, mediante oportunos riegos de agua.

De no efectuarse en forma continuada las operaciones constructivas de tramos sucesivos, se deberá cortar en forma vertical el borde del tramo terminado antes de iniciar el tramo siguiente.

- **Colocación de la capa de regularización:** Una vez que la superficie de rechazo de cantera haya sido compactada se procede a colocar una capa

de triturada 4ta (sí necesario), un espesor tal que permita una superficie de rodadura lisa, la cuál será compactado con rodillo vibratorio liso.

- **Control**

Para la subrasante rigen las exigencias y controles geométrico y tecnológico establecidos en la especificación técnica de terraplenes. Una vez completado el proceso de compactación sobre la subrasante se hará las verificaciones de las medidas de los anchos de la plataforma, las cotas y la uniformidad de la superficie presentada.

Para la aceptación de la capa del rechazo de cantera, los trabajos deberán satisfacer los requisitos se indican a continuación.

- Ensayo de compactación.

La densidad de dicha capa del rechazo no será inferior al 98 % de la densidad máxima lograda con el ensayo AASHTO T-180.

- Ensayo granulométrico:

Será ejecutado 1 ensayo de granulometría cada 100m s/ las normas AASHTOT-27. El ensayo se hará en el espesor de la capa, alternando los hoyos de prueba en el centro y bordes de la plataforma, o a las distancias y lugares donde la sea más conveniente.

- Espesor y cotas:

El espesor se medirá por medio de hoyos de prueba en uno o más puntos seleccionados, tomados al azar dentro de cada sección de 100 m. para evitar una distribución regular de los mismos.

A medida que la capa estructural continúe sin variación en el espesor, más allá de la tolerancia permitida, el intervalo entre pruebas podrá ampliarse, hasta un máximo de 500 metros, con pruebas ocasionales a intervalos más cortos.

Cuando una medición señale una variación mayor que el permitido respecto el espesor indicado, se harán mediciones adicionales a intervalos de 100 metros, hasta que las mediciones indiquen que el espesor está dentro de la tolerancia permitida.

- Tolerancia en la sección transversal:

Cada 50 (cincuenta) metros se realizarán mediciones para controlar el ancho resultante.

Sólo se tolerarán diferencias con respecto al ancho indicado en los planos de hasta 0,10 m en más y nada en defecto.

- **Conservación**

La conservación hasta la recepción de la Obra, consistirá esencialmente en perfilados livianos y riegos de agua periódicos para evitar su deformación y pérdida de densificación.

- **Medición**

La unidad de medida del trabajo abarcado en esta sección será el metro cúbicos de material aceptablemente colocado y compactado según se prescribe en esta Sección.

### 5.3. Especificación técnica de Imprimación asfáltica

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la cuidadosa limpieza de la superficie a imprimir indicados en los planos y de la aplicación de un riego de imprimación con material asfáltico, conforme se describe en esta especificación y en el ancho establecido en los Planos y/u Órdenes de la Fiscalización.

- **Materiales**

El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

(a) Emulsiones Asfálticas de curado rápido (CRS-1, CRS-2) diluido con agua, de acuerdo a la textura de la Base.

(b) Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250.

El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

La cantidad por m<sup>2</sup> de material bituminoso, debe estar comprendido entre 0,7 - 1,5 lt/m<sup>2</sup> para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 7 mm por lo menos, verificándose esto cada 25m.

Los materiales asfálticos deberán satisfacer los requisitos de las siguientes especificaciones:

a. Asfalto diluido:

De curado rápido:           AASHTO M 81

De curado medio:           AASHTO M 82

De curado lento:           AASHTO M 141

b. Emulsiones asfálticas:

Aniónicas: AASHTO M 140

Catiónicas: AASHTO M 208

- **Equipo**

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y camión regador de agua y asfalto.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos que la Fiscalización autorice.

El camión imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El camión regador deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará un calentador regador portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del camión regador con una boquilla de expansión

que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

- **Requerimientos de construcción**
- Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica a la sombra este por encima de los 10°C y la superficie del camino esté razonablemente seca y las condiciones climáticas, en la opinión de la Supervisión, se vean favorables (no lluviosos, ni muy nublado).

- Preparación de la Superficie

La superficie de la base que debe ser imprimada (impermeabilizada) debe estar en conformidad con los alineamientos, gradientes y secciones típicas mostradas en los planos y con los requisitos de las Especificaciones relativas a la Base Granular.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño debe ser eliminado por medio de una barredora mecánica y/o un soplador mecánico, según sea necesario. Las concentraciones de material fino deben ser removidas por medio de la cuchilla niveladora o con una ligera escarificación. Cuando lo autorice la Fiscalización, la superficie preparada puede ser ligeramente humedecida por medio de rociado, inmediatamente antes de la aplicación del material de imprimación.

- Aplicación de la Capa de Imprimación

Durante la ejecución el Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar incendios, siendo el responsable por cualquier accidente que pudiera ocurrir.

El material bituminoso de imprimación debe ser aplicado sobre la base completamente limpia, o un distribuidor a presión que cumpla con los requisitos

indicados anteriormente. El Contratista dispondrá de cartones o papel grueso que acomodará en la Base antes de imprimir, para evitar la superposición de riegos, sobre un área ya imprimada, al accionar la llave de riego debiendo existir un empalme exacto. El material debe ser aplicado uniformemente a la temperatura y a la velocidad de régimen especificada por la Fiscalización. En general, el régimen debe estar entre 0,7 a 1,5 lts/m<sup>2</sup>, dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

La temperatura del material bituminoso en el momento de aplicación, debe estar comprendida dentro de los límites y será aplicado a la temperatura que apruebe la Fiscalización.

Al aplicar la capa de imprimación, el distribuidor debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación. El Contratista debe determinar la tasa de aplicación del ligante y hacer los ajustes necesarios. Algún área que no reciba el tratamiento, debe ser inmediatamente imprimada usando una manguera conectada al distribuidor.

Si las condiciones de tránsito lo permiten, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la Base. Debe tenerse cuidado de colocar la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado (4 días aprox.).

- Protección de las Estructuras Adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta a tratamiento, deben ser protegidas de manera tal, que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de que esas salpicaduras o manchas ocurran, el Contratista deberá, por cuenta propia, retirar el material y reparar todo daño ocasionado.

- Apertura al Tránsito y Mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que lo ordene de otra manera la Fiscalización. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario. Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso debe ser retirado usando arena, u otro material aprobado que lo absorba y como lo ordene la Fiscalización, antes de que se reanude el tránsito.

La labor de conservación debe incluir, el extender cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos y parchar las roturas de la superficie imprimada con mezcla bituminosa. En otras palabras, cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tránsito de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada, a costo del Contratista.

- **Aceptación de los trabajos**
- Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la Fiscalización efectuará los siguientes controles principales:

Verificar la implementación para cada fase de los trabajos.

Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado.

Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que la Fiscalización considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos pulverizados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.

Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos.

Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.

Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como control de las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).

Efectuar ensayos de control de mezcla, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.

- **Calidad del material asfáltico**

La Fiscalización se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del fabricante. En el caso de empleo de asfalto diluido, la Fiscalización comprobará mediante muestras representativas (mínimo una muestra por cada 30.000 litros o antes si el volumen de entrega es menor), el grado de viscosidad cinemática del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

- **Dosificación**

La Fiscalización se abstendrá de aceptar áreas imprimadas donde la dosificación varíe de la aprobada por él en más de diez por ciento (10%).

- **Pago**

Forma de pago en litros.

#### 5.4. Especificación técnica de Riego de liga

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la ejecución de un riego bituminoso de liga sobre la sub - base de piedra previamente imprimada, a fin de facilitar la adherencia entre la capa bituminosa y la capa subyacente. El riego de liga debe ser muy delgado y debe cubrir uniformemente el área a ser pavimentada.

- **Materiales**

Los materiales asfálticos que se pueden utilizar para la aplicación del Riego de Liga son:

- Cemento Asfáltico 40/50; 60/70; 85/100 o 120/150.
- Emulsión Catiónica de rotura rápida CRS-1 o CRS-2.

El tipo de material asfáltico debe ser seleccionado e indicado en los planos del Proyecto y debe satisfacer los requisitos establecidos.

Con suficiente anticipación al comienzo de los trabajos de Riego de Liga, "El Contratista" debe someter a la aprobación de la Supervisión muestra (s) del material asfáltico del tipo seleccionado. No se deben iniciar dichos trabajos sin la previa aprobación, por escrito, de dicho material por la Supervisión.

De acuerdo al tipo de material asfáltico seleccionado, se debe determinar la cantidad de litros de material asfáltico que se debe aplicar por metro cuadrado de base, a menos que esa información estuviese indicada en los planos. El cuadro siguiente debe servir como guía para hacer dicha determinación.

Material Asfáltico	Tipo	Cantidad (l/m <sup>2</sup> )
Cemento Asfáltico	40/50; 60/70; 80/100 o 120/150	0,1 – 0,4
Emulsión diluida con agua en partes iguales	CRS-1 o CRS-2	0,2 – 0,7

Tabla 18 Cantidad de aplicación de material asfáltico para riego de liga

- **Equipo**

Adicionalmente podrá utilizarse cocinas asfálticas portátiles con elementos de irrigación a presión o de una extensión del tanque imprimador con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

No se permitirá el uso de regaderas manuales recipientes perforados u otros implementos que no garanticen una aplicación homogénea del riego de liga sobre la superficie.

- **Requerimientos de construcción**

- Preparación de la Superficie

La superficie sobre la cual ha de aplicarse el riego deberá cumplir todos los requisitos de uniformidad exigidos para que pueda recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del Proyecto. De no ser así, el Contratista deberá realizar todas las correcciones previas que le indique la Fiscalización.

La superficie deberá ser limpiada de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

- Aplicación del Material Bituminoso

El control de la cantidad de material asfáltico aplicado en el Riego de Liga se debe hacer comprobando la adherencia al tacto de la cubierta recién regada. La variación, permitida de la proporción (L/m<sup>2</sup>) seleccionada, no debe exceder en 10%, por exceso o por defecto, a dicha proporción.

Durante la aplicación del Riego de Liga, el Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para evitar cualquier contacto de llamas o chispas con los materiales asfálticos y con gases que se desprenden de los mismos. El

Contratista es responsable por los accidentes que puedan ocurrir por la omisión de tales precauciones.

El riego solo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

No se requerirá riego de liga en el caso de mezclas asfálticas colocadas como máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) de la colocación de la primera capa asfáltica y no haya habido tránsito vehicular, ni contaminación de la superficie.

No se permitirán riegos de liga cuando la temperatura ambiental a la sombra y de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o apariencia que pueda ocurrir.

La secuencia de los trabajos de pavimentación asfáltica se debe planear de manera que las áreas que sean cubiertas con el Riego de Liga se les aplique el mismo día la capa asfáltica subsiguiente.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar que con el riego del material asfáltico se manchen sumideros, cunetas, barandas, etc. Igualmente debe proteger la vegetación adyacente a la zona para evitar que sea salpicada o dañada. El Contratista está obligado a limpiar y a reparar todo lo que resulte afectado por el Riego de Liga sin recibir compensación alguna por tales trabajos.

- Aceptación de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, la Fiscalización efectuará los siguientes controles principales:

Verificar la implementación para cada fase de los trabajos.

Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado.

Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que la Fiscalización considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos pulverizados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.

Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos.

Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.

Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como control de las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).

Efectuar ensayos de control de mezcla, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.

- Calidad del material bituminoso

La Fiscalización se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del fabricante.

En el caso de empleo de cemento asfáltico, la Fiscalización comprobará, mediante muestras representativas mínimo una cada 30.000 litros ó antes si el volumen de entrega es menor, el grado de viscosidad absoluta del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo.

En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

- **Forma de Pago**

Forma de pago en litros.

## **5.5. Especificación técnica de carpeta de concreto asfáltico en caliente.**

### **Descripción**

La “Carpeta de concreto asfáltico”, mezcla caliente en planta, se construirá en los espesores compactados marcados en los Planos sobre una base imprimada, en el ancho indicado en los planos y cumpliendo todos los detalles de la presente especificación y órdenes de la Fiscalización.

### **Materiales**

#### **a. Agregado Pétreo Grueso (retenido en el Tamiz N° 10)**

El agregado grueso provendrá exclusivamente de la trituración de roca sana aprobada por la Fiscalización.

Deberá acusar un desgaste en el ensayo “Los Ángeles” (AASHTO T96-70) inferior a 25%. Sus partículas estarán exentas de polvo y no contendrán materias extrañas, debiendo presentar buena adhesividad.

Sometido al ensayo de durabilidad con sulfato de sodio, no deberá presentar pérdidas superiores al 12%, en 5 ciclos. El índice de cubicidad no deberá ser inferior a 0,5.

La piedra utilizada en la trituración será sana y durable, libre de terrones de arcilla o materias extrañas.

b. Agregado Pétreo Fino (pasa por Tamiz N° 10)

El agregado fino puede ser arena proveniente de la trituración de roca o arena silíceo natural proveniente de ríos o yacimientos, o mezcla de ambas. Sus partículas serán limpias, duras, sanas y libres de arcilla, polvo, álcalis, materias orgánicas o cualquier otra sustancia perjudicial y su índice de plasticidad será nulo. El ensayo de equivalente de arena deberá ser igual o superior al 45% para las bases y 55% para la carpeta.

c. Relleno Mineral (filler) Calcáreo (solo para Carpeta)

Consistirá en polvo de piedra caliza pura con un mínimo de 70% de carbonatos de calcio, o bien será cal hidratada o cemento portland. Estará libre de grumos, terrones o materiales orgánicos, debiendo cumplir la siguiente granulometría al ser ensayado por tamices de malla cuadrada, siguiendo el método de ensayo AASHTO T37-70.

- Pasa tamiz N° 30 100%
- Pasa tamiz N° 50 95 – 100%
- Pasa tamiz N° 200 70 – 100%

d. Mezcla de los Agregados Pétreos y Relleno Mineral

La composición del concreto bituminoso deberá satisfacer los requisitos del cuadro siguiente:

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Carpeta	Base
3/8"	70 – 90	60 – 80
N° 4	50 – 70	48 – 65
N° 8	35 – 50	35 – 50
N° 30	18 – 29	19 – 30
N° 50	13 – 23	13 – 23
N° 100	8 – 16	7 – 15
N° 200	4 – 10	1 – 8

La fracción de granulometría total indicada en el cuadro anterior que pasa el tamiz N° 40 tendrá índice de plasticidad nulo.

El contenido de humedad de la mezcla en seco de los agregados pétreos exclusivamente será inferior al medio por ciento (0,50%) una vez que han pasado por el dispositivo secador.

e. Materiales Bituminosos Sólidos (Cementos Asfálticos)

Serán homogéneos, libres de agua y no formarán espuma al ser calentados a 175° C. y cumplirán con las siguientes exigencias cuando se ensayen de acuerdo a los métodos aquí señalados.

CARACTERÍSTICA	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Penetración (25 ° C. 100 g, 5 seg.)	50	60	AASHTO T 49-89
Ductilidad (25 ° C. 5 cm/min.). (cm.	100	--	AASHTO T 51-89
Punto de inflamación (Cleveland, vaso abierto) (° C).	232	--	AASHTO T 48-89
Ensayo en película delgada: pérdida por calentamiento a 163°C durante 5 hs (%).	--	0,8	AASHTO T 119-82
Penetración retenida (25° C 100 gr 5 seg.) % del original.	50	--	AASHTO T 49-89
Ductilidad del residuo (25 ° C. 5 cm/min).	75	--	AASHTO T 51-89
Solubilidad en c.c. 14 (%)	99	--	AASHTO T 44-89
Cenizas (%)	--	1,0	--
Ensayo de Oliensis	Negat.		AASHTO T 102-68
Temperatura de aplicación (Grados Centígrados)	135	155	

f. Aditivo Mejorador de Adherencia

De no haber buena adhesividad entre el material bituminoso y el agregado, deberá ser empleado un mejorador de adherencia. En este caso, el Contratista proveerá un agente mejorador de adherencia que se usará como aditivo al material bituminoso para prevenir la separación del asfalto del agregado.

El aditivo deberá ser utilizado según las recomendaciones del fabricante, pero no menos que 0,5% ni más del 1,5% en peso del ligante asfáltico total. El costo del aditivo mejorador de la adherencia será incluido en el costo del material asfáltico, ya que no se hará pago adicional por el aditivo.

#### g. Materiales Pétreos y Relleno Mineral a Emplear

Antes de comenzar los trabajos y con suficiente anticipación el Contratista propondrá a la Fiscalización los agregados pétreos y relleno mineral a emplear adjuntando a tal efecto las muestras correspondientes y los resultados obtenidos con las mismas en los ensayos físicos y granulométricos realizados para someterlos a su aprobación.

#### h. Cantidad de Materiales a Emplear

Los agregados pétreos y relleno mineral se utilizarán en cantidades comprendidas dentro de los siguientes límites:

- Agregados pétreos, grueso y relleno mineral por m<sup>2</sup> y centímetros de carpeta compactada: 20 a 24 kg
- Agregados pétreos, grueso y relleno mineral por m<sup>2</sup> y centímetros de carpeta compactada: 20 a 24 kg
- El material bituminoso será empleado en porcentaje en peso con respecto al peso total de la mezcla, en cantidades comprendidas cumpliendo la siguiente limitación:
- Para mezcla bituminosa C.A. (50-60), porcentaje en peso con respecto al peso total de la mezcla:

- Carpeta 4,5 % - 6,5 %
- Base 2,5 % - 4,5 %

i. Características de la Mezcla Bituminosa

Ensayada la mezcla por el método Marshall ASTM D-1559 acusará los siguientes valores:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CARPETA</b>	<b>BASE</b>
Número de golpes por cara de la probeta	75	75
Estabilidad a 60° C (kg); igual o superior a	800	500
Fluencia (mm)	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5
Vacios totales (%) 1/calculado sobre la base del peso específico efectivo de la mezcla de áridos (Método de Rice) (AASHTO T-209).	3 – 5	3 – 8
Relación "Betún - Vacíos" (%)	70 – 80	65 – 75
Estabilidad remanente, después de 24 horas de inmersión en agua a 60° C con respecto a la estabilidad. Marshall (%)	80	80
Relación estabilidad - fluencia (kg/cm)	2.100/3.500	1.900/3.000

Deberá evitarse tendencias a lograr estabilidad máxima coincidente con fluencias mínimas.

#### j. Composición de la mezcla

Para la preparación de la mezcla bituminosa el Contratista solicitará de la Fiscalización con suficiente anticipo a la iniciación de los trabajos, aprobación de su “Fórmula para la mezcla en obra”, en la cual consignará:

- Una única granulometría para los agregados pétreos y el relleno mineral mezclados o sólo los agregados pétreos, según el caso, definidas por porcentajes que pasan por las distintas cribas y tamices especificados cuyos valores estén comprendidos dentro de los límites establecidos.
- La relación “Filler - betún” a utilizar en mezcla para carpeta, definida por el cociente del volumen absoluto del filler sobre la suma de los volúmenes absolutos del filler más el cemento asfáltico especificado.
- El porcentaje en peso del material bituminoso a emplear.
- Los resultados del ensayo Marshall efectuado con la mezcla propuesta.
- Desgaste los ángeles del agregado pétreo grueso. Pesos específicos de los agregados pétreos, peso específico efectivo (Método de Rice) y estabilidad remanente Marshall.

Si la “Fórmula para la mezcla en obra” fuera aprobada por la Fiscalización, el Contratista estará obligado a suministrar una mezcla bituminosa que cumpla exactamente con las proporciones y granulometría fijadas, con una tolerancia de los siguientes porcentajes en peso:

- Pasando Tamiz 8 y superiores: más o menos 4 % (cuatro por ciento).
- Pasando por tamices intermedios entre N° 8 y 200 más o menos 3 % (tres por ciento).
- Pasando por Tamiz N° 200: más o menos 1,5 % (uno y medio por ciento).
- Para el material bituminoso: más o menos 0,3 % (tres décimas de por ciento).

- Para los valores resultantes del ensayo de estabilidad Marshall no habrá tolerancia sobre las cifras especificadas.

Las tolerancias detalladas no justificarán valores fuera de lo establecido en los distintos párrafos precedentes.

### **Equipo**

Las unidades de equipo a emplear serán previamente aprobadas por la Fiscalización, debiendo conservarse siempre en condiciones aceptables de trabajo. En caso de mal funcionamiento, deberán ser reemplazadas.

La planta a emplearse deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Facilidades de almacenaje: estará ubicado en un lugar donde pueda haber comodidades para el almacenaje y transporte de material. Deberá existir espacio suficiente para apilar separadamente cada medida de agregado requerida.
- En general, el relleno mineral a ser usado en la mezcla bituminosa, deberá apilarse y almacenarse separadamente antes de ser llevado a las tolvas.
- Equipo cargador de agregados pétreos: será de tipo mecánico para que pueda cargar los agregados en los dispositivos de alimentación sin segregación apreciable de los mismos.
- Alimentación de agregados pétreos. Tendrán diseño y serán de tipo frontal a tambor recíproco. Deberán poseer un dispositivo adecuado para controlar que la alimentación sea aproximadamente proporcional al peso en que cada uno de los agregados entre en la mezcla. El sistema de alimentación de agregados debe poder suministrar el agregado pétreo total separadamente, al menos en tres (3) agregados, en la proporción aproximadamente adecuada. Cuando se use más de un alimentador los mismos estarán sincronizados entre

sí para producir un chorro y proporción adecuados de los agregados componentes.

- Secadores: las plantas serán equipadas con un sistema rotativo secador a cilindro simple o doble, capaz de secar y calentar todos los agregados pétreos a las temperaturas requeridas y hasta alcanzar el contenido de humedad especificado en estas especificaciones.
- Zarandas: las zarandas usadas para separar los agregados pétreos deberán ser de tipo vibratorio y podrán separar los agregados a la velocidad normal.
- Tolvas: Estos dispositivos para almacenaje de los agregados pétreos calientes serán metálicos. Salvo indicaciones en contrario, habrá por lo menos tres compartimentos separados, de tales volúmenes, cada uno que pueda asegurarse el almacenamiento adecuado de cada medida de agregado pétreo especificado para el funcionamiento de la planta a régimen normal.

Cada compartimento tendrá ubicación y forma tal que se evite el derrame del material de uno de ellos en otro. Habrá un conducto de descarga para el material que sea rechazado por ser de mayor medida que el correspondiente a cada compartimento.

El dispositivo de control de chorro de cada agregado permitirá asegurar que cuando la cantidad de éste que entre al depósito de la balanza ha sido alcanzada, aproximadamente, se pueda continuar lentamente el suministro de los mismos en pequeñas cantidades, además de permitir un cierre preciso.

La capacidad total de las tolvas de almacenaje no será inferior a 20 (veinte) toneladas:

- La planta mezcladora dispondrá de los termómetros y pirómetros necesarios para el control de la temperatura de los materiales durante el proceso de la mezcla bituminosa, los que deberán ser conservados en buenas condiciones.

- El sistema de conducción de relleno mineral: el conducto usado para introducir el relleno mineral dentro del depósito de la balanza será construido en tal forma que no quede ninguna parte del material en el mismo una vez que la cantidad requerida se haya colocado en aquel.
- Equipo para el pesaje de los agregados pétreos y el relleno mineral: deberá contar con un depósito completamente suspendido de un sistema de balanzas y cumplirá los requerimientos siguientes:
  - Tendrá una capacidad al menos dos veces el peso del material a ser pesado: la capacidad en el volumen deberá ser tal que el depósito pueda contener la cantidad de agregados necesarios para el pastón, sin necesidad de enrasarlo a mano.
  - Las balanzas deberán estar construidas en forma tal que puedan vaciarse completamente al abrir sus compuertas. No se permitirá que el vaciado sea facilitado mediante golpes o vibraciones.
  - Las balanzas y sus plataformas estarán construidas en tal forma que la Fiscalización pueda realizar su cometido fácilmente y con relativa seguridad.
  - Las balanzas podrán ser del tipo resortes y lectura directa en cuadrante o bien del tipo de palancas múltiples una palanca para cada tamaño de agregado. En el caso de emplearse balanzas de este último tipo deberán estar provistos de un dispositivo para equilibrar la misma al comienzo de los pesajes y para indicar con precisión cuando se ha llegado a la posición de equilibrio durante los pesajes.
  - Este último deberá estar colocado en sitio fácilmente visible para la fiscalización desde la plataforma de mezclado. En cualquier forma, el dispositivo que se emplee para la medición de las pesadas contará con la aprobación de la Fiscalización además de satisfacer los requerimientos de la oficina de Pesas y Medidas. Asimismo, deberán tener en cualquier caso una capacidad no menor del doble del peso de mezcla de tipo denso que admite la mezcladora.

- Las balanzas utilizadas para el pesaje de los agregados estarán proyectadas como unidad integral de la planta.
- Todos los depósitos o receptáculos empleados para pesar los agregados, el relleno mineral y el material bituminoso junto con las balanzas de cualquier clase, serán aislados contra las vibraciones y movimientos del resto de la planta debidos a cualquier equipo operatorio en forma que el error de los pesajes con el completo movimiento de la planta no exceda de 2% (dos por ciento) en cualquier operación particular ni supere al 1,5 % (uno y medio por ciento) para su pastón completo.
- El Contratista proveerá para el uso en pruebas en las distintas balanzas, una pesa “standard” de 25 (veinte y cinco) kilogramos por cada 250 (doscientos cincuenta) kilogramos de capacidad de balanza en el pastón para cada material individual.
- Equipo para el pesaje y medida del material asfáltico completamente suspendido de una balanza sin resortes, o bien de un dispositivo medidor. El recipiente deberá tener una guarnición con circulación de vapor o aceite, o estar calentado por un sistema eléctrico aprobado; contará con una barra distribuidora de aberturas con largo no menor de las tres cuartas partes de la longitud del mezclador. Si se utiliza un rociador para la introducción del material asfáltico, el mismo estará construido en tal forma que no pueda gotear después que el periodo del mezclador con los agregados pétreos y relleno mineral ha empezado. La capacidad en peso del recipiente para el asfalto deberá estar comprendido entre un 10 y un 20 % de la capacidad del mezclador.

Si se usa dispositivo automático medidor debe ser de diseño aprobado. Estará proyectado para asegurar que sea suministrada exactamente la cantidad del material bituminoso requerido.

Después del suministro del mismo a la mezcladora, el dispositivo deberá disponer automáticamente de la cantidad requerida para el pastón siguiente.

- Mezcladora

La mezcladora será del tipo “molino rotativo gemelo” con diseño aprobado y capacidad mínima para 3.000 (tres mil) kilogramos de mezcla elaborada: la cantidad de material a ser mezclado no excederá de los límites de capacidades que haya fijado el fabricante de la planta. Estos límites en cualquier forma no serán aceptados sin control de la Fiscalización, si lo creyera necesario.

Si en opinión de la Fiscalización, la mezcladora no produjera eficientemente la cantidad límite establecida por el fabricante de la planta, o su producción no pudiera ser coordinada debidamente para su capacidad límite con las otras unidades de la planta, la Fiscalización podrá ordenar la reducción del peso del pastón hasta que la eficiencia deseada sea alcanzada.

Si no está indicada la capacidad máxima, la misma será determinada por la Fiscalización calculando el volumen neto por debajo del centro del eje de la mezcladora la circulación de vapor o aceite. La guarnición para la circulación de vapor o aceite, la mezcladora tendrá los dos ejes gemelos equipados con suficiente número de paletas a fin de producir un pastón uniformemente mezclado. Si la velocidad del giro de los ejes es demasiado rápida o lenta, o no corresponde a los límites especificados por el fabricante de la planta, la misma será ajustada a satisfacción de la Fiscalización. El claro que dejarán entre sí las paletas no excederá a 19 mm. Si es mayor, será reemplazado uno a ambos juegos de paletas. La compuerta de descarga cerrará ajustadamente para prevenir derrames.

- Tanque de almacenaje de asfalto

Tendrá capacidad suficiente para cinco días de trabajo. Estará equipado con serpentinas de circulación de vapor o aceite capaces de elevar y controlar la temperatura del material asfáltico entre 140° C y 190° C. No se permitirá que el fuego sea aplicado directamente al tanque.

El sistema de movimiento del material bituminoso será adecuado para permitir una exacta y continua circulación del mismo durante el período de funcionamiento.

Tendrá un termómetro graduado desde 100° C hasta 210° C el que estará ubicado cerca de la válvula de descarga o dentro del tanque. El termómetro deberá poder ser observado fácilmente por el operador que tiene a su cargo el calentamiento del material bituminoso, o el encargado del mismo.

- Alternativa para dosificar los materiales en volumen

En lugar de la dosificación en peso de los agregados, relleno mineral y asfalto, como se indica en los apartados anteriores, se permitirá la dosificación en volumen con tal que el sistema usado permita obtener una mezcla uniforme de la misma consistencia con respecto a la graduación contenida de asfalto y humedad, tal como se especifica para estas operaciones.

Se negará la conformidad para un equipo “continuo” si a juicio de la Fiscalización puede malograrse la producción de una mezcla satisfactoria. En caso de que el Contratista elija una mezcladora de tipo “continuo”, la preparación correcta de cada medida de arenado introducidos en la mezcla será alcanzada desde los depósitos de almacenaje por medio de un tipo de graduador continuo que cuente con compuertas calibradas y ajustables, las que proveerán las cantidades correctas de agregados pétreos en proporción al material bituminoso y preparados tal que la proporción de cada medida pueda ser ajustada separadamente.

La mezcladora estará equipada en este caso con un tipo aprobado de bomba medidora, la cual introducirá el material bituminoso dentro de la misma en la proporción especificada. La bomba medidora y el alimentador de agregados pétreos de la unidad graduadora estarán relacionados y sincronizados en tal forma que mantengan una relación constante.

En eventualidad de que la bomba medidora no provea la cantidad correcta de material bituminoso, y a fin de que mantenga una relación con los agregados pétreos, la proporción especificada se obtendrá por el ajuste del volumen del agregado a través de las compuertas de control. La adición de relleno mineral se efectuará con un dispositivo adecuado de medición para la introducción del mismo dentro de la mezcla, equipado con alimentador y compuerta calibrada y sincronizada con la bomba medidora y el alimentador de agregados pétreos de la unidad graduadora, para que se pueda contar en todo momento con la proporción correcta del relleno mineral.

La planta poseerá un sistema de señales para indicar cuando el nivel del material de cada compartimento de la tolva alcanza la capacidad mínima.

No se permitirá el uso de la planta mientras el sistema de señales no se encuentre en condiciones satisfactorias de trabajo.

La planta estará equipada en tal forma de permitir que la Fiscalización pueda calibrar satisfactoriamente todas las compuertas de dosificación con envases por peso. La planta incluirá una mezcladora continua "molino rotativo gemelo" que sea aprobada, capaz de producir pastones uniformes dentro de las tolerancias de la mezcla "mezcla en obra" fijadas en esta Especificación.

Las paletas de la mezcladora serán de un tipo ajustable para posición angular sobre los soportes y reversibles a fin de retardar si fuera necesario el chorro de mezcla. La mezcladora llevará una tabla del fabricante que consigne los contenidos volumétricos netos de la máquina a diferentes alturas, inscriptas en un indicador e igualmente, que muestre la velocidad operativa de la planta.

A menos que sea requerida de otra forma, la determinación del tiempo de mezclado será efectuado "con método por peso" bajo la fórmula consignada a continuación. Los pesos serán determinados en la obra por medio de ensayos llevados a cabo por la Fiscalización.

- **Recuperador de finos**

La planta, ya sea por peso o volumen, estará equipada con un recuperador de finos (colector de polvo) de tipo ciclónico u otro sistema aprobado por la Fiscalización. Este dispositivo funcionará en forma tal de eliminar el material fino recogido o retornado uniformemente a la mezcla en el elevador de los agregados calientes, de acuerdo a lo que la Fiscalización disponga.

- **Transporte de la Mezcla Bituminosa**

El transporte de la mezcla bituminosa se hará en camiones volcadores equipados con caja metálica de descarga trasera. Para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a la caja, podrá untarse la misma con agua jabonosa o un aceite lubricante liviano. No se permitirá el uso de nafta, kerosén o productos similares para este objeto.

Cuando la Fiscalización lo requiera, por razones justificadas, cada camión deberá estar provisto de una lona de cubierta de tamaño suficiente como para proteger completamente la mezcla durante su transporte al camino. La lona deberá estar sujeta fijamente a la parte anterior de la caja del camión y podrá asegurarse a los costados y parte trasera del volquete durante el transporte de la mezcla.

- **Terminadora Asfáltica**

La máquina de distribución y terminado debe operar sin guía. Será de propulsión propia y de tipo aprobado por la Fiscalización. No se permitirá el uso de una máquina de dispositivo mecánico anticuado o defectuoso.

Estará equipada con una tolva y un sistema a tornillo sin fin de tipo reversible, u otro de resultado equivalente, para distribuir la mezcla delante del enrasador.

El enrasador tendrá dispositivos de movimiento horizontal y que operen por corte, amontonamiento u otra acción que sea efectiva para las mezclas que

tengan la trabajabilidad adecuada y tal que se obtenga una superficie terminada de textura uniforme. La velocidad de movimiento de enrasador será tal que produzca entre 10 y 20 oscilaciones por minuto. El movimiento transversal del mismo deberá ser ajustable entre 5 y 15 cm. El frente de los enrasadores y dispositivos de terminación estará provisto de tornillos ajustables en la punta entre secciones para permitir seguir las variaciones proyectadas del perfil transversal.

La terminadora contará con dispositivos de juntas para suavizar y ajustar todas las juntas longitudinales entre fajas adyacentes de carpeta de capas del mismo espesor. La terminadora del enrasador, el cual será utilizado cuando se inicie la jornada de labor con la máquina fría, o cuando sea necesario mantener una temperatura adecuada. La máquina distribuirá la mezcla bituminosa sin raspado de la superficie, la cual deberá quedar completamente lisa, con la sección transversal adecuada, libre de huecos, ondulación transversal y otras irregularidades. La velocidad de marcha de la máquina durante el trabajo efectivo estará comprendida entre 1 y 6 metros por minuto. Estará equipada con un rápido y eficiente dispositivo de dirección y tendrá velocidades de translación hacia delante y hacia atrás no inferior a 30 metros por minuto.

- Aplanadoras Mecánicas

Serán de tres ruedas o tipo tándem mayor a 8 toneladas.

La aplanadora estará provista de un dispositivo eficiente para el mojado de los rodillos con agua. No se admitirá en la misma, pérdidas de combustible o lubricante.

El empleo de rodillos tándem de tres ruedas será aceptado siempre que los mismos tengan la maniobrabilidad adecuada para las operaciones de compactación y cumplan con los requisitos de los rodillos tándem de dos ruedas. El uso de rodillos vibrantes será permitido, debiendo la fiscalización aprobar sus características y su velocidad y frecuencia de vibración durante las operaciones.

- **Rodillo Neumático Múltiple**

Será de dos ejes y cinco ruedas como mínimo en el eje posterior y no menos de cuatro en el delantero dispuestas en forma que abarquen el ancho total cubierto por el rodillo (peso de 8 a 15 tn). La presión interior del aire en los neumáticos no será inferior a 3,50 kg/cm<sup>2</sup> (50 lbs/pulg<sup>2</sup>) y la presión transmitida por cada rueda será como mínimo de 35 kg/cm de ancho de la llanta de rodamiento.

- **Elementos Varios**

Durante la construcción de la base o carpeta se dispondrá en obra de: palas, rastrillo, cepillos de mangos largos, regadores de material bituminoso, volquetes para conducir mezcla bituminosa para retoque, pisones de mano metálicos y otros, de manera que la totalidad de los trabajos detallados en esta Especificación sean realizados con el máximo de eficiencia posible.

### **Forma de Ejecución**

#### a. Limpieza de la Superficie a Cubrir

Como tarea previa a la ejecución de la base o carpeta de concreto asfáltico se procederá a barrer la superficie existente que debe presentarse totalmente limpia, seca y desprovista de material suelto para poder iniciar las tareas.

#### b. Ejecución de un Riego de Liga

Finalizada la operación de limpieza, se procederá a ejecutar un “riego de liga” sobre la superficie existente con emulsión asfáltica de rotura rápida, en las cantidades establecidas anteriormente. El riego se repetirá igualmente sobre la superficie de cada capa al iniciar la subsiguiente.

El trabajo se efectuará tomando precauciones de rigor especialmente en lo referente a temperatura de aplicación, uniformidad en los riegos y colocación de capas en la iniciación y finalización de los mismos, cubriendo todo el ancho de aplicación en una longitud tal que impida la superposición de material.

Al material bituminoso aplicado se le permitirá desarrollar sus propiedades ligantes antes de distribuir la mezcla bituminosa. La Fiscalización determinará la duración de éste periodo para seguir posteriormente con el resto de las operaciones constructivas. El riego de liga no deberá ejecutarse con demasiada anticipación, ni muy próxima a la distribución de la mezcla bituminosa para evitar inconvenientes en ambos casos extremos. Todas las áreas de contacto de la mezcla bituminosa como bordes, cordones, etc., deberán recibir riego de liga.

#### c. Preparación de la Mezcla Bituminosa

El material asfáltico se calentará uniformemente en toda su masa, debiendo mantenerse con una variación máxima de 10 °C durante su empleo.

La humedad en los agregados pétreos se reducirá en forma tal de no pasar el 0,5% y la temperatura de los mismos estará comprendida entre 155°C y 185°C, en el momento de efectuarse la mezcla.

Los materiales componentes de la mezcla bituminosa se introducirán en el siguiente orden: los agregados pétreos ya calentados y medidos por peso o volumen se introducen en primer término, procediéndose a mezclarlos en seco por un breve tiempo para uniformarlos; a continuación, se introduce el relleno mineral continuándose el mezclado en seco, cuya duración total no será inferior a 15 (quince) segundos. Finalmente, se incorpora el material bituminoso caliente previamente medido en peso o volumen, continuándose con el mezclado total; ésta última y fundamental fase del mismo tendrá una duración no inferior a 30 (treinta) segundos.

La temperatura de la mezcla a la salida del mezclador no debe ser superior a 149 °C.

#### d. Transporte de la Mezcla Bituminosa

Se llevará a cabo en camiones volquetes.

#### e. Distribución de la Mezcla

Esta operación no se efectuará durante lluvias; si estas caen de improviso se esperará hasta que la superficie haya secado.

La temperatura mínima de distribución de la mezcla será de 120 °C.

La distribución de la mezcla se efectuará en capas según indiquen los Planos, las cuales deberán cumplir las condiciones de lisura y conformación especificadas más adelante.

Para efectuar la distribución se volcará la mezcla dentro de la tolva del dispositivo terminador a fin de ser posteriormente desparramada en el espesor suelto necesario para obtener el espesor compactado que se ha especificado.

Tanto las juntas longitudinales como transversales, que se producen durante la progresión del trabajo y al término de la jornada, deberán tratarse cortando los bordes respectivos en forma vertical.

En intersecciones, empalmes, secciones irregulares de calzada, etc., donde no pueda trabajarse con métodos mecánicos se podrán llevar a cabo las tareas empleando métodos manuales, volcando previamente la mezcla bituminosa en chapas metálicas ubicadas fuera de la zona donde se desparramará. La distribución previa se hará con palas calientes y el desparrame, utilizando rastrillos también calientes.

Para formar las juntas, ejecutado el corte vertical de los bordes se pintarán los mismos en toda su altura con riego de liga. Al empalmar carpetas antiguas con la nueva construcción, se elevará la temperatura de aquellas con pisones de hierro previamente calentados.

#### f. Cilindrado de la Mezcla

La mezcla asfáltica debe ser uniformemente cilindrada con rodillo neumático y aplanadora mecánica, comenzándose apenas la temperatura de la misma permita soportar sin desplazamientos excesivos el peso del equipo.

El rodillo neumático múltiple podrá comenzar a compactar inmediatamente detrás de la terminadora, variando la presión de sus ruedas de menor a mayor, hasta que la superficie quede lista. Detrás de él se compactará con la aplanadora mecánica, que cilindrará en forma longitudinal, sucesivo de medio ancho de rueda trasera. Se continuará el cilindrado hasta que todas las marcas de la aplanadora se hayan eliminado. Para evitar que la mezcla se adhiera a las ruedas de la aplanadora se mojarán sus rolos con agua, pero sin permitir que caiga agua libre sobre la carpeta.

Se considerará terminada la compactación cuando se obtenga un porcentaje de densidad no inferior al 93% (noventa y tres por ciento) de la densidad de 75 golpes por cara.

Las depresiones que se produzcan durante el cilindrado se corregirán escarificando o aflojando la mezcla distribuida y agregando nueva hasta eliminar las irregularidades.

#### g. Librado al Tránsito de la Carpeta

Terminadas las operaciones constructivas de la carpeta podrá librarse el pavimento al tránsito después de transcurrido un período de 24 horas de haberse finalizado aquellas: si se produjeran desprendimientos por el tránsito se volverá a cerrar temporalmente para hacer actuar nuevamente la aplanadora, aprovechando las horas de mayor calor.

#### h. Limitaciones Impuestas por el Clima

Los trabajos detallados de carpeta asfáltica y base no podrán llevarse a cabo cuando la temperatura a la sombra sea inferior a 10° C o durante días lluviosos.

## **Controles**

Las muestras de los agregados pétreos y relleno mineral se tomarán en el campo y transportarán al laboratorio de ensayos y se ensayarán como se especifica más adelante.

Los gastos de los ensayos y transporte de las muestras correrán por cuenta del Contratista, quien no tendrá a su cargo los gastos de ensayos en el laboratorio de Fiscalización.

## **Condiciones Adicionales para la recepción**

### a. Espesores y Anchos

Terminadas las operaciones constructivas y antes de la ejecución de la subsiguiente, se procederá a medir el espesor de cada capa.

### b. Control de Espesores

Se efectuará cada 50 (cincuenta) metros lineales en forma alternada siguiendo la regla: borde izquierdo, centro, borde derecho, etc. el espesor individual de cada perforación no podrá diferir en más o en menos de un 10 % del Promedio de todas las perforaciones en tramos de 500 (quinientos) metros lineales por el ancho total de base o carpeta, y a su vez dicho promedio no será inferior al espesor especificado.

### c. Control de Anchos

Se llevará a cabo cada 25 (veinticinco) metros, no tolerándose ninguna diferencia en defecto con respecto al ancho establecido en los Planos para base y carpeta terminadas.

### d. Espesores y Anchos defectuosos

Cualquier espesor o ancho defectuoso de base o carpeta terminadas que se encuentre fuera de la tolerancia será objeto de la rectificación respectiva por

cuenta exclusiva del Contratista, quien llevará a cabo, bajo su costo, las operaciones constructivas, y el aporte de materiales necesarios para dejar el pavimento en las condiciones establecidas por éstas Especificaciones.

e. Sección transversal

Colocando un gálibo con la sección transversal indicada en los planos, el mismo no acusará diferencias mayores de 4 (cuatro) milímetros con respecto a la base y carpeta terminadas.

f. Lisura

La base y carpeta terminadas no acusarán depresiones en su superficie mayores de 5 (cinco) milímetros con respecto a la regla 3 (tres) metros colocada en sentido longitudinal.

g. Conservación

Consistirá en el mantenimiento en perfectas condiciones de la superficie de base y carpeta terminadas puesta en servicio y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese.

h. Equipos y Materiales

El Contratista deberá disponer en obra los elementos, equipos y materiales que permitan ejecutar la conservación efectiva del trabajo ejecutado.

**Método de Medición**

La medición de la “carpeta de concreto asfáltico” se efectuará en metros cúbicos de capas de pavimento terminado y recibido de acuerdo con estas Especificaciones, cuyo volumen será resultante de la longitud ejecutada por el ancho y espesor indicado en los planos.

---

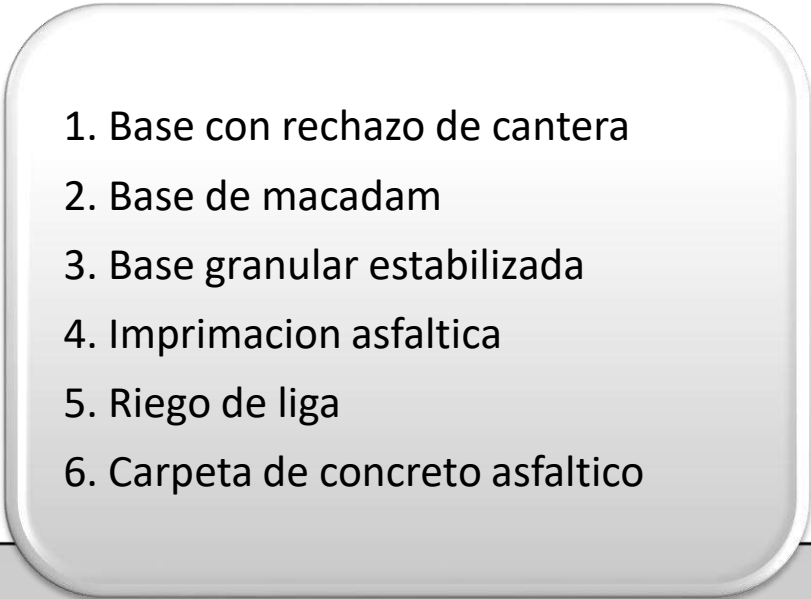
## CAPITULO 6

### COSTO Y ANÁLISIS COMPARATIVO

En este capítulo se tendrá tres alternativas de base económica, la primera la base de rechazo cantera que es el tema de estudio, la segunda la base tipo Macadam y la tercera base estabilizada. Se demostrará que el rechazo de cantera es una alternativa más factible en comparación a las demás alternativas.

#### 6.1. Análisis de costo unitario

Seguidamente, se tiene el costo unitario, esto teniendo en cuenta el costo de los materiales, el rendimiento, mano de obra sin considerar el transporte de los mismos.

- 
1. Base con rechazo de cantera
  2. Base de macadam
  3. Base granular estabilizada
  4. Imprimacion asfaltica
  5. Riego de liga
  6. Carpeta de concreto asfaltico

### **COSTO UNITARIO 1- BASE CON RECHAZO DE CANTERA**

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS					
Fecha Marzo 2019	ITEM: BASE DE RECHAZO DE CANTERA			UNIDAD: m3	
A- EQUIPOS -DESCRIPCION		CANTIDAD	COSTO HORARIO UNITARIO	COSTO HORARIO TOTAL	
Motoniveladora	CAT.14G	3,9500	378.500	1.495.075	
Compactador Liso	CC-43 VIBRO	0,7500	281.500	211.125	
Compactador Neumatico	CP-27 -CP30	0,750	231.700	173.775	
Tractor con rastra	ROME	0,750	177.200	132.900	
Camión volquete	12 m3	1,100	414.000	455.400	
				-	
				-	
				-	
Equip. Menor y herr		10%	14.648	14.648	
A- TOTAL EQUIPOS			A=	2.482.923	
B- MANO DE OBRA		NUMERO	HORAS	JORNAL HORARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Ayudante	2		4	18.310	146480
					0
					0
B- TOTAL MANO DE OBRA			B=	146480	
C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H		164,00		2629403	
D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C			D=	16.032,95	
E- MATERIALES		UNIDAD	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
Destape de Cantera	tn		1,35	27000	36450
Piedra triturada	tn		0,22	65000	14300
					0
					0
E- COSTO MATERIALES			E=	50750	
F- TRANSPORTE		D.M.T.	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
					0
					0
F- COSTO TRANSPORTE			F=	0	
G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)			G=	66.782,95	
H- GASTOS GENERALES			20%	13.356,59	
I- BENEFICIOS E IMPUESTOS			10%	6.678,29	
PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)				86.817,83	
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				86.820,00	

Tabla 19 Costo Unitario de base de rechazo de cantera

## COSTO UNITARIO 2 – BASE DE MACADAM

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS					
Fecha Marzo 2019	ITEM: BASE DE MACADAM			UNIDAD: m3	
<b>A- EQUIPOS -DESCRIPCION</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO HORARIO UNITARIO</b>	<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>	
Motoniveladora	CAT.14G	3,9500	378.500	1.495.075	
Compactador Liso	CC-43 VIBRO	0,7500	281.500	211.125	
Compactador Neumatico	CP-27 -CP30	0,750	231.700	173.775	
Regador de Agua		0,450	179.400	80.730	
Tractor con rastra	ROME	0,750	177.200	132.900	
Camión volquete	12 m3	0,800	414.000	331.200	
				-	
				-	
				-	
Equip. Menor y herr		10%	14.648	14.648	
<b>A- TOTAL EQUIPOS</b>			<b>A=</b>	<b>2.439.453</b>	
<b>B- MANO DE OBRA</b>		<b>NUMERO</b>	<b>HORAS</b>	<b>JORNAL HORARIO</b>	<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>
Ayudante	2		4	18.310	146480
					0
					0
<b>B- TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>B=</b>	<b>146480</b>	
<b>C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H</b>		<b>164,00</b>		<b>2585933</b>	
<b>D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C</b>			<b>D=</b>	<b>15.767,88</b>	
<b>E- MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
Piedra 0	tn		1,35	55000	74250
Piedra triturada	tn		0,22	65000	14300
					0
					0
<b>E- COSTO MATERIALES</b>			<b>E=</b>	<b>88550</b>	
<b>F- TRANSPORTE</b>		<b>D.M.T.</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
					0
					0
<b>F- COSTO TRANSPORTE</b>			<b>F=</b>	<b>0</b>	
<b>G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)</b>			<b>G=</b>	<b>104.317,88</b>	
<b>H- GASTOS GENERALES</b>			20%	20.863,58	
<b>I- BENEFICIOS E IMPUESTOS</b>			10%	10.431,79	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)</b>				<b>135.613,25</b>	
<b>PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>				<b>135.610,00</b>	

Tabla 20 Costo Unitario de base de Macadam

### **COSTO UNITARIO 3 – BASE GRANULAR ESTABILIZADA**

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS				
Fecha Marzo 2019	ITEM: BASE ESTABILIZADA			UNIDAD: m <sup>3</sup>
A- EQUIPOS -DESCRIPCION		CANTIDAD	COSTO HORARIO UNITARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Motoniveladora	CAT. 14G	6,4500	378.500	2.441.325
Compactador Liso	CC-43 VIBRO	3,7500	381.500	1.430.625
Compactador Neumatico	CP-27 -CP30	3,700	231.700	857.290
Regador de Agua		0,450	179.400	80.730
Motobomba	8"	1,250	7.650	9.563
Distribuidora de Piedra- Aridos		0,850	230.173	149.613
Retroexcavadora	CAT 325	1,100	315.000	346.500
				-
				-
Equip. Menor y herr		10%	27.465	27.465
A- TOTAL EQUIPOS			A=	5.343.110
B- MANO DE OBRA	NUMERO	HORAS	JORNAL HORARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Ayudantes	2	7,5	18.310	274650
Oficial				
B- TOTAL MANO DE OBRA			B=	274650
C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H		225,00		5617760,101
D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C			D=	24.967,82
E- MATERIALES	UNIDAD	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
Canon de suelo	m <sup>3</sup>	0,65	2500	1625
Piedra Triturada	Tn	2,65	65000	172250
				0
				0
E- COSTO MATERIALES			E=	173875
F- TRANSPORTE	D.M.T.	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
				0
				0
F- COSTO TRANSPORTE			F=	0
G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)			G=	198.842,82
H- GASTOS GENERALES			20%	39.768,56
I- BENEFICIOS E IMPUESTOS			10%	19.884,28
PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)				258.495,67
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				258.500,00

Tabla 21 Costo Unitario de base granular estabilizada

### COSTO UNITARIO 4 – IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS				
Fecha	ITEM: <u>Impresion asfaltica</u>			UNIDAD: m2
Marzo 2019				
A- EQUIPOS -DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO UNITARIO	COSTO HORARIO TOTAL	
Barredora - Sopladora	1,45	67.250	97.513	
Compresor de Aire	SULL-AIR 2,55	72.350	184.493	
Camión regador de asfalto	0,45	169.400	76.230	
Retroexcavadora - Cargadora	CAT 416E 0,55	145.000	79.750	
Tractor agrícola	VALTRA 2,55	177.200	451.860	
			-	
			-	
			-	
			-	
			-	
Equip. Menor y herr	5%	552.998	27.650	
<b>A- TOTAL EQUIPOS</b>		<b>A=</b>	<b>917.495</b>	
B- MANO DE OBRA	NUMERO	HORAS	JORNAL HORARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Ayudantes	1	21,5	19.131	411.312
Oficial	1	5,5	25.761	141.685
Oficial Especializado			35.990	-
<b>B- TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>B=</b>	<b>552.998</b>
<b>C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H)</b>		<b>815,000</b>		<b>1.470.493</b>
<b>D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C</b>			<b>D=</b>	<b>1.804,29</b>
E- MATERIALES	UNIDAD	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
Emulsión asfáltica	l	1,35	3.250	4.388
Arena lavada	m3	0,01	15.415	154
				0
<b>E- COSTO MATERIALES</b>			<b>E=</b>	<b>4541,65</b>
F- TRANSPORTE	D.M.T.	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
De suelo				-
				0
<b>F- COSTO TRANSPORTE</b>			<b>F=</b>	<b>0</b>
<b>G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)</b>			<b>G=</b>	<b>6.345,94</b>
<b>H- GASTOS GENERALES</b>			20%	1.269,19
<b>I- BENEFICIOS E IMPUESTOS</b>			10%	653,63
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)</b>				<b>8.268,75</b>
<b>PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>				<b>8.270,00</b>

Tabla 15 Costo Unitario de Imprimación asfáltica

### COSTO UNITARIO 5 – RIEGO DE LIGA

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS				
Fecha	ITEM: Riego de Liga			UNIDAD:
Marzo 2019				m2
<b>A- EQUIPOS -DESCRIPCION</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO HORARIO UNITARIO</b>	<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>
Barredora-Sopladora		1,5700	67.250	105.583
Compresor de aire	SULL-AIR	1,750	72.350	126.613
camión regador de asfalto		0,750	169.400	127.050
tractor agrícola	VALTRA	1,750	177.200	310.100
Equip. Menor y herr		5%	266.923	13.346
<b>A- TOTAL EQUIPOS</b>			<b>A=</b>	<b>682.691</b>
<b>B- MANO DE OBRA</b>		<b>NUMERO</b>	<b>HORAS</b>	<b>JORNAL HORARIO</b>
Ayudantes		1	12,0	19.131
Oficial		1	1,5	25.761
Oficial Especializado				35.990
<b>B- TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>B=</b>	<b>266.923</b>
<b>C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H)</b>		715,000		949.614
<b>D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C</b>			<b>D=</b>	<b>1.328,13</b>
<b>E- MATERIALES</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>COSTO</b>
Material RR1C		lt	0,5000	4.500
Gas Oil		lt	0,0104	5.860
				0
<b>E- COSTO MATERIALES</b>			<b>E=</b>	<b>2310,944</b>
<b>F- TRANSPORTE</b>		<b>D.M.T.</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>COSTO</b>
				0
<b>F- COSTO TRANSPORTE</b>			<b>F=</b>	<b>0</b>
<b>G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)</b>			<b>G=</b>	<b>3.639,08</b>
<b>H- GASTOS GENERALES</b>			20%	727,82
<b>I- BENEFICIOS E IMPUESTOS</b>			10%	374,82
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)</b>				<b>4.741,72</b>
<b>PRECIO UNITARIO ADOPTADO</b>				<b>4.740,00</b>

Tabla 16 Costo Unitario de Carpeta de riego de liga

### **COSTO UNITARIO 6 – CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO**

DETERMINACION DE PRECIOS UNITARIOS				
Fecha Marzo 2019	ITEM: Carpeta de concreto asfáltico			UNIDAD: m3
A- EQUIPOS -DESCRIPCION		CANTIDAD	COSTO HORARIO UNITARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Vibroacabadora	VDA 600BM	0,85	262.500	223.125
Compactador liso - tándem	CAT CB534D	0,75	243.500	182.625
Compactador neumático	CAT PS150C	0,75	231.700	173.775
Equip. Menor y herr		5%	140.546	7.027
A- TOTAL EQUIPOS			A=	586.552
B- MANO DE OBRA	NUMERO	HORAS	JORNAL HORARIO	COSTO HORARIO TOTAL
Ayudantes	6	1,0	19.131	114.785
Oficial	1	1,0	25.761	25.761
Oficial Especializado	0	0,0	35.990	-
B- TOTAL MANO DE OBRA			B=	140.546
C- RENDIMIENTO DEL EQUIPO: (UN/H)		15,500		727.098
D- COSTO UNITARIO (sin material ni transporte)=(A+B)/C			D=	46.909,56
E- MATERIALES	UNIDAD	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
Mezcla Asfáltica	tn	2,4150	367.500	887.513
				0
E- COSTO MATERIALES			E=	887512,5
F- TRANSPORTE	D.M.T.	CONSUMO	COSTO	COSTO UNITARIO
				0
F- COSTO TRANSPORTE			F=	0
G- COSTO UNITARIO TORAL (costo directo) (D+E+F)			G=	934.422,06
H- GASTOS GENERALES			20%	186.884,41
I- BENEFICIOS E IMPUESTOS			10%	96.245,47
PRECIO UNITARIO TOTAL (G+H+I)				1.217.551,94
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				1.217.550,00

Tabla 17 Costo Unitario de carpeta de concreto asfáltico

## 6.2. Comparación de costos unitarios de bases

En la siguiente tabla se observa los costos unitarios de las tres bases seleccionadas para el análisis comparativo.

RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE BASES				
Item	Descripción - BASES	Unidad de medida	Precio unitario en Gs.	
N°				
1.1	Base de rechazo de cantera	m <sup>3</sup>	86.820	Gs/m <sup>3</sup>
1.2	Base Macadam	m <sup>3</sup>	135.610	Gs/m <sup>3</sup>
1.3	Base granular estabilizada	m <sup>3</sup>	258.500	Gs/m <sup>3</sup>

Tabla 22 Resumen de costos unitarios de bases.

- *Obs. La base de rechazo de cantera es menor a las demás alternativas.*

A continuación, se demuestra en gráfico el resultado de análisis comparativo. Dando como mejor alternativa de base económica la base de rechazo de cantera.

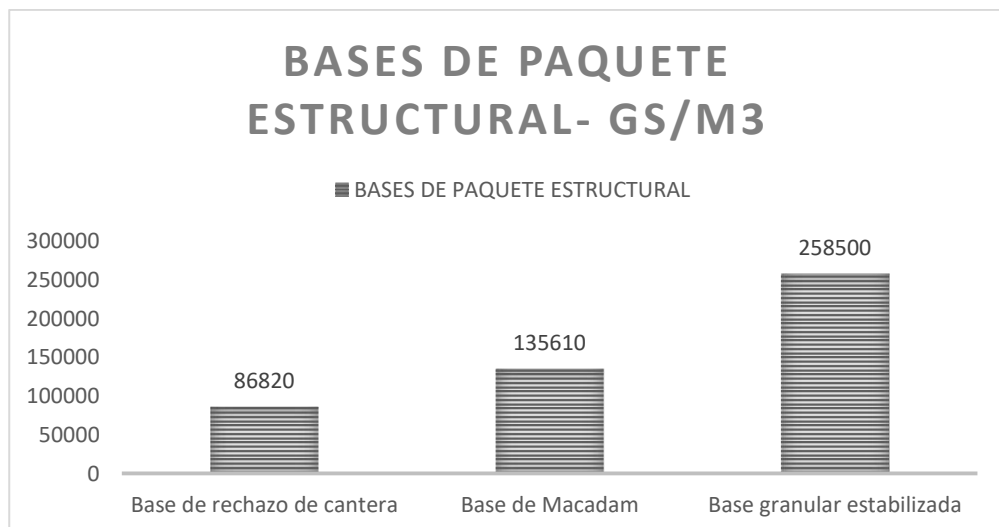


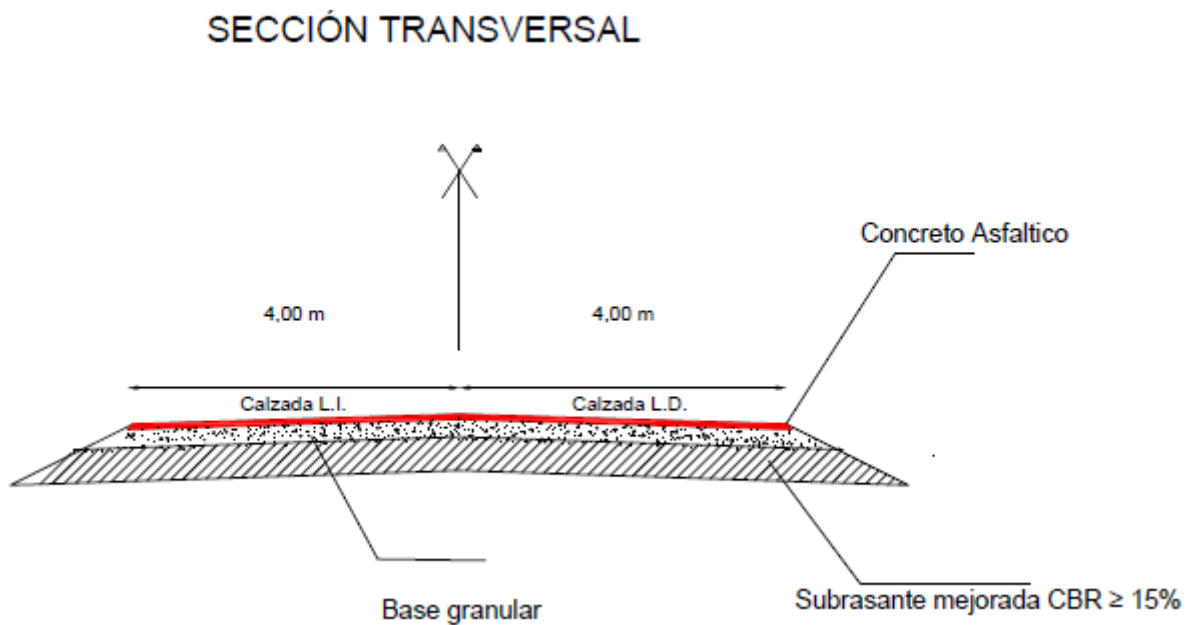
Ilustración 41 Gráfico de costos de bases.

El costo unitario de la base de rechazo de cantera es 66.41 % menos costoso que la base granular estabilizada y 35.98 % menos costoso que la base de macadam.

### 6.3. Estructura del paquete estructural propuesto

Teniendo en cuenta un camino vecinal con 1 km de longitud y 8 metros de ancho procederemos a la representación gráfica y económica del paquete estructural para un camino de todo tiempo. Las bases a tener en cuenta serán el material en estudio que es el rechazo de cantera, el macadam y la base granular estabilizada.

El paquete estará compuesto de la siguiente manera:



La subrasante se considerará ya preparada con un CBR mín de 15% y la estructuración será solo de la superestructura.

En la siguiente tabla se dispone la dimensión de las bases de cada paquete estructural que se considerará posteriormente:

La unidad de medida que se considerará para las bases es en m<sup>3</sup> especificado en la tabla y para el concreto asfáltico se considerará un espesor de 4 cm con un ancho de 8 metros.

<b>BASES</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho(m)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Unidad</b>	
RECHAZO	1000	8	0,3	2400	m <sup>3</sup>
MACADAM	1000	8	0,3	2400	m <sup>3</sup>
GRANULAR EST	1000	8	0,2	1600	m <sup>3</sup>

Tabla 23 Dimensión de bases.

❖ Estructura del pavimento con base de rechazo de cantera

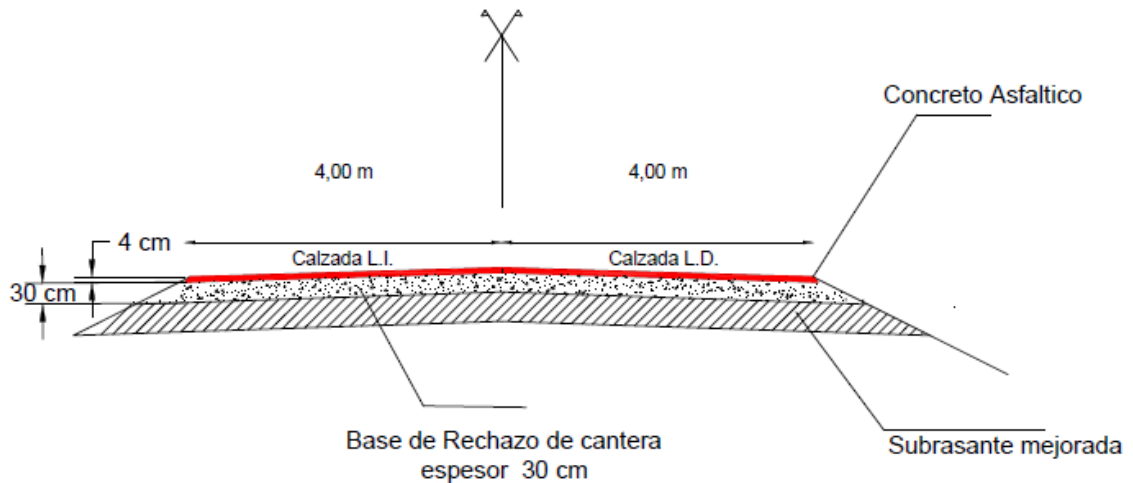
ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO PROPUESTO CON BASE DE RECHAZO DE CANTERA					
Item N°	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio unitario en Gs.	Precio Total (Gs/km)
2.1	Base de rechazo de cantera	m <sup>3</sup>	2.400	86.820	208.368.000
2.2	Carpeta de Concreto Asfáltico	m <sup>3</sup>	320	1.217.550	389.616.000
2.3	Tratamiento Superficial Simple	m <sup>2</sup>	8.000	10.550	84.400.000
2.4	Imprimación Asfáltica	m <sup>2</sup>	8.000	8.270	66.160.000
2.5	Riego de Liga	m <sup>2</sup>	8.000	4.740	37.920.000
<b>TOTAL (GS)</b>					<b>786.464.000</b>

Tabla 24 Estructura del pavimento con base de rechazo de cantera.

Observación: Un paquete estructural con base de rechazo de cantera tendrá un costo de 786.464.000 Gs/Km

**Diseño tipo**

SECCIÓN TRANSVERSAL CON BASE DE RECHAZO DE CANTERA



esc: 1/75

Ilustración 43 Sección transversal de diseño tipo con base de rechazo de cantera.

❖ **Estructura del pavimento con base Macadam**

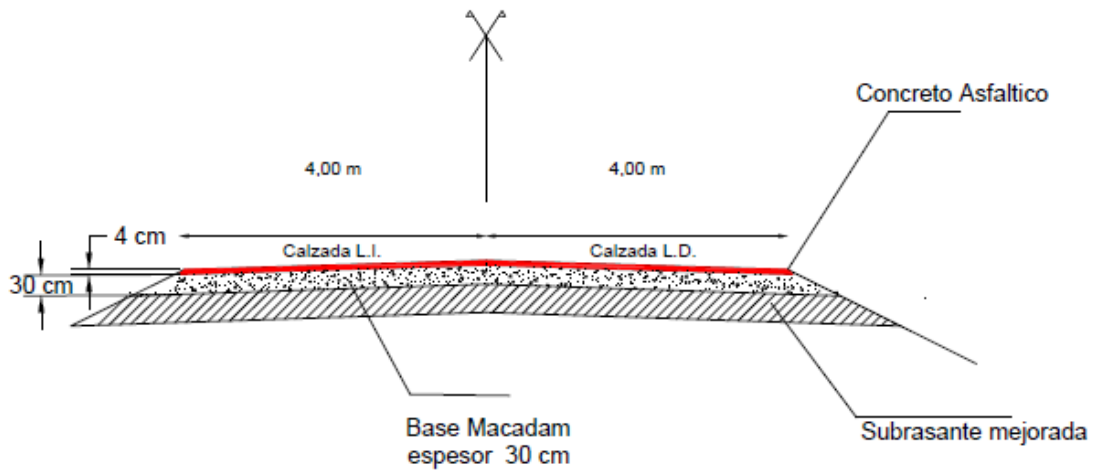
ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO PROPUESTO CON BASE DE MACADAM					
Item N°	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio unitario en Gs.	Precio Total (Gs/km)
2.1	Base Macadam	m <sup>3</sup>	2.400	135.610	325.464.000
2.2	Carpeta de Concreto Asfáltico	m <sup>3</sup>	320	1.217.550	389.616.000
2.3	Tratamiento Superficial Simple	m <sup>2</sup>	8.000	10.550	84.400.000
2.4	Imprimación Asfáltica	m <sup>2</sup>	8.000	8.270	66.160.000
2.5	Riego de Liga	m <sup>2</sup>	8.000	4.740	37.920.000
<b>TOTAL (GS)</b>					<b>903.560.000</b>

Tabla 25 Estructura del pavimento con base Macadam

Observación: Un paquete estructural con base Macadam tendrá un costo de 903.560.000 Gs/Km

**Diseño tipo**

**SECCIÓN TRANSVERSAL CON BASE MACADAM**



esc: 1/75

Ilustración 44 Sección transversal de diseño tipo con base Macadam.

❖ **Estructura del pavimento con base granular estabilizada**

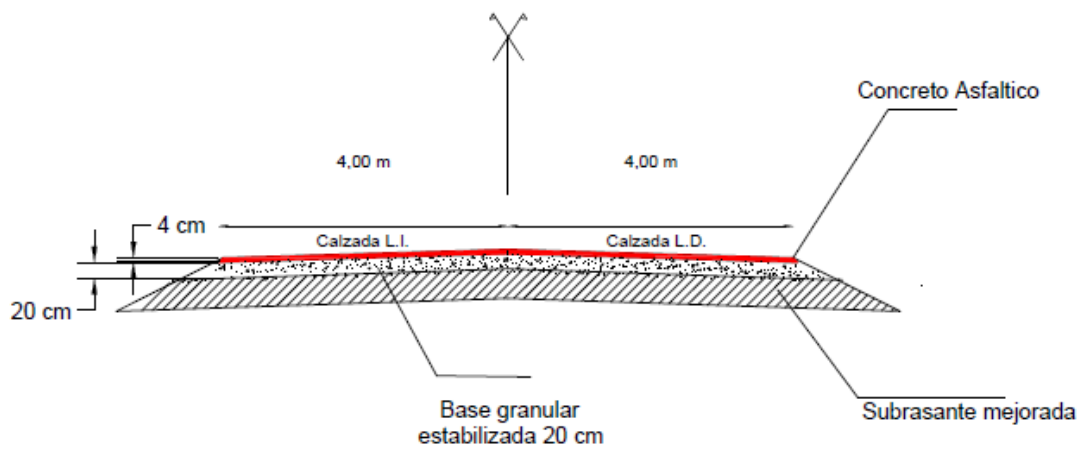
ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO PROPUESTO COM BASE GRANULAR ESTABILIZADA					
Item N°	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio unitario en Gs.	Precio Total (Gs/km)
2.1	Base granular estabilizada	m <sup>3</sup>	1.600	258.500	413.600.000
2.2	Carpeta de Concreto Asfáltico	m <sup>3</sup>	320	1.217.550	389.616.000
2.3	Tratamiento Superficial Simple	m <sup>2</sup>	8.000	10.550	84.400.000
2.4	Imprimación Asfáltica	m <sup>2</sup>	8.000	8.270	66.160.000
2.5	Riego de Liga	m <sup>2</sup>	8.000	4.740	37.920.000
<b>TOTAL (GS)</b>					<b>991.696.000</b>

Tabla 26 Estructura del pavimento con base granular estabilizada.

Obs. Un paquete estructural con base granular estabilizada tendrá un costo de 991.696.000 Gs/Km

**Diseño tipo**

**SECCIÓN TRANSVERSAL CON BASE GRANULAR ESTABILIZADA**



esc: 1/75

Ilustración 45 Sección transversal de diseño tipo con base.

#### 6.4. Resultado de análisis comparativo de las estructuras del pavimento.

Paquetes estructurales	Precio Total	
Con base de rechazo de cantera	786.464.000	(Gs/Km)
Con base Macadam	903.560.000	(Gs/Km)
Con base granular estabilizada	991.696.000	(Gs/Km)

Tabla 27 Resultado de análisis comparativo de la estructuración del pavimento.

El costo del paquete estructural con base de rechazo de cantera es 12.95 % menos costoso que el paquete estructural con base granular estabilizada y 20.70 % menos costoso que el paquete estructural con base de macadam.

Por tanto se concluye que para 1 km de camino vecinal con 8 metros de ancho el más económico será el paquete estructural con base de rechazo de cantera.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSION

- A través del estudio del material denominado “rechazo de cantera”, se verifica la posibilidad de utilización como base, dentro de un paquete estructural de bajo volumen de tráfico, pues dicho material cumple las especificaciones técnicas de la dirección de caminos vecinales del Ministerio de Obras Públicas.
- Se adoptó la cantera de Aguapety para la realización de la especificación técnica porque cumple los criterios requeridos para su elección y también por su capacidad de proveer en mayor cantidad los materiales en comparación a las otras canteras analizadas.
- Además de verificar la ventaja de la utilización del material estudiado, no solo individualmente, sino como parte de un paquete estructural. Ya que si es comparado con el costo final de una estructura con base granular estabilizada, se evidencia que éste es 12.95% menos costoso y 20.70% menos costoso que el paquete estructural con base de macadam.
- Por todo lo anteriormente demostrado, se concluye que el material denominado “rechazo de cantera” es una alternativa viable, técnica y económicamente aceptable.

## **7.2. RECOMENDACIÓN**

- Con el objeto de fomentar el desarrollo del trabajo final de grado con énfasis en la investigación, se recomienda que la Facultad de Ciencias y Tecnologías inicie las labores de construcción y puesta en marcha de laboratorios en el área civil y vial.
- Debido a la carencia de especificaciones técnicas en la utilización de este material como parte de un paquete estructural, se sugiere el desarrollo de normas técnicas que puedan ser utilizadas a nivel país, en caminos vecinales.
- Fomentar la inclusión dentro de la malla curricular del área civil, un plan de visitas y pasantías a obras viales.

**ANEXO**

**ENSAYOS DE CANTERA DE  
CARAYAÓ**

### Ensayos de Análisis Granulométrico

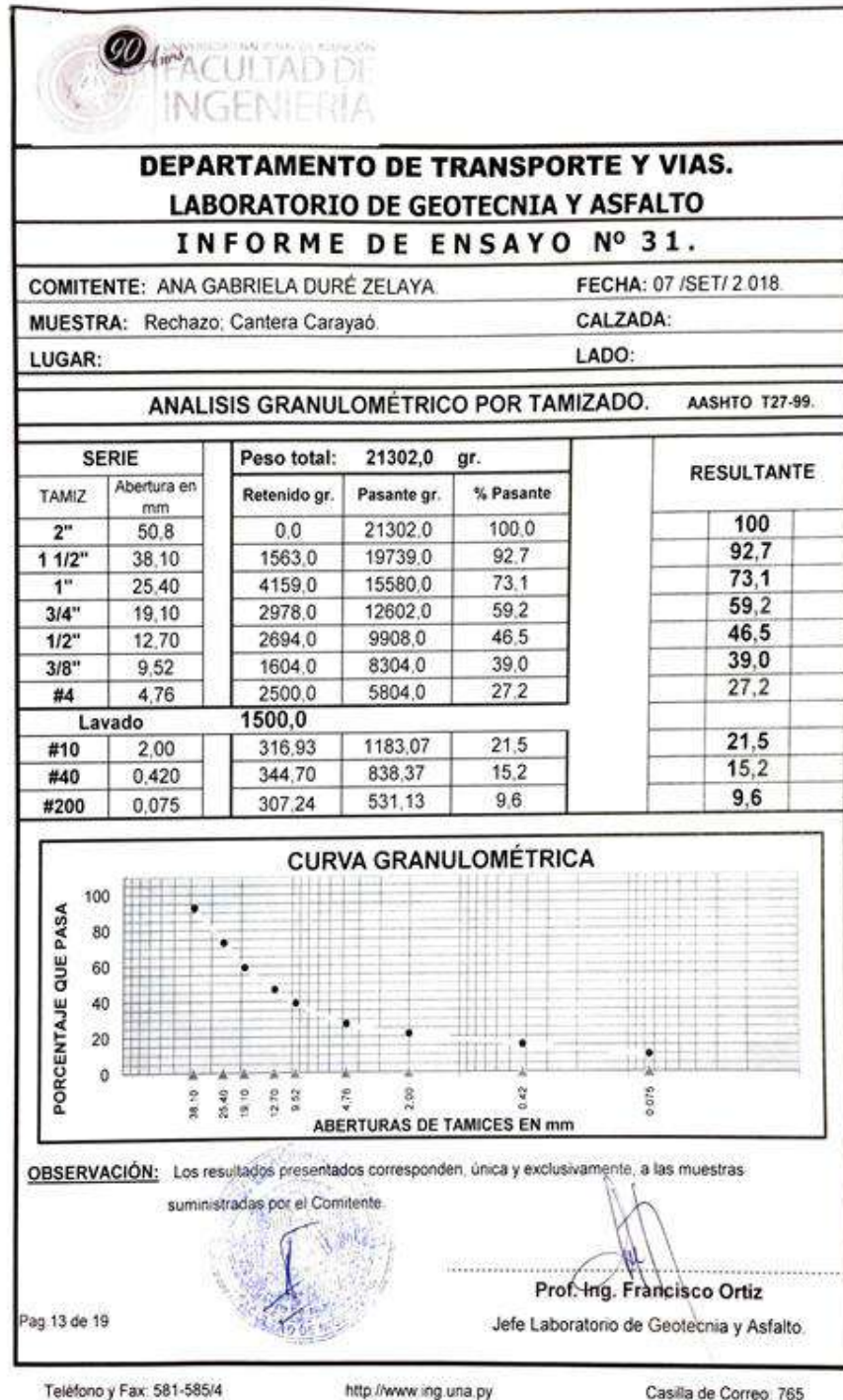



Ilustración 46 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Carayaó.

### Ensayos de Límites de Atterberg



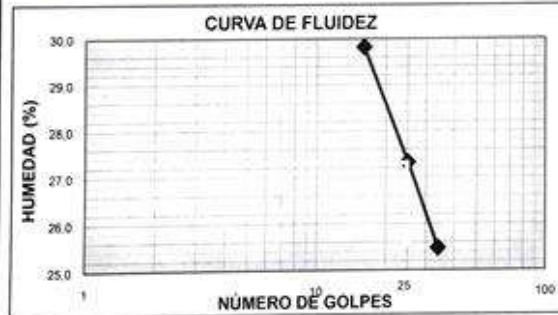
**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**  
**INFORME DE ENSAYO N° 31.**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**

COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA      FECHA: 29 /MAY/ 2 018  
MUESTRA: Rechazo: Cantera Carayaó.

MÉTODO: AASHTO T89-68		LÍMITE LÍQUIDO			
1	Cápsula	N°	J	G	H
2	Golpes.	N°	34	25	16
3	Peso Cáps. + Suelo Húmedo.	gr.	47.63	49.30	48.27
4	Peso Cáps. + Suelo Seco	gr.	39.86	41.21	39.34
5	Peso Agua	(3 - 4) gr.	7.77	8.09	8.93
6	Peso Cápsula	gr.	9.36	11.6	9.39
7	Peso Suelo Seco.	(4 - 6) gr.	30.5	29.61	29.95
8	<b>HUMEDAD</b>	5/7 * 100 %	<b>25,5</b>	<b>27,3</b>	<b>29,8</b>

MÉTODO: AASHTO T90-70		LÍMITE PLÁSTICO		
1	Cápsula	N°	K	I
2	Peso Cáps. + Suelo Húmedo.	gr.	23.02	24.16
3	Peso Cáps. + Suelo Seco.	gr.	21.14	22.15
4	Peso Agua	(2 - 3) gr.	1.88	2.01
5	Peso Cápsula	gr.	11.11	11.62
6	Peso Suelo Seco.	(3 - 5) gr.	10.03	10.53
7	<b>HUMEDAD</b>	4/6 * 100 %	<b>18,7</b>	<b>19,1</b>




**RESULTADOS:**  
LL = 27.3%  
LP = 18.9%  
IP = 8.4%

**GRANULOMETRÍA:**  
Pas. # 10: 21.4%  
Pas. # 40: 15.2%  
Pas. # 200: 9.6%

Obs: Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el comitente.

**Clasificación AASHTO: A-2-4 ig: 0**



Prof. Ing. Francisco Ortiz  
Jefe Laboratorio Geotecnia y Asfalto.

Pag. 16 de 19

Ilustración 47 Resultado de ensayo de Límites de Atterberg de la cantera de Carayaó.

Ensayos de compactación

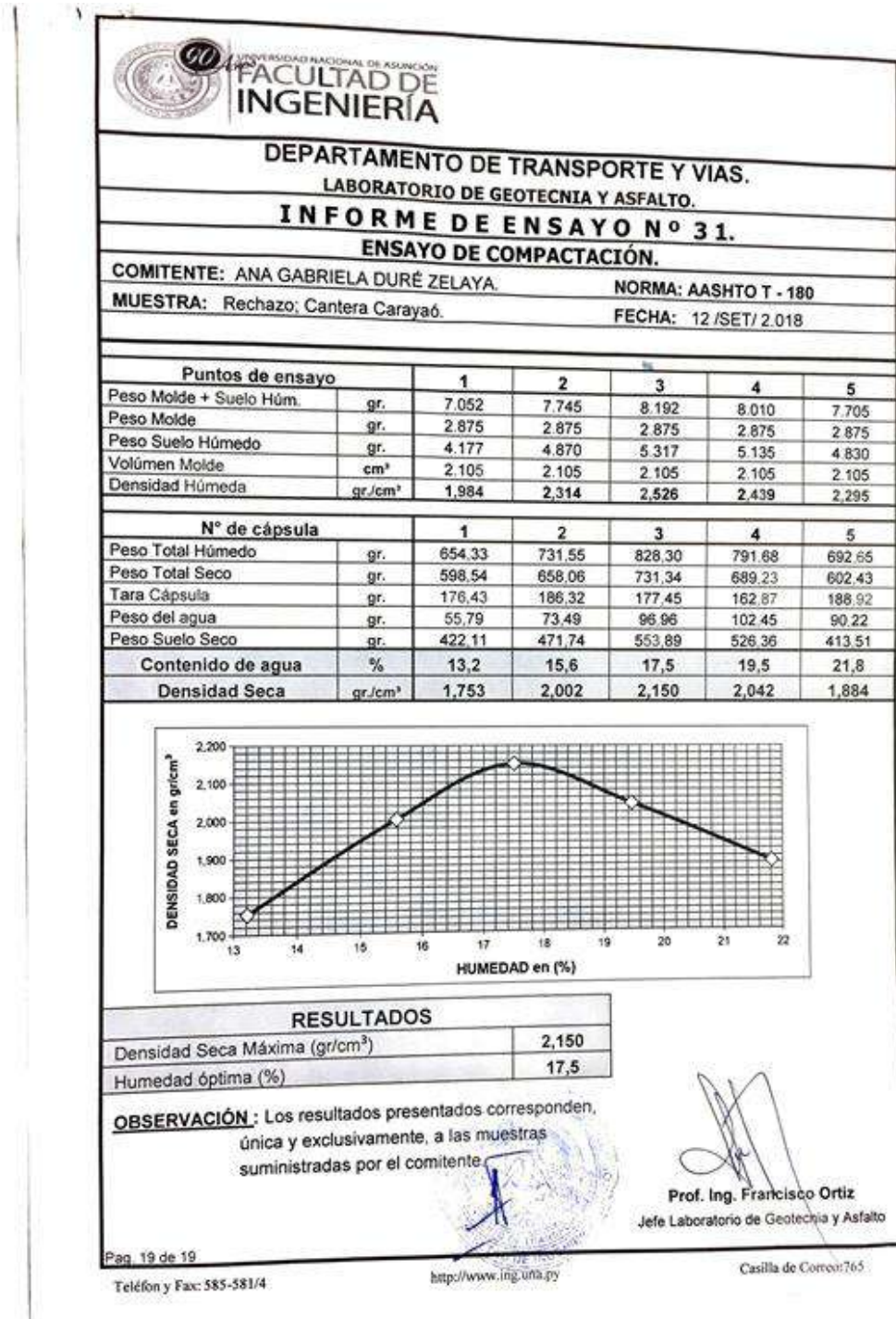



Ilustración 48 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Carayaó

### Ensayo de C.B.R



**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**  
**INFORME DE ENSAYO N° 31.**  
**ENSAYO DE C.B.R.**

<b>COMITENTE:</b> ANA GABRIELA DURE ZELAYA		<b>Nro. De Golpes:</b> 61	<b>NORMA:</b> AASHTO T - 193	
<b>MUESTRA:</b> Rechazo, Cantera Carayaó		<b>Nro. de Capas:</b> 5	<b>Fecha Moldeo:</b> 14 /SET/ 2018	
		<b>Martillo (lbs):</b> 10	<b>Fecha Rotura:</b> 18 /SET/ 2018	

Datos de Ensayo.				Datos de Compactación.			
Molde N°: 17	Altura: 12,65	Peso del Molde (gr.): 4216	D.M.S.: gr/cm <sup>3</sup> : 2,150				
Esp. de Compact.: T - 180		Vol. Del Molde (gr/cm <sup>3</sup> ): 2311	Hum. Opt.: 17,5				

Preparación.				Expansión.				Penetración.																	
1	Molde N°	17		1	Día	2	Hora	3	Lect.	4	Expan. %	1	Tiempo minutos	2	Penetrac. mm	3	Lectura Deflect	4	Presion Calcul	5	Conseg	6	C.B.R. %		
2	Peso mat. + Suelo Hum.	gr	10065	0	11:00	0	0,000	0,5	0,63	32,0	8,68	1	1,27	88,0	23,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	Peso del Molde	gr	4216	1	11:00	0	0,000	1,5	1,9	127,0	34,69	2	2,54	178,0	49,25	52	74,0	-	-	-	-	-	-	-	
4	Peso Suelo Hum.	gr	5849	2	11:00	0	0,000	3	3,81	272,0	75,20	3	3,81	272,0	75,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	Dens. Hum.	gr/cm <sup>3</sup>	2,531	4	11:00	0	0,000	4	5,08	365,0	100,92	105	99,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Cápsula N°	10 9		5	Factor:	5000 k		6	7,62	490,0	135,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Peso Cáps. + S. Hum.	gr	838,30	7	Pistón:	18,85 cm <sup>2</sup>		7	8,9	10,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Peso Cáps. + S. Seco	gr	739,73	8	Aro:	5000 k		8	10,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Peso Agua	gr	98,57	9				9	12,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Peso Cápsula	gr	183,07	10				10	12,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Peso Suelo Seco	gr	556,66	11				11																	
12	Humedad (R(1)/100)	%	17,7	12				12																	
13	Prom. de Humedad	%	17,7	13				13																	
14	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	2,150	14				14																	
15	Def. De Humedad	%	0,2	15				15																	
16	Compactación	%	100,0%	16				16																	

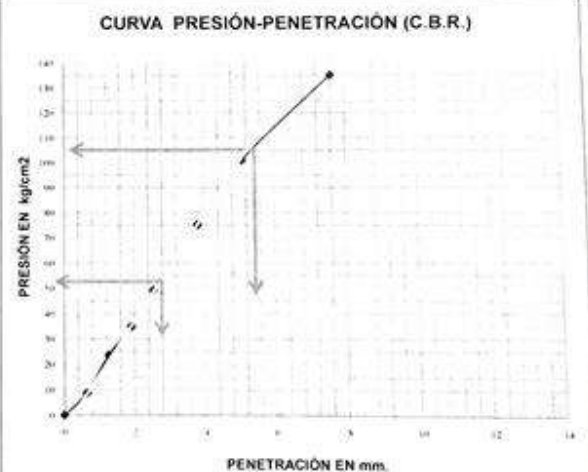
  

Humedad Después del Ensayo.					
1	Cápsula N°	5	7	6	
2	P. Cáps. + S. Hum.	(gr)	771,28	799,54	840,90
3	P. Cáps. + S. Seco	(gr)	672,68	705,56	739,83
4	Peso Agua	(gr)	98,60	93,98	101,07
5	Peso Cápsula	(gr)	178,26	188,54	206,52
6	Peso Suelo Seco	(gr)	494,42	517,02	533,31
7	Humedad	(%)	19,9	18,2	19,0
8	Prom. Humedad	(%)	19,0		

Resúmen Del Ensayo.			
Expansión Final	%	0,0	
Humedad De Moldeo	%	17,7	
Hum. Desp. Del Ensayo	%	19,0	
Humedad Absorbida	%	1,3	
C.B.R.	%	100	


  




**CURVA PRESIÓN-PENETRACIÓN (C.B.R.)**

Y-axis: PRESIÓN EN kg/cm<sup>2</sup> (0 to 140)  
X-axis: PENETRACIÓN EN mm. (0 to 14)

OBS.: Material para TFG, Universidad Nacional de Caaguazú





**Prof. Ing. Francisco Ortiz**  
Jefe de Laboratorio Geotecnia y Asfalto.

Pag. 4 de 19

Teléfono y Fax: 585-5814      http://www.unca.edu.py      Caaguazú, Correo 765

Ilustración 49 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Carayaó

### Ensayos de equivalente de arena



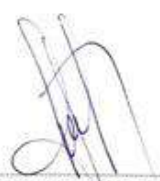

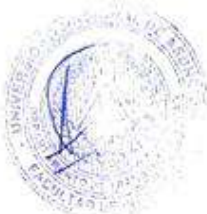

			
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b>			
<b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° 3 1.</b>			
<b>EQUIVALENTE DE ARENA.</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.		FECHA: 13/SET/2.018.	
LUGAR: Cantera Carayaó.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera. Pasante del # 4.			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90; IRAM 1682/92.			
1	<b>Determinación N°</b>		1
2	LECTURA "A" (arcilla)		10,4
3	LECTURA "B" (arena)		3,6
4	EQUIVALENTE DE ARENA	%	<b>34,6</b>
			
			
<b>Prof. Ing. Francisco Ortiz.</b> Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto			
Pag. 10 de 19			
Teléfono y Fax: 585-581/4		http://www.ing.una.py	
Casilla de Correo 765			

Ilustración 50 Resultado de ensayo de Equivalente de arena de la cantera de Carayaó

## Ensayos de los Ángeles

			
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b> <b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° 31 .</b>			
<b>Resistencia al desgaste Con La Máquina De "Los Ángeles".</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA		FECHA: 13 /SET/ 2 018	
MUESTRA: Rechazo; Cantera Carayaó.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera (tipo basálto).			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90; IRAM 1532/71.			
1	<b>Determinación N°</b>		<b>1</b>
2	<b>Material Ensayado</b>	<b>Tipo</b>	<b>A</b>
3	Serie (1) Tamices Pasante #	#	#1½" a #1"
4	Serie (2) Tamices Retenido #	#	#1" a #¾"
5	Serie (3) Tamices #	#	#¾" a #½"
6	Serie (4) Tamices #	#	#½" a #⅜"
7	Peso de Material en Pas. #1½ Ret. #1	gr.	1.250
8	Peso de Material en Pas. #1 Ret. #¾	gr.	1.250
9	Peso de Material en Pas. #¾ Ret. #½	gr.	1.250
10	Peso de Material en Pas. #½ Ret. #⅜	gr.	1.250
11	Cargas Abrasivas	Esferas	12
12	Giro del Cilindro	Vueltas	500
13	Peso Total Antes (M)	gr.	5.000
14	Peso Total Después (M1)	gr.	3.899
15	Pérdida Por Abrasión ((M-M1)/M)*100	%	<b>22,0</b>





**Prof. Ing. Francisco Ortiz.**  
Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.

Pag. 7 de 19

Teléfono y Fax: 585-581/4


[http / www.ing.una.py](http://www.ing.una.py)

Casilla de Correo 765

Ilustración 51 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Carayaó

# **ENSAYOS DE CANTERA DE AGUAPETY**

### Ensayos de Análisis Granulométrico



**FACULTAD DE INGENIERIA**

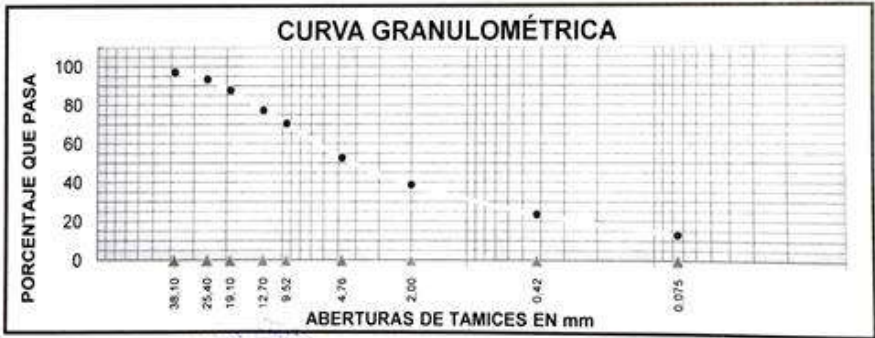
**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**  
**INFORME DE ENSAYO Nº 31.**

COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.		FECHA: 07 /SET/ 2.018.	
MUESTRA: Rechazo; Cantera Aguapety.		CALZADA:	
LUGAR:		LADO:	

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO. AASHTO T27-99.**

SERIE		Peso total: 14606,0 gr.			RESULTANTE
TAMIZ	Abertura en mm	Retenido gr.	Pasante gr.	% Pasante	
2"	50,8	0,0	14606,0	100,0	100
1 1/2"	38,10	449,0	14157,0	96,9	96,9
1"	25,40	527,0	13630,0	93,3	93,3
3/4"	19,10	835,0	12795,0	87,6	87,6
1/2"	12,70	1520,0	11275,0	77,2	77,2
3/8"	9,52	995,0	10280,0	70,4	70,4
#4	4,76	2586,0	7694,0	52,7	52,7
<b>Lavado</b>		<b>1500,0</b>			
#10	2,00	394,61	1105,39	38,8	38,8
#40	0,420	432,75	672,64	23,6	23,6
#200	0,075	294,41	378,23	13,3	13,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIÓN:** Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el Comitente




**Prof. Ing. Francisco Ortiz**  
Jefe Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.

Pag 11 de 19

Ilustración 52 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Aguapety.

### Ensayos de Límites de Atterberg



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**

**INFORME DE ENSAYO N° 31.**  
**LÍMITES DE ATTERBERG**

**COMITENTE:** ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA

**FECHA:** 29 /MAY/ 2 018

**MUESTRA:** Rechazo: Cantera Aguapety.

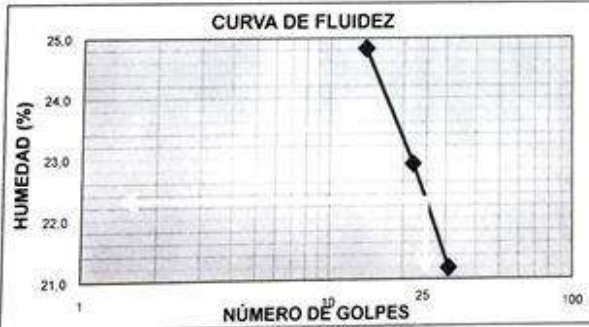
---

**MÉTODO: AASHTO T89-68**

		LÍMITE LÍQUIDO				
1	Cápsula	N°	E	C	D	
2	Golpes.	N°	31	22	14	
3	Peso Cáps. + Suelo Húmedo.	gr.	51.41	40.12	38.57	
4	Peso Cáps. + Suelo Seco	gr.	44.32	34.62	33.1	
5	Peso Agua. (3 - 4)	gr.	7.09	5.5	5.47	
6	Peso Cápsula.	gr.	10.85	10.6	11.06	
7	Peso Suelo Seco. (4 - 6)	gr.	33.47	24.02	22.04	
8	<b>HUMEDAD</b>	5/7 * 100	%	<b>21,2</b>	<b>22,9</b>	<b>24,8</b>

**MÉTODO: AASHTO T90-70**

		LÍMITE PLÁSTICO			
1	Cápsula	N°	B	L	
2	Peso Cáps + Suelo Húmedo.	gr.	26.27	26.05	
3	Peso Cáps. + Suelo Seco.	gr.	24.14	23.95	
4	Peso Agua. (2 - 3)	gr.	2.13	2.10	
5	Peso Cápsula.	gr.	11.09	10.87	
6	Peso Suelo Seco (3 - 5)	gr.	13.05	13.08	
7	<b>HUMEDAD</b>	4/6 * 100	%	<b>16,3</b>	<b>16,1</b>



**CURVA DE FLUIDEZ**

**RESULTADOS:**

LL = 22,3%

LP = 16,2%

IP = 6,1%

**GRANULOMETRÍA:**

Pas. # 10: 38,8%

Pas. # 40: 23,6%

Pas. # 200: 13,2%

Obs: Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el comitente.

**Clasificación AASHTO: A-1-a ig: 0**


*(Firma)*

Prof. Ing. Francisco Ortiz  
Jefe Laboratorio Geotecnia y Asfalto.

Pag. 14 de 19

Ilustración 53 Resultado de ensayo de límites de Atterberg de la cantera de Aguapety.

### Ensayos de compactación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO.**  
**INFORME DE ENSAYO N° 31.**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN.**

COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.

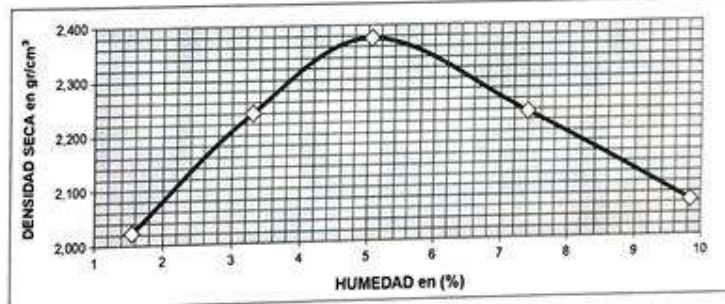
NORMA: AASHTO T - 180

MUESTRA: Rechazo: Cantera Aguapety.

FECHA: 10/SET/2.018

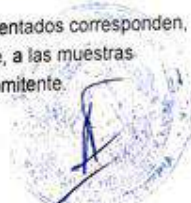
Puntos de ensayo		1	2	3	4	5
Peso Molde + Suelo Húm.	gr.	7.196	7.745	8.127	7.926	7.647
Peso Molde	gr.	2.875	2.875	2.875	2.875	2.875
Peso Suelo Húmedo	gr.	4.321	4.870	5.252	5.051	4.772
Volumen Molde	cm <sup>3</sup>	2.105	2.105	2.105	2.105	2.105
Densidad Húmeda	gr./cm <sup>3</sup>	2,053	2,314	2,495	2,400	2,267

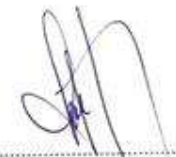
N° de cápsula		1	2	3	4	5
Peso Total Húmedo	gr.	700.65	645.21	723.55	822.54	731.87
Peso Total Seco	gr.	692.65	630.54	697.26	777.07	683.21
Tara Cápsula	gr.	176.43	186.32	177.45	162.87	188.92
Peso del agua	gr.	8.00	14.67	26.29	45.47	48.66
Peso Suelo Seco	gr.	516.22	444.22	519.81	614.20	494.29
Contenido de agua	%	1,5	3,3	5,1	7,4	9,8
Densidad Seca	gr./cm <sup>3</sup>	2,021	2,240	2,375	2,234	2,064



RESULTADOS	
Densidad Seca Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2,375
Humedad óptima (%)	5,1

**OBSERVACIÓN:** Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el comitente.





**Prof. Ing. Francisco Ortiz**  
Jefe Laboratorio de Geotecnia y Asfalto


Pag. 17 de 19  
Teléfono y Fax: 585-581/4

<http://www.ing.una.py>

Casilla de Correo: 765

Ilustración 54 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Aguapety.

Ensayo de C.B.R



**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**  
**INFORME DE ENSAYO Nº 31.**  
**ENSAYO DE C.B.R.**

<b>COMITENTE:</b> ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA		<b>Nro. De Golpes:</b> 61	<b>NORMA:</b> AASHTO T - 193
<b>MUESTRA:</b> Rechazo, Cantera Aguapety		<b>Nro. de Capas:</b> 5	<b>Fecha Moldeo:</b> 14 /SET/ 2018
		<b>Martillo (lbs):</b> 10	<b>Fecha Rotura:</b> 18 /SET/ 2018

Datos de Ensayo.				Datos de Compactación.			
Molde Nº:	16	Altura:	12.65	Peso del Molde (gr.):	4213	D.M.S. - gr/cm <sup>3</sup> :	2.375
Esp. de Compact.:	T - 180			Vol. Del Molde (gr/cm <sup>3</sup> ):	2311	Hum. Opt.:	5.1

Preparación.				Expansión.				Penetración.																		
1	Molde Nº	16		Día	Hora	Lect.	Expans. %	Tempo minutos	Penetrac. mm.	Lectura	Presión	C.B.R.														
2	Peso mat + Suelo Hum	gr	9971	0	11.30	0	0.000	0.5	0.63	32.0	8.88															
3	Peso del Molde	gr	4213	1	11.30	0	0.000	1	1.27	91.0	24.56															
4	Peso Suelo Hum	gr	5758	2	11.30	0	0.000	1.5	1.9	180.0	50.09															
5	Dens. Hum	gr/cm <sup>3</sup>	2.462	3	11.30	0	0.000	2	2.54	265.0	72.79	90	128.0													
6	Cápsula Nº	2	3	4	11.30	0	0.000	3	3.81	400.0	110.80															
7	Peso Cáps. + S. Hum	gr	734.18	755.32	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">ARO DINAMOMÉTRICO.</th> </tr> <tr> <td>Aro:</td> <td>5000</td> <td colspan="2">k</td> </tr> <tr> <td>Factor:</td> <td>Tabla</td> <td colspan="2">kg/Div</td> </tr> <tr> <td>Pistón:</td> <td>18.85</td> <td colspan="2">cm<sup>2</sup></td> </tr> </table>						ARO DINAMOMÉTRICO.				Aro:	5000	k		Factor:	Tabla	kg/Div		Pistón:	18.85	cm <sup>2</sup>	
ARO DINAMOMÉTRICO.																										
Aro:	5000	k																								
Factor:	Tabla	kg/Div																								
Pistón:	18.85	cm <sup>2</sup>																								
8	Peso Cáps. + S. Seco	gr	707.90	726.22																						
9	Peso Agua	gr	26.28	29.10																						
10	Peso Cápsula	gr	187.92	180.43																						
11	Peso Suelo Seco	gr	519.98	545.79																						
12	Humedad (W/100)	%	5.1	5.3																						
13	Prom. de Humedad	%	5.2																							
14	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.369																							
15	Df. De Humedad	%	0.1																							
16	Compactación	%	99.7%																							


Humedad Después del Ensayo.					
1	Cápsula Nº	4	2	3	
2	P. Cáps. + S. Hum	(gr)	822.2	785.44	760.66
3	P. Cáps. + S. Seco	(gr)	780.49	752.45	726.79
4	Peso Agua	(gr)	41.73	32.99	33.87
5	Peso Cápsula	(gr)	176.72	185.67	196.08
6	Peso Suelo Seco	(gr)	603.77	566.78	530.71
7	Humedad (%)		6.9	5.8	6.4
8	Prom. Humedad (%)		6.4		


  

Resumen Del Ensayo.			
Expansión Final	%	0.0	
Humedad De Moldeo	%	5.2	
Hum. Desp. Del Ensayo	%	6.4	
Humedad Absorbida	%	1.2	
C.B.R.	%	144	

OBS.: Material para TFG. Universidad Nacional de Caaguazú





**Prof. Ing. Francisco Ortiz**  
Jefe de Laboratorio Geotecnia y Asfalto



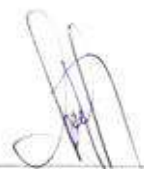
Pag. 2 de 19

Teléfono: Fax: 585-581-4

Calle de Correo 765

Ilustración 55 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Aguapety.

Ensayos de equivalente de arena

			
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b>			
<b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° 31.</b>			
<b>EQUIVALENTE DE ARENA.</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.		FECHA: 13/SET/2018.	
LUGAR: Cantera Aguapety.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera. Pasante del # 4.			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90. IRAM 1682/92			
1	<b>Determinación N°</b>		1
2	LECTURA "A" (arcilla)		12,5
3	LECTURA "B" (arena)		5,0
4	EQUIVALENTE DE ARENA	%	<b>40,0</b>
			
			
<b>Prof. Ing. Francisco Ortiz.</b>			
Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.			
Pag. 8 de 19			

Teléfono y Fax: 585-581/4

<http://www.ing.una.py>

Casilla de Correo 765

Ilustración 56 Resultado de ensayo de Equivalente de arena de la cantera de Aguapety.

### Ensayos de los Desgaste de los Ángeles




			
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b> <b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° 31 .</b>			
<b>Resistencia al desgaste Con La Máquina De "Los Ángeles".</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.		FECHA: 13 /SET/ 2.018	
MUESTRA: Rechazo: Cantera Aguapety.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera (tipo basálto).			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90; IRAM 1532/71.			
1	Determinación N°		1
2	Material Ensayado	Tipo	A
3	Serie (1) Tamices Pasante #	#	#1½" a #1"
4	Serie (2) Tamices Retenido #	#	#1" a #¾"
5	Serie (3) Tamices #	#	#¾" a #½"
6	Serie (4) Tamices #	#	#½" a #⅜"
7	Peso de Material en Pas. #1½ Ret. #1	gr.	1.252
8	Peso de Material en Pas. #1 Ret. #¾	gr.	1.250
9	Peso de Material en Pas. #¾ Ret. #½	gr.	1.253
10	Peso de Material en Pas. #½ Ret. #⅜	gr.	1.250
11	Cargas Abrasivas	Esferas	12
12	Giro del Cilindro	Vueltas	500
13	Peso Total Antes (M)	gr.	5.005
14	Peso Total Después (M1)	gr.	3.614
15	Pérdida Por Abrasión ((M-M1)/M)*100	%	<b>27,8</b>
			
		 <b>Prof. Ing. Francisco Ortiz.</b> Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto	
Pag. 5 de 19		Telefono y Fax: 585-581/4 <a href="http://www.ing.una.py">http://www.ing.una.py</a>	Casilla de Correo 765

Ilustración 57 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Aguapety.

# CANTERA DE CAAGUAZÚ

Ensayos de Análisis Granulométrico

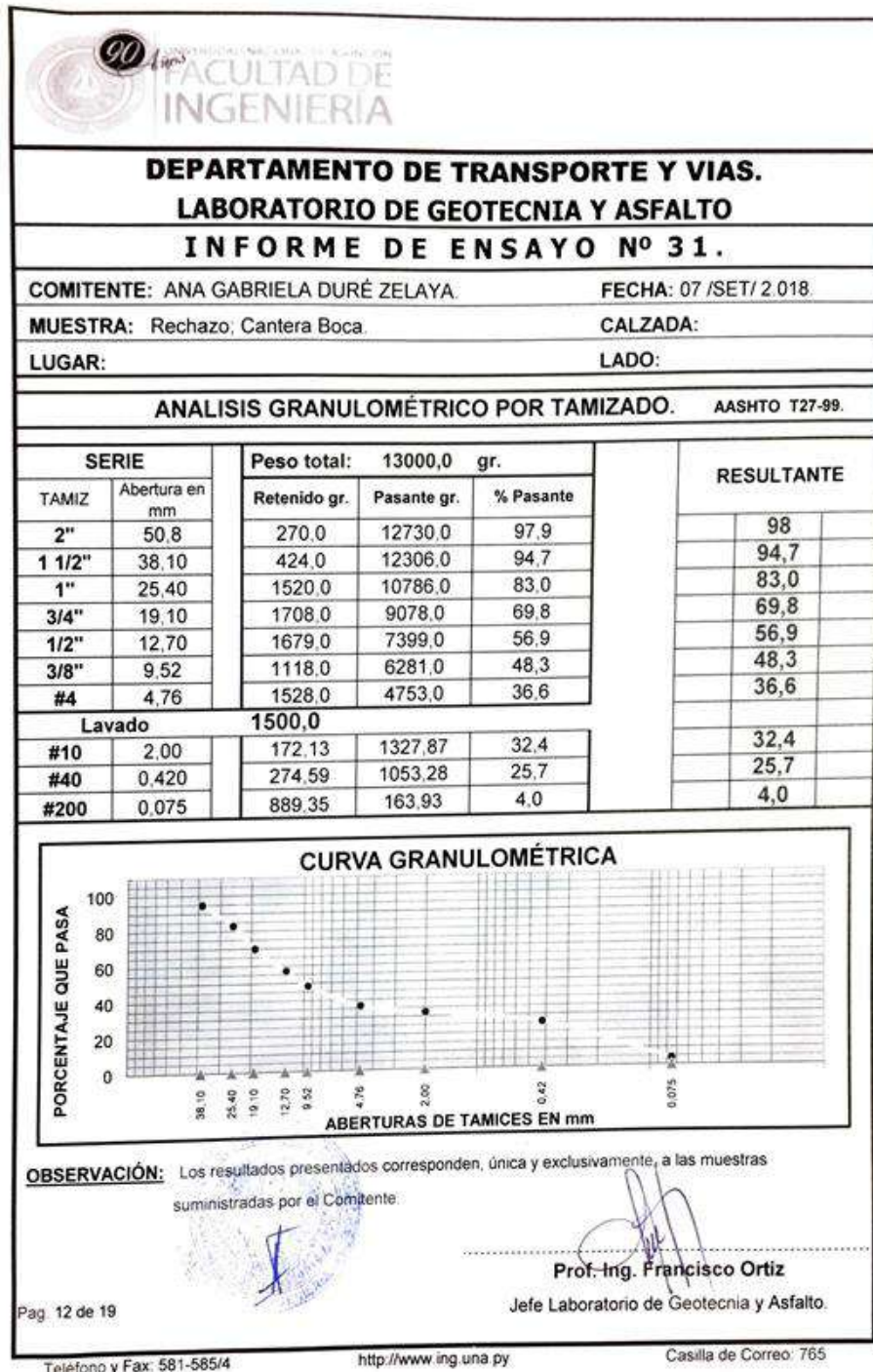

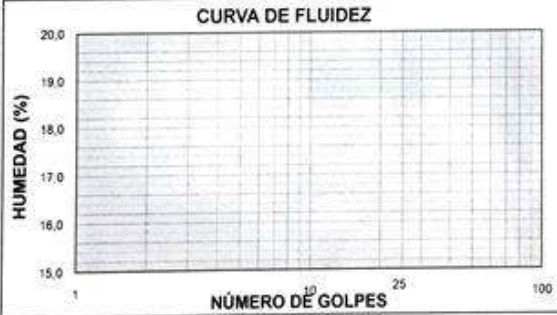



Ilustración 58 Resultado de ensayo de análisis granulométrico de la cantera de Caaguazú.

### Ensayos de Límites de Atterberg

 <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.</b> <b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>	
<b>INFORME DE ENSAYO N° 31.</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
<b>COMITENTE:</b> ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA. <span style="float: right;"><b>FECHA:</b> 29 /MAY/ 2 018</span>	
<b>MUESTRA:</b> Rechazo: Cantera Boca. (Arenisca).	
<b>MÉTODO: AASHTO T89-68</b> <span style="float: right;"><b>LÍMITE LÍQUIDO</b></span>	
1	Cápsula. <span style="float: right;">N°</span>
2	Golpes. <span style="float: right;">N°</span>
3	Peso Cáps. + Suelo Húmedo. <span style="float: right;">gr.</span>
4	Peso Cáps. + Suelo Seco. <span style="float: right;">gr.</span>
5	Peso Agua (3 - 4) <span style="float: right;">gr.</span>
6	Peso Cápsula. <span style="float: right;">gr.</span>
7	Peso Suelo Seco. (4 - 6) <span style="float: right;">gr.</span>
8	<b>HUMEDAD</b> $5/7 * 100$ % <span style="float: right;"><b>N L</b></span>
<b>MÉTODO: AASHTO T90-70</b> <span style="float: right;"><b>LÍMITE PLÁSTICO</b></span>	
1	Cápsula. <span style="float: right;">N°</span>
2	Peso Cáps + Suelo Húmedo. <span style="float: right;">gr.</span>
3	Peso Cáps. + Suelo Seco. <span style="float: right;">gr.</span>
4	Peso Agua (2 - 3) <span style="float: right;">gr.</span>
5	Peso Cápsula. <span style="float: right;">gr.</span>
6	Peso Suelo Seco (3 - 5) <span style="float: right;">gr.</span>
7	<b>HUMEDAD</b> $4/6 * 100$ % <span style="float: right;"><b>N P</b></span>
<b>CURVA DE FLUIDEZ</b>	
	
<b>RESULTADOS:</b> LL = NL LP = NP IP = NL	
<b>GRANULOMETRÍA:</b> Pas. # 10: 32.4% Pas. # 40: 25.7% Pas. # 200: 4.0%	
Obs: Los resultados presentados corresponden, única y exclusivamente, a las muestras suministradas por el comitente.	
<b>Clasificación AASHTO: A-1-a ig: 0</b>	
 <b>Prof. Ing. Francisco Ortiz</b> Jefe Laboratorio Geotecnia y Asfalto	
Pág. 15 de 19	

Teléfono y Fax: 585-581/4

<http://www.ing.una.py>

Casilla de Correo 765

Ilustración 59 Resultado de ensayo de límites de Atterberg de la cantera de Caaguazú.

Ensayos de compactación

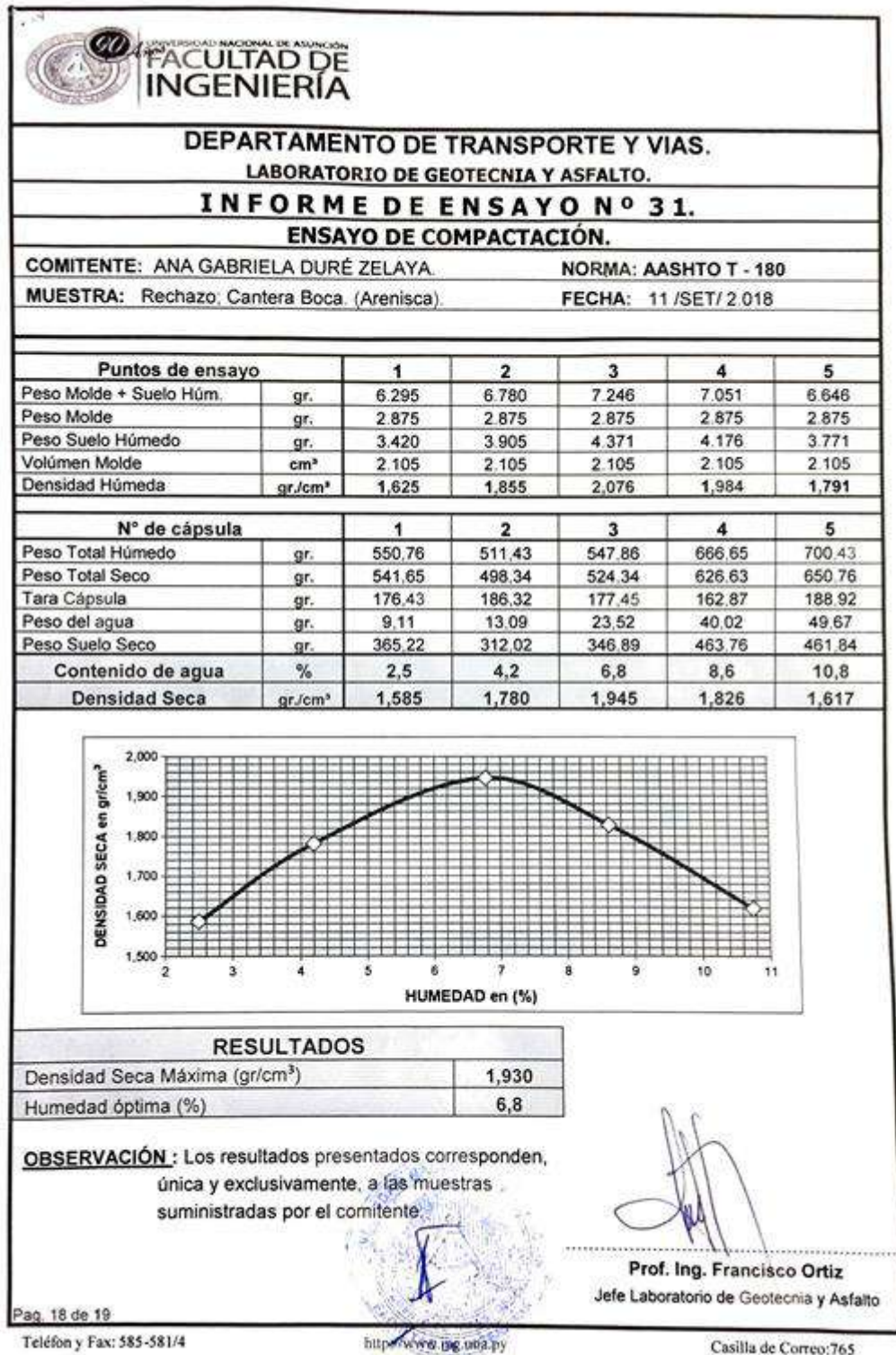



Ilustración 60 Resultado de ensayo de compactación de la cantera de Caaguazú.

Ensayo de C.B.R



**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VÍAS.  
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**

**INFORME DE ENSAYO N° 31.**

**ENSAYO DE C.B.R.**

<b>COMITENTE:</b> ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA		<b>Nro. De Golpes:</b> 61	<b>NORMA:</b> AASHTO T - 193
<b>MUESTRA:</b> Rechazo. Cantera Boca. (Arenisca)		<b>Nro. de Capas:</b> 5	<b>Fecha Moldeo:</b> 14 /SET/ 2018
		<b>Martillo (lbs):</b> 10	<b>Fecha Rotura:</b> 18 /SET/ 2018

Datos de Ensayo.				Datos de Compactación.			
Molde N°:	15	Altura:	12,65	Peso del Molde (gr.):	4207	D.M.S. gr/cm <sup>3</sup> :	1,930
Esp. de Compact.:	T - 180			Vol. Del Molde (gr/cm <sup>3</sup> ):	2311	Hum. Opt.:	6,8

Preparación.				Expansión.				Penetración.										
1	Molde N°	15		0	Hora	13:30	Lect.	0	Expans. %	0,5	Penetrac. mm	0,63	Lectura Deflect	46,0	Presión Calcul	12,65	C.B.R.	%
2	Peso mat. + Suelo Hum	gr	5953	1	13:30	0	0,000	2	13:30	0	0,000	1	1,27	102,0	27,99	-	-	
3	Peso del Molde	gr	4207	3	13:30	0	0,000	4	13:30	0	0,000	1,5	1,9	177,0	49,06	-	-	
4	Peso Suelo Hum	gr	4746									2	2,54	245,0	67,07	75	166,7	
5	Dens. Hum	gr/cm <sup>3</sup>	2,054									3	3,81	355,0	98,20	-	-	
6	Cápsula N°	3	4									4	5,08	455,0	125,85	130	123,3	
7	Peso Caps. + S. Hum	gr	858,20	698,54								5	7,62	615,0	168,77	-	-	
8	Peso Caps. + S. Seco	gr	816,00	665,34								8,0	10,16	-	-	-	-	
9	Peso Agua	gr	42,2	33,20								10,0	12,70	-	-	-	-	
10	Peso Cápsula	gr	196,35	174,34														
11	Peso Suelo Seco	gr	619,65	491,00														
12	Humedad (H(1) * 100)	%	6,8	6,8														
13	Prom. de Humedad	%	6,8	6,8														
14	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,923															
15	Dif. De Humedad	%	0,0															
16	Compactación	%	99,6%															

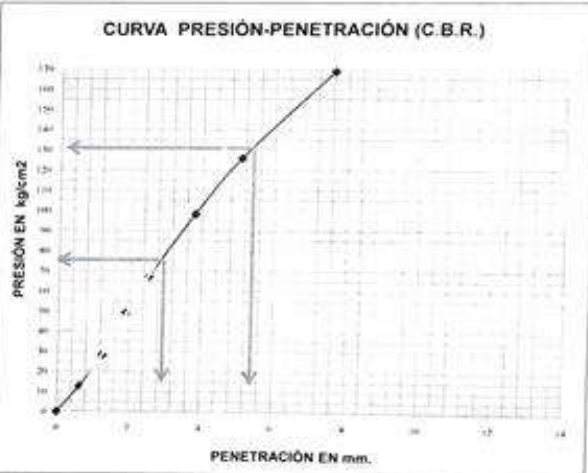
Humedad Después del Ensayo.					
1	Cápsula N°	10	7	9	
2	P Caps. + S. Hum	(gr)	716,31	766,43	831,90
3	P Caps. + S. Seco	(gr)	666,39	742,34	777,62
4	Peso Agua	(gr)	49,92	46,09	54,28
5	Peso Cápsula	(gr)	182,53	165,43	187,6
6	Peso Suelo Seco	(gr)	483,86	576,91	590,02
7	Humedad (%)		10,3	8,0	9,2
8	Prom. Humedad (%)		9,2		


Resumen Del Ensayo.			
Expansión Final	%	0,0	
Humedad De Moldeo	%	6,8	
Hum. Desp. Del Ensayo	%	9,2	
Humedad Absorbida	%	2,4	
C.B.R.	%	123	


  

**CURVA PRESIÓN-PENETRACIÓN (C.B.R.)**



**OBS.:** Material para TFG. Universidad Nacional de Caaguazú






**Prof. Ing. Francisco Ortiz**  
Jefe de Laboratorio Geotecnia y Asfalto

Pag. 3 de 19

Ilustración 61 Resultado de ensayo de CBR de la cantera de Caaguazú.

Ensayos de equivalente de arena

 **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS**  
**LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO**

**INFORME DE ENSAYO N° 31.**  
**EQUIVALENTE DE ARENA.**

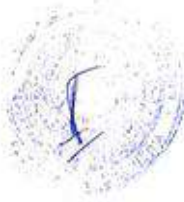
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA. FECHA: 13 /SET/ 2.018.


LUGAR: Cantera Boca. (tipo Arenisca).

TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera. Pasante del # 4.

NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90; IRAM 1682/92.

1	Determinación N°		1
2	LECTURA "A" (arcilla)		12,7
3	LECTURA "B" (arena)		7,0
4	EQUIVALENTE DE ARENA	%	<b>55,1</b>





**Prof. Ing. Francisco Ortiz.**  
Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.

Pag. 9 de 19


Teléfono y Fax: 585-581/4


<http://www.ing.una.py>

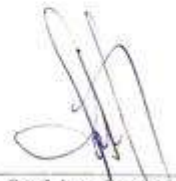
Casilla de Correo 765

Ilustración 62 Resultado de ensayo de equivalente de arena de la cantera de Caaguazú.

## Ensayos de los Ángeles

			
<b>DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE Y VIAS</b> <b>LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ASFALTO</b>			
<b>INFORME DE ENSAYO N° 31 .</b>			
<b>Resistencia al desgaste Con La Máquina De "Los Ángeles".</b>			
COMITENTE: ANA GABRIELA DURÉ ZELAYA.			FECHA: 13 /SET/ 2.018
MUESTRA: Rechazo; Cantera Boca.			
TIPO DE MUESTRA: Rechazo de Cantera (tipo Arenisca).			
NORMA UTILIZADA: UNE 83 - 116 - 90; IRAM 1532/71.			
1	<b>Determinación N°</b>		<b>1</b>
2	<b>Material Ensayado</b>	<b>Tipo</b>	<b>A</b>
3	Serie (1) Tamices Pasante #	#	#1½" a #1"
4	Serie (2) Tamices Retenido #	#	#1" a #¾"
5	Serie (3) Tamices #	#	#¾" a #½"
6	Serie (4) Tamices #	#	#½" a #⅜"
7	Peso de Material en Pas. #1½ Ret. #1	gr.	1.251
8	Peso de Material en Pas. #1 Ret. #¾	gr.	1.250
9	Peso de Material en Pas. #¾ Ret. #½	gr.	1.250
10	Peso de Material en Pas. #½ Ret. #⅜	gr.	1.250
11	Cargas Abrasivas	Esferas	12
12	Giro del Cilindro	Vueltas	500
13	Peso Total Antes (M)	gr.	5.001
14	Peso Total Después (M1)	gr.	1.985
15	Pérdida Por Abrasión ((M-M1)/M)*100	%	<b>60,3</b>





**Prof. Ing. Francisco Ortiz.**  
Jefe de Laboratorio de Geotecnia y Asfalto.

Pag. 6 de 19

Ilustración 63 Resultado de ensayo de desgaste de los ángeles de la cantera de Caaguazú.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] «MOPC,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.mopc.gov.py/mopcweb.old/proyectos-de-caminos-vecinales-u9429>.
- [2] J. Badillo, «Suelos. Origen y formación,» de *Mecánica de suelos*, Mexico, Limusa, 2005, pp. 33-37.
- [3] I. N. F. Kamm, Escritor, *Características de los Pavimentos*. [Performance].
- [4] «Tamaños de las partículas del suelo,» [En línea]. Available: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/29/tamano-de-las-particulas-de-suelo/>.
- [5] «Lucidchart,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.lucidchart.com/documents/edit/5a7d2624-6dfd-4dbf-8958-dd4545cd452d/0>.
- [6] Google, «My Maps,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/d/>.
- [7] F. d. I. y. A. LIN, «Granulometría de los suelos,» de *Mecánica de Suelos I*, Cajamarca, 2011.
- [8] F. d. I. y. A. LIN, «Análisis granulométrico por tamizado,» de *Mecánica de suelos I*, Cajamarca, 2011.
- [9] L. d. G. y. A. FIUNA, «Ensayo CBR,» 2009.
- [10] I. N. F. Kamm, «Bases Pétreas,» Asunción.

[11] Guillermo Thenoux Z., Felipe Halles A., Álvaro González V., «GUÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS,» pp. 4-19.